



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

INFLUENCIA DE LA FUENTE DE POLEN SOBRE EL AMARRE Y CALIDAD
DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A:

ISELA APOLONIO RODRÍGUEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Julio Del 2013.

La Tesis “Influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)”, fue realizada por Isela Apolonio Rodríguez, para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. La investigación fue supervisada y aprobada por el siguiente comité tutorial.

Tutor Académico

Dr. Álvaro Castañeda Vildózola

Tutores Adjuntos

Dr. Omar Franco Mora

Dr. Edgar Jesús Morales Rosales

El cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Julio del 2013.

El presente trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México y el sistema SEP/PROMEP, a través del proyecto “Biología floral e influencia de la fuente de polen en el amarre y calidad de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)”, identificado con la clave /103.5/10/4368. La tesista fue becaria CONACYT de Febrero del 2011 a Diciembre del 2012.

Se agradece a la Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo experimental en el banco de Germoplasma de chirimoya.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a la culminación de una etapa más de mi vida y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi Esposo Ramón por su gran apoyo y motivación.

A mis Hijos: Gerson y Alexia por ser la fuerza que me impulsa a luchar día a día.

A mi padre Baldomero Apolonio Ramírez† a quien agradezco su apoyo incondicional.

A mi madre Rosa Rodríguez Salinas por haberme apoyado en todo momento, por sus valores y consejos, pero sobre todo, por su gran amor.

A mis hermanos por estar conmigo y apoyarme siempre.

A todos mis compañeros y amigos por compartir los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita bondad y amor

Agradezco de manera especial al Dr. Álvaro Castañeda Vildozola por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Muchas Gracias por su apoyo invaluable.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a cada uno de los miembros de mi comité tutorial por su importante aporte y participación en el desarrollo de esta tesis.

A la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo experimental en el banco de Germoplasma de chirimoya.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante la realización de este proyecto de investigación.

ISELA APOLONIO RODRÍGUEZ

RESUMEN

INFLUENCIA DE LA FUENTE DE POLEN SOBRE EL AMARRE Y CALIDAD DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)

Isela Apolonio Rodríguez¹, Álvaro Castañeda Vildozola², Omar Franco Mora², Edgar Jesús Morales Rosales², Andrés González Huerta².

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es un frutal subtropical con elevado valor comercial. En México la producción se concentra en los estados de Michoacán, Morelos e Hidalgo. Dentro de las principales limitantes de producción, se encuentra la baja proporción de flores que forman frutos como resultado de la polinización natural. Actualmente, la técnica de polinización manual ha mejorado el amarre de frutos y substancialmente los componentes de producción se han incrementado. Por otra parte, se sabe que el amarre y calidad de frutos, dependen de la disponibilidad y compatibilidad del polen con la planta madre. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de la fuente de polen sobre el amarre, tamaño, forma y calidad de frutos de chirimoya. Este estudio se llevó acabo en el banco de germoplasma localizado en la Fundación Salvador Sánchez Colín (CICTAMEX, S.C.) en Coatepec Harinas, México. Cinco árboles de cada cultivar 'Campas', 'White' y 'Bonita' fueron polinizados manualmente bajo un diseño de bloques completos al azar con esquema factorial 3x3x3. Se realizó autopolinización y polinización cruzada (sin mezcla de polen) en cada cultivar en tres horarios diferentes (07:00 -09:00, 10:00-12:00

y 18:00-20:00 h), empleando la técnica de pincel. En todos los cultivares, el porcentaje de amarre de frutos con polinización natural fue bajo (rango de 5 a 10%). El tratamiento de polinización cruzada resultó ser el más eficiente para mejorar el amarre de frutos en ambos ciclos. Cuando el polen de 'Bonita' fue usado como polen padre, el porcentaje de amarre de frutos fue significativamente alto en 'Campas' con (85,83%) y en 'White' con (87,4%). Por el contrario en 'Bonita' el mayor porcentaje de amarre se obtuvo con el polen de 'Campas' (58,6%) en el ciclo 2011 y en el ciclo 2012 el mayor amarre de frutos se obtuvo con autopolinización (70,31%). El horario de polinización también tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre el amarre de frutos. En todos los cultivares, las flores polinizadas en el horario de la tarde (18:00-20:00 h) amarraron mayor número de frutos. Además, la fuente de polen tuvo un efecto significativo sobre el peso del fruto, número de semillas, peso de semillas, peso de pulpa y simetría

Palabras clave: *Polinización, fuente de polen, amarre de frutos.*

ABSTRACT

POLLEN SOURCE INFLUENCE ON THE SET AND QUALITY OF CHERIMOYA (*ANNONA CHERIMOLA* MILL.) FRUITS

ABSTRACT

The cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) is a subtropical fruit with high commercial value. In Mexico, production is concentrated in the states of Michoacán, Morelos and Hidalgo. Among the main production constraints, is the low proportion of flowers forming fruits as a result of natural pollination. Currently, the technique of hand pollination has improved substantially fruit set and production components have increased. Moreover, it is known that the set and fruit quality, depend on the availability and compatibility with the parent plant pollen. The aim of this study was to evaluate the efficiency of pollen source on the set, size, shape and quality of cherimoya fruit. This study was carried out in the germplasm bank located in The Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. en Coatepec Harinas, México. Five trees of each cultivar 'Campas', 'White' and 'Bonita' were hand pollinated under a design of randomized complete block with factorial scheme. 3x3x3. We performed self- and cross-pollination (pollen unmixed) in each cultivar at three times (07:00 - 09:00, 10:00-12:00 y 18:00-20:00 h), using the technique of brush. In all cultivars, the percentage of fruit set with natural pollination was low (range from 5 to 10%). The cross-pollination treatment proved to be the most efficient way to improve fruit set in both cycles. When 'Bonita' pollen was

used as parent pollen, the percentage of fruit set was significantly higher in 'Campas' with (85.83%) and 'White' in (87.4%). By contrast, in 'Bonita' set a higher percentage was obtained with pollen of 'Campas' (58.6%) in the cycle in 2011 and 2012 the largest cycle fruit set was obtained by self-pollination (70.31%). The pollination time also had a significant effect ($P < 0.01$) on fruit set. In all cultivars, the flowers pollinated in the evening hours (18:00 to 20:00 h) higher number of fruits set. Furthermore, the pollen source had a significant effect on the weight of the fruit, seed number, seed weight, weight pulp and symmetry

Key words: Pollination, pollen source, fruit set.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Origen y Distribución.....	4

4.2. Descripción Botánica.....	5
4.4. Formas Botánicas.....	6
4.5. Descripción de cultivares comerciales.....	7
4.5.1. Campas.....	7
4.5.2. White.....	7
4.5.3. Bonita.....	8
4.5.4. Concha Lisa.....	8
4.5.5. Fino de Jete.....	8
4.5.6. Burtons favorite.....	8
4.6. Floración.....	9
4.6.1. Morfología y anatomía de la flor.....	9
4.6.2. Apertura floral.....	11
4.6.3. Receptividad estigmática.....	12
4.7. Granos de polen.....	13
4.7.1. Liberación de los granos de polen.....	14
4.7.2. Viabilidad del polen.....	14
4.7.3. Germinación del polen.....	15

4.8. Polinización.....	16
4.8.1. Periodo efectivo de Polinización.....	17
4.8.2. Polinización natural.....	18
4.9. Polinización manual.....	19
4.9.1. Obtención de estambres.....	20
4.9.2. Almacenamiento de los estambres.....	21
4.10. Fuente de polen.....	21
4.11. Fruto.....	22
4.11.1. Morfología.....	23
4.11.2. Amarre.....	23
4.11.3. Deformidad del fruto.....	24
4.11.4. Patrón de crecimiento.....	25
4.12. Azúcares.....	25
4.13. Acidez titulable.....	26
4.14. Índice de cosecha.....	27

V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1. Ubicación del área experimental.....	29
5.2. Material vegetal Experimental.....	30
5.3. Diseño del Experimento.....	30
5.4. Polinización Manual.....	30
5.5. Técnica de Polinización.....	31
5.6. Variables a evaluar.....	33
5.6.1. Variables Biofísicas.....	34
5.6.1.1. Peso y diámetro del fruto.....	34
5.6.1.2. Peso de las partes del fruto.....	34
5.6.1.3. Índice de Semillas.....	34
5.6.1.4. Simetría del Fruto.....	35
5.6.2. Variables Bioquímicas.....	36
5.6.2.1. Sólidos Solubles Totales.....	36
5.6.2.2. Acidez Titulable.....	36
5.6.2.3. pH.....	37

5.7. Análisis Estadístico.....	37
VI. RESULTADOS.....	38
6.1. CICLO 2011. . Influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos de chirimoya (<i>Annona cherimola</i> Mill.)	38
6.2. CICLO 2012.....	59
VII. DISCUSIÓN GENERAL.....	67
VIII. CONCLUSIÓN GENERAL.....	70
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Tratamientos de Polinización manual en chirimoya	31
Cuadro 2. Amarre de frutos en los diferentes horarios de polinización en el ciclo 2011	56
Cuadro 3. Efecto de la fuente de polen sobre las características cuantitativas y cualitativas del fruto en tres cultivares de chirimoya. Ciclo 2011	57
Cuadro 4. Coeficiente de correlación fenotípica entre las características de los frutos de los genotipos evaluados en el ciclo 2011	57
Cuadro 5. Porcentaje de amarre de frutos en tres cultivares de Chirimoya obtenido durante dos ciclos del cultivo.....	67
Cuadro 6. Amarre de frutos en los diferentes horarios de polinización en el ciclo 2012	67
Cuadro 7. Efecto de fuente de polen y cultivares sobre las características cuantitativas del fruto y semillas en chirimoya. Ciclo 2012.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huerto de chirimoyo (CICTAMEX).....	29
Figura 2. Colecta de flores de chirimoya en estado macho.....	32
Figura 3. Técnica de polinización manual en chirimoya.....	33
Figura 4. Imágenes de la determinación del peso y diámetro del fruto.....	34
Figura 5. Categorías de Simetría en Frutos de Chirimoya.....	35
Figura 6. Amarre de frutos en cv. 'Campas', 'White' y 'Bonita' obtenidos de la polinización manual con diversas fuentes de polen durante ciclo 2011.....	55
Figura 7. Registro de temperatura y humedad relativa en diferentes horarios de polinización manual durante el Ciclo 2011.....	56
Figura 8. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Campas'. Ciclo 2011.....	58
Figura 9. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'White'. Ciclo 2011.....	58
Figura 10. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Bonita' durante el ciclo 2011.....	59
Figura 11. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'White'. Ciclo 2012.....	64
Figura 12. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'White'. Ciclo 2012.....	64

Figura 13. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'Bonita'. Ciclo 2012.....	65
Figura 14. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Campas' durante el ciclo 2012.....	65
Figura 15. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'White' durante el ciclo 2012.....	66
Figura 16. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Bonita' durante el ciclo 2012.....	

I. INTRODUCCIÓN

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es una especie subtropical que pertenece a la familia de las anonáceas, nativa de la región andina; sur de Perú y norte de Ecuador. Por sus excelentes características organolépticas se considera la mejor fruta dentro de las anonáceas (García-Aguirre et al., 2008). Entre los principales países productores a nivel mundial se encuentra España, Chile y Estados Unidos (Grossberger, 1999). En México para el año 2005 la superficie sembrada de chirimoya fue de 65 ha. La producción nacional se concentra en Michoacán (50 ha), Morelos (20 ha) e Hidalgo (2,5 ha) (SAGARPA, 2005). La producción en estos estados se basa en selecciones regionales y algunas variedades comerciales, destinándose la producción principalmente al mercado regional. Además se encuentra distribuida como árboles dispersos en las regiones subtropicales de (Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guanajuato, Jalisco y Estado de México).

El crecimiento comercial de la chirimoya está limitado por diversos factores como: falta de conocimiento para el manejo del cultivo, falta de inversión para la producción del cultivo, desconocimiento de la adaptación de los materiales existentes a las condiciones regionales (Van Damme y Scheldeman, 1999).

Dentro de la problemática de este cultivo, los bajos rendimientos de frutos producidos por la chirimoya y otras anonáceas son atribuidos a una polinización Inadecuada, factor que ha limitado su cultivo en México y otras partes del mundo (Soria *et al.*, 1990).

Actualmente la técnica de polinización manual es practicada en países como Chile, España y en California, Estados Unidos de Norteamérica, la cual ha mejorado el amarre y substancialmente ha incrementado el rendimiento y calidad de los frutos (Duarte y Escobar, 1997; Da Silva-Campos *et al.*, 2004; Lora *et al.*, 2006). En este sentido el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos en tres cultivares de chirimoya sometidos a diferentes tratamientos de polinización manual.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos de chirimoya.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer la fuente de polen más eficiente que mejore las características cuantitativas y cualitativas del fruto.

Determinar el horario de polinización manual que mejore el amarre de frutos.

III. HIPÓTESIS

El amarre y calidad de frutos de chirimoya dependen de la compatibilidad de la fuente de polen con la planta madre.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen y Distribución.

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) pertenece a la familia de las anonáceas, evolutiva y económicamente una familia importante. Con cerca de 2,500 especies y 140 géneros, es la más sobresaliente dentro del orden Magnoliales, las cuales se encuentran entre las angiospermas más primitivas. Alrededor de 900 especies son neotropicales, 450 son afrotropicales y las otras especies de la región indomalaya (Monroy y Marroquín, 2008). Estudios relacionados muestran que en la cuenca alta del Amazonas las anonáceas están comúnmente entre las cinco familias de plantas de mayor importancia en términos de abundancia y diversidad de especies (Chatrou, 1999). Los tres géneros más importantes de las anonáceas son: *Annona*, *Rollinia* y *Asimina* (Chatrou, 1999). El género *Annona* está constituido por alrededor de 110 especies de América tropical y subtropical. Las especie comestibles con gran aceptación en los mercados regionales e internacionales incluyen la guanábana (*Annona muricata* L.), saramuyo (*A. squamosa* L.), annona (*A. reticulata* L.), ilama (*A. diversifolia* Safford), chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) y atemoya (*A. cherimola* x *A. squamosa*) (Elías y Cruz-Castillo, 2002). La chirimoya es la única especie del género *Annona* que se desarrolla en los subtrópicos. Su origen se ubica probablemente en el sur de Ecuador y norte de Perú (Lizana y Reginato, 1990). El cultivo de esta especie actualmente se ha extendido a América Central, México y las Antillas, Francia, Brasil, Italia, India, Israel, Filipinas, Egipto, entre otras regiones de clima subtropical. A diferencia de otras especies

de *Annona*, que se cultivan bajo condiciones de clima tropical, la chirimoya es de clima subtropical (Ándres-Agustín y Rebollar, 1996).

4.2. Descripción Botánica.

El nombre chirimoya deriva del quechua “chirimuya” que significa semillas frías (Vanhove, 2008); el árbol es pequeño, erguido y caducifolio y puede alcanzar una altura de hasta 7 m. Tiene hojas simples de formas ovadas, lanceoladas o elípticas de 10 cm a 25 cm de largo, glabras en la superficie ventral y pubescente dorsalmente (Manica, 1997).

La flor es protogínea, fragante y emerge de la axila de la hoja, posee un pedicelo, aproximadamente de 2,5 cm de largo. El perianto se compone de tres sépalos triangulares de unos cinco milímetros de largo y de dos series de pétalos externos de alrededor de 2,5 cm de longitud, lineares, oblongos y carnosos, en su base color púrpura, triangulares en corte transversal; los pétalos internos de 1,5 a 2,5 mm de largo. La floración ocurre una vez al año, la temporada depende del ambiente y empieza cuando el árbol tiene tres o cuatro años de edad. La antesis inicia en la mañana y tarda ocho horas para lograr la apertura completa (Gardiazábal y Rosenberg, 1993).

El fruto de chirimoya, es una polidrupa, formada por la fusión de varios carpelos normalmente tiene forma de corazón, cónico, ovalado y forma irregular debido a la polinización. La piel del fruto maduro es delicada y color verde-amarillo; tiene una epidermis de grosor variado dependiendo de la variedad. La superficie del fruto es liso en algunas variedades y en otras está cubierto por pequeñas

protuberancias cónicas. La pulpa puede ser de color blanco o amarillo crema, subácida y fragante; tiene un agradable y delicado sabor delicado similar al de la piña y plátano. La fruta tiene numerosas semillas (21 a 41 semillas por fruto) y llegan a medir aproximadamente 1.5 cm a 2.0 cm de longitud y 1.0 cm de ancho (Cautín, 1998).

4.4. Formas Botánicas.

Existen cinco formas botánicas por la forma del fruto y textura de la cáscara, formada por carpelos y segmentos externos llamados areolas (Manica, 1997).

Forma impresa o dedo impreso (finger printed annona). El fruto tiene forma conoide o subglobosa, y tiene superficie lisa cubierta con areolas en forma de U. El fruto tiende a ser de buena calidad (pulpa jugosa y dulce) aunque tiene muchas semillas.

Forma lisa. Es una de las más finas formas botánicas por dar muy buena presentación a los frutos a nivel comercial.

Forma tuberculada. Esta es la forma más común. El fruto tiene forma de corazón y tiene protuberancias como tubérculos cerca de cada areola.

Forma mamilada. Conocida también como “cherimoya de tetillas” en algunos países de América del Sur. Se dice que es muy común en los montes Nilgiri en el sur de la India, y uno de los mejores tipos cultivados en la isla de Madeira.

Forma umbonada. Está forma es llamada “chirimoya de púas” y “anona picuda” en Latinoamérica. Tiene una cáscara gruesa y un sabor más ácido que los otros

tipos. El fruto es oblongo-cónico, base umbilicada y la superficie repleta de protuberancias.

4.5. Descripción de cultivares comerciales.

4.5.1. Campas

En la actualidad ocupa alrededor del 5% de la superficie cultivada en la Costa Tropical de Granada y Málaga, España. Su fruto es subácido y de buena calidad interna, con menor índice de semillas (6 a 8 semillas en 100 g de pulpa). Su floración ocurre en los meses de Marzo a Mayo. El peso del fruto oscila entre 300 y 1500 g. Las semillas se encuentran semiencajadas. Su cosecha se obtiene de Octubre a Diciembre (Castañeda, 2005).

4.5.2. White.

Cultivar originado en California, Estados Unidos de América. Su floración se extiende de Abril a Junio. Sus frutos son de excelente calidad con pesos que oscilan entre 500 a 1600 g. Debido a las protuberancias que se encuentran en su cáscara se requiere de un manejo cuidadoso para su transporte (Castañeda, 2005).

4.5.3. Bonita.

Cultivar procedente de España. Su floración se extiende de Abril a Junio. Sus frutos son de excelente calidad con pesos que oscilan entre 300 a 550 g. Es de forma redonda y del tipo impresa (Andrés-Agustín, 1999).

4.5.4. Concha Lisa.

Cultivar originario de Quillota, Chile. Los frutos alcanzan pesos de 300 a 1200 g, en su madurez fisiológica son de color verde brillante, la piel es impresa. Presenta un bajo porcentaje de amarre de frutos, debido a su alto requerimiento de agua durante la floración (Castañeda, 2005).

4.5.5. Fino de Jete.

Ocupa alrededor del 95 % de la superficie cultivada en España. Produce frutos de 350 a 1,300 g., el fruto es de forma acorazonada y lisa. La pulpa es de buen aroma, jugosa, dulce y blanca. Presenta un índice de semillas elevado, lo que representa una desventaja para su aceptación en el mercado (Castañeda, 2005).

4.5.6. Burtons favorite.

Es originaria de Nueva Zelanda; los frutos son de forma alargada, su cáscara es de tipo impresa, y el peso oscila entre los 400 y 1,200 g. La pulpa es muy jugosa, aromática y dulce. El índice de semillas oscila de 8 a 12 en 100 g de pulpa (Castañeda, 2005).

4.6. Floración del chirimoyo.

El periodo de floración en las especies de *Annona*, ocurre de manera continua durante el día y la noche, extendiéndose de Marzo a Agosto con un periodo máximo de floración en Abril y Mayo, ocurriendo una vez al año (Thakur y Singh, 1965). En España, la etapa de floración del chirimoyo se extiende de

Mayo a Julio (Lora *et al.*, 2006). Por otra parte, en Chile, la mayor intensidad de floración del chirimoyo ocurre entre Enero y Febrero de cada año (Saavedra, 1977). Además, se ha visto que la antesis o apertura floral comienza desde la parte superior de la copa de los árboles hacia abajo y desde la periferia hacia el interior (Gardiazábal y Rosenberg, 1993).

La época de floración depende de las condiciones ambientales de cada región, donde las bajas temperaturas y alta humedad relativa favorecen su presencia (Nakasone y Paull, 1997). Además, se sabe que la densidad floral en chirimoyo es máxima cuando la acumulación térmica supera las 390 unidades de calor.

4.6.1. Morfología y anatomía de la flor.

Las flores de chirimoya son hermafroditas, muy aromáticas, pero poco atractivas, aparecen solitarias o en grupos de dos o tres, y se generan en las axilas de las hojas (Thakur y Singh 1965; Rossel *et al.*, 1999).

El cáliz está compuesto por tres sépalos pequeños y unidos, de color café verdoso los cuales presentan pubescencias, de forma triangular. La corola está compuesta por tres pétalos triangulares, carnosos, de color verde claro. Poseen una excavación basal interna de color morado oscuro, rodeando a los órganos reproductivos (Gardiazabal, 1986).

La estructura masculina de la flor está constituida por numerosos estambres (180-200) que circundan la base de la pirámide floral (gineceo), dispuestos de manera helicoidal sobre un receptáculo, formando una masa compacta oprimida por los pétalos, cuya coloración es blanca en estado femenino y en estado

masculino presenta una coloración marrón. El gineceo se localiza en el centro del receptáculo, posee un elevado número de carpelos (de 70 hasta 300), con un solo ovulo. Los estigmas están dispuestos en espiral, formando un cono compacto en la parte superior de la pirámide floral, el cual está recubierto por un líquido mucilaginoso (Gardizabal y Rosenberg, 1993).

La flor de chirimoya presenta dicogamia protogínica; inicia la antesis como femenina, la superficie del cono estigmático se encuentra cubierto de un fluido viscoso que es indicativo de fertilidad, pero en esta fase no hay liberación de polen. Al día o a los dos días siguientes después de iniciada la antesis, por la tarde ocurre la liberación del polen; el cono estigmático, sin embargo ha perdido receptividad impidiendo la autopolinización (Farooqi *et al* 1970, Rosell y Galán, 1999).

4.6.2. Apertura floral.

La apertura floral se inicia con la separación de los pétalos externos hasta la completa apertura de los pétalos internos, teniendo una duración de algunas horas, pero se puede prolongar hasta por tres días dependiendo de las condiciones climáticas (Acuña, 1992).

La máxima apertura de flores se realiza por la mañana y tarde. Según Hopping (1982) las flores de chirimoya comienzan su apertura a las 07:00 h, pero los pétalos permanecen cerrados en su base. La apertura floral se ve favorecida por las altas temperaturas; presentándose una máxima apertura floral entre las 11:30 h y 14:30 h

Las flores de chirimoya permanecen de uno a dos días en la etapa de antesis, pasando directamente a la etapa masculina. Se observa un traslapo de la etapa masculina y femenina entre las diferentes flores, esto debido principalmente al concluir el estado masculino e inicio de la nueva apertura floral (Rosell y Galan, 1999). El traslapo de estados sexualmente compatibles, aumenta, la posibilidad de polinización cruzada de forma natural (Cautín y Razeto, 1999), y mantiene por más tiempo la viabilidad de los estadios tardíos de receptividad (Sanzol y Herrero, 2001), factores determinantes para una buena polinización manual y, por tanto, del proceso productivo de esta especie. Richardson y Anderson (1996) y Farré et al. (1999) identifican como estadios de la flor de alta eficiencia de amarre de frutos los de pre-hembra y hembra.

El ciclo de apertura de las flores de chirimoya, puede ser dividido en tres etapas según la clasificación propuesta (Guirado, 1992).

Flor cerrada: Una flor permanece en este estado de 10 a 15 días.

Flor en estado pre-hembra: Los pétalos comienzan a separarse a partir de los extremos. El estigma se encuentra receptivo en esta fase, que dura de 06:00 a 15:00 h.

Flor en estado hembra: Los pétalos se separan por la base, aproximadamente por las 13:00 h. Los estigmas son receptivos durante todo el periodo excepto las últimas tres horas de esta fase.

Flor en estado macho: Los pétalos abren al máximo y el polen es liberado. Esto ocurre siempre en la tarde, entre las 16:00 y 18:00 h.

4.6.3. Receptividad estigmática.

La etapa de receptividad presenta una tendencia a desaparecer con el inicio de la dehiscencia de la flor. En esta etapa el cono estigmático se caracteriza por la presencia de un exudado viscoso y brillante en su superficie, el cual está compuesto de lípidos, carbohidratos, compuestos fenólicos y enzimas (Heslop-Harrison, 2000); siendo estos responsables de la retención, hidratación y germinación del grano de polen

Soria *et al.* (1993) encontró que la receptividad estigmática termina dos o tres horas antes de la dehiscencia de las anteras. Estudios realizados en atemoya arrojaron que la receptividad del estigma fue máxima en el día de anthesis entre las 08:00 y 10:00 horas de la mañana

La presencia de lluvias y la alta humedad relativa durante los días de floración favorecen la producción de frutos, previniendo la deshidratación de los estigmas, prolongando su periodo de receptividad e incrementando el amarre de frutos y el crecimiento inicial del mismo (Nakasone y Paull, 1998).

4.7. Granos de polen.

Los granos de polen de *Annona* son compuestos. Cada grano de polen contiene cuatro granos individuales que pueden ser de forma triangular, elíptica y esférica, los cuales están protegidos por una cubierta delgada, que les permite mantenerse adheridos (exina). Los granos de polen en las diferentes especies de anonas son similares en cuanto a forma y naturaleza de exina, pero pueden variar en tamaño y color. El bajo porcentaje de germinación está

relacionado con los compuestos naturales del grano de polen y una densa exina (Shivanna, 1991).

El polen tricelular muestra una elevada actividad metabólica y contenido de humedad comparado con el polen bicelular (Barnabas y Kovács, 1997). Además su desecación por debajo del nivel crítico puede generar lesiones. En chirimoya la desecación del polen por debajo del 50% da como resultado un porcentaje de germinación bajo. Por otra parte la exposición del polen con alto contenido de agua a bajas temperaturas, puede ocasionar la formación de hielo intracelular provocando la muerte de la célula y pérdida de la germinación (Hanna and Towill, 1995).

4.7.1. Liberación de los granos de polen.

Este fenómeno está marcado por la aparición de ralladuras longitudinales en las anteras, las cuales aparecen en el extremo basal, aunque también se ha observado que lo hacen en la porción media y después continúa en dirección al ápice. La ruptura completa de las anteras se lleva a cabo en un tiempo aproximado de tres minutos después de la aparición de las ralladuras (Thakur y Singh, 1965). La dehiscencia de las anteras es favorecida por una baja humedad relativa ambiental y alta temperatura.

4.7.2. Viabilidad del polen.

El polen de chirimoya presenta una viabilidad corta y es altamente sensible a la desecación. A medida que transcurre el tiempo después de la colecta del polen, los granos de polen pierden gradualmente su viabilidad. Lora et al,

(2006), reportaron que los granos de polen almacenados por más de un día pierden su viabilidad.

La temperatura juega un papel importante en la viabilidad del polen. Lora *et al.* (2006), menciona que en chirimoya cultivar 'Campas', la viabilidad del polen es superior al 50% cuando las temperaturas se oscilan entre 20 y 27°C pero se produce un descenso en la viabilidad cuando las temperaturas son inferiores a 15°C o superiores a 30°C.

En España al evaluar la germinación de polen recién colectado de chirimoya, observaron una germinación del 57 %, un valor similar al presentado en la germinación del polen tricelular de otras especies, como maíz *Zea mays* (Inagaki, 2000) y *Brassica campestris* (Mulcahy y Mulcahy, 1988); este valor ya había sido reportado previamente para chirimoya (Rosell *et al.*, 1999). Por otra parte, la polinización manual con polen almacenado durante tres meses a diferentes temperaturas (-20°C, -80°C Y -196°C) no presentó diferencia comparada con la polinización realizada con polen recién colectado (alrededor del 60% de las flores produjeron frutos en ambos casos).

4.7.3. Germinación del polen.

Los granos de polen comienzan a germinar después de agruparse en tétradas. (Heslop-Harrison, 2000; Rosell *et al.*, 2006). Se ha observado, también, la germinación de granos de polen formando tríos y pares, e incluso la germinación de granos de polen individuales (Tsou *et al.*, 2002).

En investigaciones realizadas por Rossell *et al.* (1999) se determinó la temperatura óptima para la germinación del polen es 25°C, germinando el 47% del total de granos de polen observados; a 30°C y 35°C, la germinación disminuye en un 35 y 31% respectivamente. Con temperaturas cercanas a 10°C, la germinación disminuye drásticamente con solo 1,8% de germinación. El efecto de la temperatura se refleja también en la apariencia de los tubos polínicos, es así como, entre 20 y 25°C, se desarrollan bien los tubos polínicos, con temperaturas inferiores, el crecimiento se detiene rápidamente después de su formación y permanece corto; aunque algunos granos se hinchan y alteran su forma.

La germinación de granos de polen de chirimoyo *in vitro* requiere la adición de estambres en el medio de germinación. Cuando el polen es sembrado sin estambres, no logra germinar. Sin embargo, cuando es sembrado acompañado con estambres, se obtiene germinación en la mayoría de los medios evaluados. Por otra parte la germinación disminuye en la medida que la concentración de sucrosa aumenta, aunque en medios sin sucrosa la mayoría de los tubos no crecen, o son cortos y anchos (Guirado *et al.*, 2001).

4.8. Polinización.

La polinización es el primer paso hacia la fecundación y consiste en la transferencia de los granos de polen desde las anteras hasta los estigmas (Fosket, 1994). Las flores de chirimoya dependen de la polinización,

fecundación, embriogénesis y formación de la semilla para que se presente el amarre de frutos (Chadler, 1962).

Según Usman *et al.* (1999) los sucesos de polinización y fecundación dependen de que algunas señales transportadas por el polen sean reconocidas por receptores específicos ubicados en el pistilo. Además, para que la fecundación tenga lugar, debe darse una serie de pasos que incluyen la hidratación del grano de polen, su germinación, la penetración del tubo polínico en el estigma, su elongación a lo largo del estilo, la entrada del tubo polínico al óvulo y la liberación de dos núcleos espermáticos dentro del saco embrionario, dando lugar a la fertilización y formación del cigoto.

Según Herrero y Dickinson (1981), el crecimiento del tubo polínico a través del estilo es heterótrofo, esto es, a expensas de las reservas del tejido, por lo que cualquier reducción en la disponibilidad de estas reservas puede afectar el número de tubos polínicos en el estilo o su tasa de crecimiento (Cresti y Tiezzi, 1992, Herrero, 1992). La velocidad de crecimiento del tubo polínico; fluctúa entre 900 y 1000 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$, alcanzándose el saco embrionario en 48 horas.

Una importante particularidad observada durante el crecimiento de los tubos polínicos y en la fecundación de los óvulos del chirimoyo, es su aporogamia (Strassburger, 1974), fenómeno derivado de una disfunción del micrópilo y que le obliga a alcanzar el saco embrionario rodeando la cálaza y penetrando por ésta lo que contribuye a dificultar el cuajado espontáneo en esta especie.

4.8.1. Periodo efectivo de Polinización.

El concepto de período de polinización efectiva (PPE), fue desarrollado por Williams en 1965, para determinar el periodo de capacidad de fecundación que presentan las flores. Se define como el número de días durante los cuales el óvulo está fértil menos el número de días que precisa el tubo polínico para alcanzarlo y fecundarlo, siempre que el estigma se muestre receptivo. El (PPE) está condicionado principalmente por la receptividad del estigma, cinética del tubo polínico y desarrollo del ovulo. Además se ha reportado que período de polinización efectivo (PPE) para el chirimoyo cultivado en densidad media (vaso 6x4 m) es de un día y para el cultivado en alta densidad (4x1 m túnel) es de dos días (Sansol y Herrero, 2001).

4.8.2. Polinización natural.

En chirimoya la polinización es favorecida principalmente por insectos. Gazi *et al.* (1982) y Nakasone y Paull (1998) reportaron que la polinización en anonáceas se realiza principalmente por coleópteros de la familia Nitidulidae, pero aseguran que para lograr una buena polinización que genere frutos de forma regular se requiere de la presencia de al menos cuatro coleópteros por cada flor. Sin embargo, Guirado *et al.* (2001), menciona que con este número de insectos son polinizadas tan solo un 25% de las flores y que gran parte de los frutos son deformes, debido a que los insectos que intervienen en la polinización no transportan polen a todos los estigmas. Por lo que la ausencia de estos agentes polinizantes limita la producción comercial de frutos como

resultado de una polinización natural deficiente (George *et al.*, 1989; Peña *et al.*, 2002).

En España e Italia, las chinches *Orius* sp y *O. laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) son los principales polinizantes del chirimoyo debido a su capacidad para transportar el polen sobre sus cuerpos. Mediante liberaciones de campo inducidas e implementación del cultivo de maíz en los huertos de chirimoya se ha logrado incrementar su población, aumentando significativamente los rendimientos de frutos (Soria *et al.*, 1990). Debido a que los granos de polen se encuentran en grupo y además, son pegajosos, la polinización por el viento no es muy común (George *et al.*, 1989).

4.9. Polinización manual.

Los Primeros estudios de polinización manual los inició Schroeder (1947) en la Universidad de California; propuso el sistema de polinización con pincel. La cual consiste en el uso de un pincel para depositar los granos de polen en los estigmas de la flor (Hermoso *et al.*, 1997).

En los años sesenta Tony Brown, agricultor de California, adaptó una perilla que se usa en Japón para la polinización de otras especies, que en la actualidad es usada en Málaga, España (Guirado *et al.*, 2001). Con la polinización manual se consigue aumentar considerablemente tanto la producción como el número de frutos bien formados. Además, para asegurar la producción de frutos por medio de polinización manual se debe considerar la viabilidad, calidad y cantidad del polen y la receptividad del estigma (Pritchard y Edwards, 2006).

Debido a las diferencias entre los cultivares, condiciones de clima, especialmente de temperatura y humedad relativa, condiciones nutrimentales de la planta, manejo del polen, se deben esperar resultados diferentes de los distintos ensayos de polinización manual (Lederman y Bezerra, 1997). Rubí (1994) indicó que para chirimoyo la polinización manual aplicada entre las 10 a.m. y las 12 p.m., aumenta un 75 % el amarre del fruto, además de mejorar el tamaño y forma del mismo. Mora et al. (2001) observó un 70 % de amarre y 67.5 % de frutos cosechados, en un tratamiento de polinización manual al 100 % de la zona carpelar. Un porcentaje mayor al 90 % se obtuvo con la polinización manual de saramuyo o "*sugar apple*", lo cual confirma la eficiencia y beneficios de la polinización artificial (Cogez y Lyannaz, 1994). La polinización manual de chirimoya variedad "Cumbe", en diferentes horarios presentó una tendencia superior de amarre y peso de frutos, así como un incremento en el número de semillas cuando estos fueron polinizados durante la tarde (Duarte y Escobar, 1997). Una alta proporción de flores de chirimoya polinizadas manualmente formaron frutos, pero además estos se mantuvieron hasta la cosecha (Richardson y Anderson, 1996).

Entre las desventajas de la técnica de polinización manual, Nakasone y Paull (1997) mencionaron que esta técnica requiere personal especializado y el costo de mano de obra es mayor; además, debido a que la polinización es uniforme los frutos contienen más semillas.

4.9.1. Obtención de estambres.

Se puede extraer polen desde dos tipos distintos de estados sexuales de las flores: flores en estado hembra y flores en estado masculino. El polen recolectado de flores en estado macho se extrae directamente cuando las flores femeninas cambian a masculinas naturalmente por la tarde. (George y Campbell, 1991; Hermoso *et al.*, 1997) recomiendan recolectar las flores en estado de macho, de las que se extraerá el polen, entre las 15:00 y 16:00 h. Para extraer el polen de flores en estado macho, los pétalos deben estar casi totalmente abiertos, los sacos polínicos deben estar de color crema

El polen recolectado de flores en estado de hembra se extrae de flores recogidas al mediodía del primer día del ciclo de apertura. Para extraerlo, se arrancan los pétalos, dejando secar el resto de la flor unas horas antes de su separación con un palillo

4.9.2. Almacenamiento de los estambres.

Los sacos polínicos deben ser ubicados en un pequeño contenedor, y almacenados a temperatura ambiente (20-25°C) durante toda la noche para ser usados la mañana siguiente. Las flores no deben ser ubicadas en contenedores cerrados, ya que la acumulación de etileno produce un pardeamiento de las anteras, afectando severamente la germinación del polen (George y Campbell, 1991).

4.10. Fuente de polen.

La fuente de polen es un factor potencial que determina la producción exitosa de frutos en plantas silvestres y cultivadas (Wallance; Lee, 1999; Voyiatzis; Paraskevopoulou-Paroussi, 2002). Por otra parte, la influencia de la fuente de polen sobre la semilla (xenia) y el fruto (metaxenia) es bien conocida en muchos cultivos, incluyendo a las anonáceas (Denney, 1992), en la cual (Kanh et al., 1994), menciona que los efectos xenicos incluyen un amplio rango de diferencias en tamaño, forma, color, desarrollo y composición química de semillas y frutos. La gran variabilidad de las características del fruto entre cultivares y dentro de ellos, sugiere que la fuente de polen tiene una influencia directa en la calidad del fruto (masa y simetría). En este sentido, Kahn et al. (1994) encontró que los progenitores tanto paternos como maternos tienen efectos significativos sobre el porcentaje de amarre de frutos, al polinizar manualmente a dos cultivares ('White' y 'Booth') con una mezcla de polen de ('White', 'Booth' y 'Chafey'), encontró que el polen paterno tuvo un efecto significativo sobre el tamaño, peso y porcentaje de amarre de frutos en chirimoya. Por otra parte, Richardson y Anderson (1996) al realizar autopolinización manual en chirimoya, obtuvieron un amarre de frutos de 96%.

En estudios realizados por Duarte y Escobar (1997) en chirimoya, muestran un porcentaje de amarre de frutos de 46.6% con autopolinización, pero cuando se usó polen de atemoya el amarre fue de 4.7 %.

La polinización manual de atemoya con polen de saramuyo (*A. squamosa*) arrojó un amarre de frutos de 80.5 % (Melo *et al.*, 2002). Por otra parte, el porcentaje de amarre de frutos derivado de la autopolinización en saramuyo fue de 90 al 100 % (Cogez y Liannaz, 1994).

4.11. Fruto.

La chirimoya es considerada una de las frutas más deliciosas del género *Annona*, muy agradable de consumir por su suave textura, característico aroma y sabor, generando una gran aceptación como fruta comercial.

En el chirimoyo, la producción de frutos se ve afectada por las altas temperaturas que ocasionan una disminución de la viabilidad del polen e inhiben la fecundación de los óvulos, dando lugar a frutos con pocas semillas, pequeños y asimétricos (Higuchi *et al.*, 1998). El crecimiento de frutos de chirimoya bajo condiciones de invernadero se redujo al inicio y final de la etapa de crecimiento cuando se expuso a bajas temperatura (Higuchi *et al.*, 1998).

4.11.1. Morfología.

El fruto del chirimoyo corresponde a una polidrupa procedente de una sola flor, formado por un conjunto de pistilos unidos, constituyendo una estructura sólida. Para que el fruto tenga un tamaño y forma adecuada, deben ser polinizados todos estos pistilos. Es por ello que la polinización artificial frente a los problemas descritos, surge como una de las normas de manejo de mayor importancia en la producción comercial (Cautín, 1988).

4.11.2. Amarre

Tras la polinización, se ha producido la fecundación de los óvulos; han tenido lugar las primeras divisiones celulares, se considera que el pequeño fruto ha "amarrado". En este estado los pétalos y los sépalos se encuentran adheridos al fruto, aunque en general están secos y presentan una coloración marrón. Se puede observar la presencia de estigmas en toda la superficie del fruto. Las escamas carpelares presentan una forma convexa. La epidermis es de color verde con ciertos tonos blanquecinos al principio, que cambian a bronceados en una fase más avanzada de este estado. A partir de este momento se inicia el proceso de desarrollo del fruto; proceso que terminará cuando el fruto alcance la madurez (Soler y Cuevas, 2009).

Guirado et al. (2001) señalan que los vientos continuos durante la floración del chirimoyo disminuyen el amarre de los frutos y también, influyen negativamente en el crecimiento vegetativo de los árboles. En atemoya se encontró que un déficit en la presión de vapor redujo el porcentaje de amarre, pero no encontraron efecto de la temperatura sobre el amarre (George y Nissen, 1989).

4.11.3. Deformidad del fruto.

El gineceo multicarpelar de las flores de *annona* contiene varios óvulos y su fecundación favorece el crecimiento y desarrollo de los frutos. Las flores de chirimoya tienen hasta 300 carpelos y la fecundación de menos de un cuarto de estos es suficiente para el desarrollo de frutos con alto valor comercial (Lora et

al., 2005). En varios cultivos, el número de semillas del fruto tiene una influencia directa sobre el tamaño, forma, madurez de los frutos, etc. (Bucheri and di Vaio, 2004; Dag y Mizrahi, 2005; Ozga *et al.*, 2002; Amoros *et al.*, 2003;). Trabajos previos en *annona* sugieren una relación positiva entre el número de semillas y tamaño del fruto, y a su vez con su simetría (Kahn *et al.*, 1994).

La producción del número de semillas ha sido reportada en algunos cultivos, incluyendo a chirimoya, mandarinas, alubias y girasol (Bukiya, 1990; Goud *et al.*, 2000). Se ha documentado que las semillas sintetizan hormonas (principalmente auxinas) requeridas para el desarrollo del fruto (Dag y Mizrahi, 2005).

4.11.4. Patrón de crecimiento.

Los frutos de Chirimoya presentan un patrón de crecimiento doble sigmoide (Mora *et al.*, 2000; Cautín y Agustín, 2005), en el cual se presenta una primera fase de crecimiento rápido del fruto, que ocurre aproximadamente entre los 21 y 56 días después de la polinización; después de dos meses, el crecimiento del fruto es menor durante unos 40 días, este periodo se considera como la segunda fase de la curva (González, 2007). Sin embargo, este descenso en la tasa de crecimiento no se debe a ningún proceso relacionado con el desarrollo de las semillas, como ocurre en otros frutales, ya que se observa de igual modo en frutos de origen partenocárpico (Jackson y Loony, 2003). La tercera y última fase, de crecimiento rápido, se inicia en torno a los 100 días después de polinización extendiéndose hasta recolección (sobre 120-125 días después de

recolección) (González, 2007). En este tipo de curvas suele producirse una última desaceleración del crecimiento del fruto que en chirimoyo es difícil de observar por ocurrencia de la caída del fruto o la recolección

4.12. Azúcares.

La calidad de los frutos con pulpa depende del contenido de azúcares y además, tiene una influencia directa con los componentes que le dan el sabor (Nomura *et al.*, 1997). Los principales azúcares presentes en frutos son sacarosa, glucosa y fructosa, siendo de manera general los productos tropicales y subtropicales los que contienen mayor cantidad de azúcares que los templados (Worell *et al.*, 1998). El contenido de azúcares en los frutos de una especie en particular puede variar considerablemente por el efecto de la variedad, suelo y condiciones de clima durante la vida de la planta.

La glucosa y fructosa están distribuidas en todo el fruto mientras que la sacarosa solo está presente en aproximadamente dos tercios de éste. En estudios de chirimoya “Fino de jete” almacenadas a 22°C el contenido de azúcares solubles en etanol (sacarosa, glucosa y fructosa) se incrementó rápidamente cuando los frutos maduraron, lo cual coincidió con un descenso en el contenido de almidón debido a la hidrólisis de este a los monosacáridos mencionados (Paull *et al.*, 1993). La chirimoya difiere de algunos otros frutos en la proporción de azúcares solubles, después del incremento pasajero de sacarosa, ésta se hidroliza por acción de la invertasa produciendo glucosa y fructosa (Gutiérrez *et al.*, 1994). Además los valores de sólidos solubles en

anonáceas, son altos principalmente por el azúcar soluble, estos valores van de los 10 a 18°Brix en los días posteriores a la cosecha.

4.13. Acidez titulable.

En chirimoya, se observó un incremento de la acidez titulable durante la maduración (Merodio y de la Plaza, 1997) el ácido es el que contribuye en mayor proporción al incremento de acidez (Alique *et al.*, 1994). En chirimoya “Fino de Jete” se encontraron incrementos considerables en el contenido de ácidos orgánicos al tercer día después de cosechados proporcionando a los frutos las características sensoriales acidas del fruto y contribuyendo al descenso del pH.

La proporción entre azúcar y ácido es la que contribuye a que muchas frutas adquieran su sabor característico, además de ser un indicador de la madurez comercial y organoléptica (Alique *et al.*, 1994).

4.14. Índice de cosecha.

En general, la maduración de los frutos se caracteriza por un cambio en el color de la epidermis, una pérdida de la firmeza, un aumento del contenido en azúcares solubles y disminución de la acidez (Agustí, 2004), hasta alcanzar las características organolépticas óptimas para el consumo. El fruto tiene que haber alcanzado un determinado estado de desarrollo en el árbol para que la maduración poscosecha sea adecuada (Nomura *et al.*, 1997).

La maduración, que se define como el conjunto de transformaciones físico-químicas que le hace alcanzar el estado de madurez, estado en el cual, el fruto

se recoge y se consume, o se desprende del árbol y cae pudriéndose (Gil-Albert, 1980).

A menudo el fruto sin madurar es desagradable para el consumo, pues suele presentar una acidez excesiva o altos niveles de taninos que hacen que sea ácido y amargo. El fruto tiene que haber alcanzado un determinado estado de desarrollo en el árbol para que la maduración poscosecha sea adecuada.

Tradicionalmente la chirimoya ha sido recolectada cuando su piel cambia de verde a verde amarillento (Gardiazábal y Rosenberg, 1993). Kader y Arpaia (2004) establecen como el principal índice de cosecha en algunas anonáceas, incluidas entre ellas la chirimoya, el cambio de color de la piel de verde oscuro a verde claro o verde-amarillento.

Para la variedad 'Fino de Jete' se recomendaría recolectar cuando el color L^* y b^* hayan alcanzado los valores de 60 y 26, respectivamente, que corresponde a frutos que han acumulado en torno a 1400 grados-día (González, 2007).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área experimental.

El estudio se llevó a cabo en el huerto experimental de chirimoyos perteneciente al Centro Experimental “La Cruz” de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., en Coatepec Harinas, Estado de México. El huerto se encuentra ubicado a 18°55'02.4” LN, 99°45'31.8” LO y altitud de 2219 m. La temperatura media anual es de 16° C con 110 mm de precipitación media anual. En el huerto experimental se colocó un higrotermómetro HOBO (Onset Computer Corporation, Bourne, MA, USA) para el registro de temperaturas y humedad relativa durante el desarrollo del experimento. La investigación se realizó en los ciclos de producción 2011 y 2012.



Figura 1. Huerto de chirimoyo (CICTAMEX).

5.2. Material vegetal Experimental.

Se seleccionaron cinco árboles de chirimoya de 15 años de edad de los siguientes cultivares, 'Campas', 'White' y 'Bonita' injertados sobre portainjertos criollos, plantados a una distancia de 5 x 5 m, podados a una altura de 2,0 m y con sistema de conducción de vaso abierto. El cultivar 'White' se cultiva comercialmente en California, por el contrario 'Campas' y 'Bonita' son cultivados en menor escala en España.

5.3. Diseño del Experimento

Durante el periodo de floración (marzo a mayo) de 2011 y (mayo a junio de 2012) los 15 árboles seleccionados previamente fueron polinizados manualmente bajo un diseño de bloques completos al azar con esquema factorial 3x3x3. Se realizó autopolinización y polinización cruzada (sin mezcla de polen) manualmente en cada cultivar en tres horarios diferentes (07:00-09:00, 10:00-12:00 y 18:00-20:00 h).

5.4. Polinización Manual.

Para evaluar el efecto de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos de chirimoya, se realizó polinización manual controlada, siendo los tratamientos realizados los que se muestran a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de Polinización manual en chirimoya.

Cultivar	Tratamiento	Tipo de Polinización	Flores polinizadas (No.)
CAMPAS	T1	P. manual con polen de 'Campas' en la mañana (07:00-9:00 h)	40
	T2	P. manual con polen de 'Campas' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T3	P. manual con polen de 'Campas' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T4	P. manual con polen de 'White' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T5	P. manual con polen de 'White' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T6	P. manual con polen de 'White' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T7	P. manual con polen de 'Bonita' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T8	P. manual con polen de 'Bonita' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T9	P. manual con polen de 'Bonita' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
WHITE	T1	P. manual con polen de 'Campas' en la mañana (07:00-9:00 h)	40
	T2	P. manual con polen de 'Campas' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T3	P. manual con polen de 'Campas' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T4	P. manual con polen de 'White' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T5	P. manual con polen de 'White' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T6	P. manual con polen de 'White' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T7	P. manual con polen de 'Bonita' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T8	P. manual con polen de 'Bonita' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T9	P. manual con polen de 'Bonita' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
BONITA	T1	P. manual con polen de 'Campas' en la mañana (07:00-9:00 h)	40
	T2	P. manual con polen de 'Campas' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T3	P. manual con polen de 'Campas' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T4	P. manual con polen de 'White' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T5	P. manual con polen de 'White' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T6	P. manual con polen de 'White' en la tarde (18:00-20:00 h)	40
	T7	P. manual con polen de 'Bonita' en la mañana (07:00-09:00 h)	40
	T8	P. manual con polen de 'Bonita' a medio día (10:00-12:00 h)	40
	T9	P. manual con polen de 'Bonita' en la tarde (18:00-20:00 h)	40

5.5. Técnica de Polinización.

La polinización manual se realizó con la técnica de pincel descrita por Schroeder (1946), donde flores en estado macho (totalmente abiertas) de

'Campas' y 'Bonita' fueron colectadas a las 16:00 h y las de 'White' a las 17:00 h, siendo estos los respectivos tiempos donde las flores de cada variedad se transforman de flor femenina a masculina y ocurre la liberación del polen.

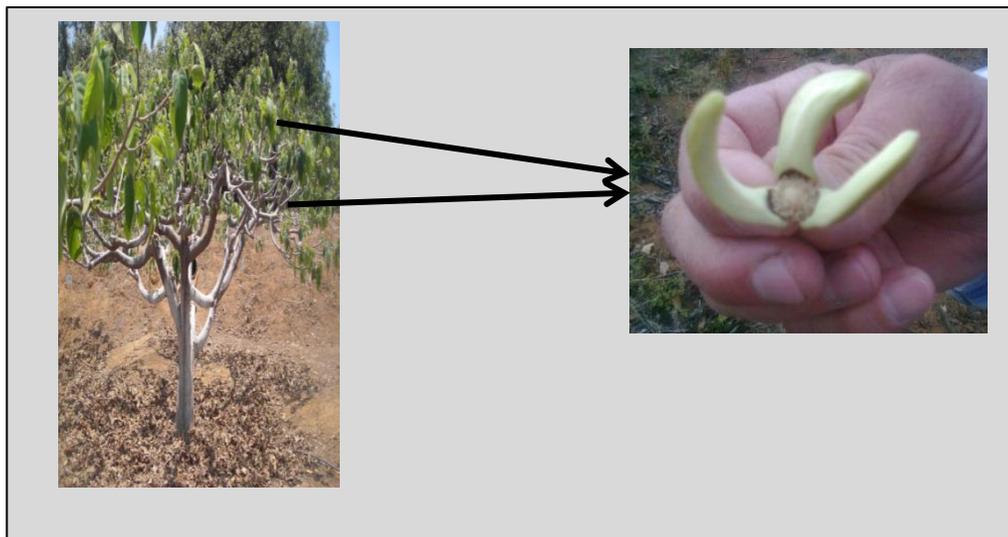


Figura 2. Colecta de flores de chirimoya en estado macho.

El polen fue extraído de las flores con ayuda de un pincel y posteriormente se almacenó en un recipiente plástico a temperatura ambiente. Se polinizaron 40 flores por tratamiento en el estado 61 (hembra) de la escala BBCH (fase donde los estigmas se encuentran receptivos) (Cautín y Agustí, 2005), seleccionadas de forma aleatoria de la parte media y basal del árbol. Para esto, se tomó polen con el pincel y se depositó sobre el cono estigmático haciendo movimientos circulares. Para evitar contaminación, se destinaron diferentes envases plásticos y pinceles para cada fuente de polen. Después de la polinización manual se procedió a marcar las flores de acuerdo al tratamiento aplicado, empleando tiras plásticas de colores. Las flores de cada tratamiento fueron etiquetadas con tiras plásticas de colores para su identificación y

adicionalmente, se marcaron 50 flores sometidas a polinización natural en cada variedad (Figura 3).



Figura 3. Técnica de polinización manual en chirimoya.

5.6. Variables a evaluar.

Porcentaje de amarre inicial: Número de frutos formados después de 15 días de realizada la polinización manual, expresado en porcentaje (Figura 4).

En ambos ciclos después de que los frutos alcanzaron su madurez fisiológica se realizó la cosecha de frutos, para esto se utilizaron tijeras de poda, dejando 2cm de pedúnculo, posteriormente se envolvieron con papel periódico y fueron colocados en cajas de madera para ser transportados al laboratorio. Se tomó

una muestra de 15 frutos por tratamiento para evaluar las variables biofísicas y bioquímicas.

5.6.1. Variables Biofísicas.

5.6.1.1. Peso y diámetro del fruto:

Se pesó cada uno de los frutos por tratamiento, posteriormente en una balanza analítica se registró su peso en gramos (g). El diámetro del fruto se determinó con un vernier, expresando el resultado en centímetros (Figura 4).



Figura 4. Imágenes de la determinación del peso y diámetro del fruto.

5.6.1.2. Peso de las partes del fruto. Se determinó el peso de cada uno de los componentes del fruto (cáscara, pulpa y semillas), expresando el resultado en (g).

5.6.1.3. Índice de Semillas. De acuerdo a Jalikop y Kumar (2007) esto se obtiene al dividir el número de semillas entre el peso del fruto, multiplicado por 100. Expresando el resultado en número de semillas por 100 g de pulpa

5.6.1.4. Simetría del Fruto. A cada uno de los frutos cosechados, se les asignó un valor de simetría según la escala propuesta por George et al. (1992). Donde el valor de cada una de las categorías de fue determinado por el grado de malformación del fruto (1: frutos deformes a 5= frutos muy simétricos), como se muestra en la a continuación (figura 5).

	Categoría 5
	Categoría 4
	Categoría 3
	Categoría 2
	Categoría 1

Figura 5. Categorías de Simetría en Frutos de Chirimoya.

5.6.2. Variables Bioquímicas.

5.6.2.1. Sólidos Solubles Totales.

Para calcular esta variable se obtuvo una muestra de jugo de la pulpa homogeneizada y se colocaron unas tres gotas directamente en el refractómetro digital termocompensado ATAGO con sensibilidad 0.1 °Bx. Los resultados fueron reportados en ° Brix.

5.6.2.2. Acidez Titulable.

Esta se determinó pesando 5g de pulpa, macerados en 25 ml de agua destilada. Posteriormente se colocó y se agregaron 5 ml de la solución en un matraz Erlenmeyer; a cada matraz se le agregaron 4 gotas del indicador fenoftaleína y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.01 N. Esta variable se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ de Acido} = \frac{(\text{ml NaOH}) * \text{N (NaOH)} * \text{Volumen total} * \text{mequiv} * 100}{\text{Alícuota} * \text{peso de la muestra}}$$

Dónde:

- ml NaOH=Volumen de NaOH empleado en la titulación.
- N(NaOH)=normalidad del NaOH empleado al 0.01.
- Volumen total= volumen ocupado por la pulpa y el agua.
- Mequiv=equivalencia del ácido málico.
- Alícuota=volumen de la muestra empleada (25ml).
- Peso de la muestra=peso de la pulpa empleada (5g).

5.6.2.3. pH.

El pH se determinó pesando un gramo de la pulpa, posteriormente se macero en 15 ml de agua destilada, el extracto obtenido se coló y se colocó en vasos de precipitado midiendo el pH con un potenciómetro. Cada muestra de pH y acidez titulable se realizó por triplicado.

5.7. Análisis Estadístico.

Se realizó un análisis de varianza con el programa estadístico SAS[®] (SAS Institute, 2000). Para la comparación de medias Tukey ($\alpha= 0.05$) de las variables peso de fruto, número de semillas, peso semillas, índice de semillas, peso de pulpa. El porcentaje de amarre de frutos a la cosecha se comparó entre los diferentes tratamientos (autopolinización y polinización cruzada), usando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que los datos violan los supuestos básicos de normalidad, se correlacionó el número de semillas/peso del fruto y número de semillas/simetría del fruto. La simetría de los frutos entre tratamientos se comparó usando la prueba de χ^2 .

VI. RESULTADOS

6.1. CICLO 2011.

Influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos de chirimoya

(*Annona cherimola* Mill.)

Artículo enviado en fecha 16 de Marzo del 2013. A la Revista Brasileira de Fruticultura.

Isela:

Gracias por enviarnos su manuscrito "**RBF-1213 - INFLUENCIA DE LA FUENTE DE POLEN SOBRE EL AMARRE Y CALIDAD DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)**" a Revista Brasileira de Fruticultura. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través de proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista

URL del manuscrito:

<http://submission.scielo.br/index.php/rbf/author/submission/113600>

Nombre de usuario: isela1984.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

CARLOS RUGGIERO

Revista Brasileira de Fruticultura

INFLUENCIA DE LA FUENTE DE POLEN SOBRE EL AMARRE Y CALIDAD DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)

POLLEN SOURCE INFLUENCE ON THE SET AND QUALITY OF
CHERIMOYA (*ANNONA CHERIMOLA* MILL.) FRUITS

ISELA APOLONIO RODRIGUEZ¹, ÁLVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA²,
OMAR FRANCO MORA², EDGAR JESÚS MORALES ROSALES², ANDRÉS
GONZÁLEZ HUERTA²

Dirección para correspondencia: Álvaro Castañeda Vildózola, km 15
carretera Toluca– Ixtlahuaca entronque al Cerrillo, C.P. 50200, Toluca,
México. E-mail: acastanedav@uaemex.mx

ABSTRACT

In this study was evaluated the influence of the pollen source and hand pollination time on fruit set and fruit quality in three cultivar of cherimoya, 'Campas', 'White' and 'Bonita'. We performed artificial self-pollination and cross-pollination (pollen unmixed) in each cultivar, at three different times (07:00-09:00, 10:00-12:00 y 18:00-20:00 h), using the brush technique. In all cultivars, the percentage of fruit set with natural pollination was low (range from 5 to 10%). Self-pollination treatment was less efficient, especially in 'Bonita' (47,9%). Moreover, when 'Bonita' was used as pollen parent, fruit set percentage was significantly high in 'Campas' (85,83%) and 'White' (77,5%). Furthermore, the source of pollen had a significant effect on fruit weight, number of seeds, seed weight, pulp weight and symmetry.

Index Terms: *Pollination, pollen source, fruit set.*

INTRODUCCION

La producción comercial de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en México y otros países, está limitada por la ausencia de agentes polinizantes y una marcada dicogamia protogínica, lo cual ha originado que el amarre y calidad de frutos producidos por polinización natural sea deficiente (HIGUCHI et al., 1998; DUARTE et al., 2001; GONZALEZ; CUEVAS, 2008). Actualmente la técnica de polinización manual es practicada en países como Chile, España y en California, Estados Unidos de Norteamérica, la cual ha mejorado el amarre de frutos y substancialmente ha incrementado el rendimiento y calidad (DUARTE; ESCOBAR, 1997; DA SILVA-CAMPOS et al., 2004; LORA et al., 2006). Sin embargo, el amarre y desarrollo de los frutos es variable en flores polinizadas manualmente en un mismo árbol, indicando que existen otros factores que limitan la producción. Entre estos factores esta la disponibilidad del polen, fuente de polen y condiciones climáticas. Siendo la fuente de polen un factor potencial que determina la producción exitosa de frutos en plantas silvestres y cultivadas (WALLANCE; LEE, 1999; VOYIATZIS; PARASKEVOPOULOU-PAROUSI, 2002). Por otra parte, la influencia de la fuente de polen sobre la semilla (xenia) y el fruto (metaxenia) es bien conocida en muchos cultivos, incluyendo a las anonáceas (DENNEY, 1992), en la cual (KANH et al., 1994), menciona que los efectos xenicos incluyen un amplio rango de diferencias en tamaño, forma, color, desarrollo y composición química de semillas y frutos. La gran variabilidad de las características del fruto entre cultivares y dentro de ellos, sugiere que la fuente de polen tiene una influencia directa en la calidad

del fruto (masa y simetría). El número de pistilos polinizados exitosamente determinan la distribución y desarrollo de la semilla, la cual esta positivamente correlacionada con el crecimiento del fruto. Se sabe, que las semillas producen fitohormonas (auxinas y giberelinas), estimulantes de tejidos que incrementan la masa del fruto (PRITCHARD; EDWARDS, 1996). Lo anterior, indica que la producción de frutos, obtenidos a partir de polinización manual depende de la compatibilidad de la fuente de polen con la planta madre. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la fuente de polen sobre el amarre y calidad de frutos en tres cultivares de chirimoya sometidos a diferentes tratamientos de polinización manual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó acabo en el huerto experimental de chirimoyos perteneciente al Centro Experimental “La Cruz” de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., en Coatepec Harinas, Estado de México. El huerto se encuentra ubicado a 18°55'02.4” LN, 99°45'31.8” LO y altitud de 2219 m. Se seleccionaron cinco árboles de chirimoya de 15 años de edad de cada uno de los siguientes cultivares, ‘Campas’, ‘White’ y ‘Bonita’ injertados sobre portainjertos criollos, plantados a una distancia de 5 x 5 m, podados a una altura de 2,0 m y con sistema de conducción de vaso abierto. El cultivar ‘White’ se cultiva comercialmente en California, por el contrario ‘Campas’ y ‘Bonita’ son cultivados en menor escala en España. Durante el periodo de floración (marzo a mayo) de 2011, los 15 árboles seleccionados previamente fueron polinizados manualmente bajo un diseño de bloques completos al azar con esquema

factorial 3x3x3. Se realizó autopolinización y polinización cruzada (sin mezcla de polen) manualmente en cada cultivar en tres horarios diferentes (07:00-09:00, 10:00-12:00 y 18:00-20:00 h). La polinización manual se realizó con la técnica de pincel descrita por Schroeder (1946), donde flores en estado macho de los cultivar 'Campas' y 'Bonita' fueron colectadas a las 16:00 h y las de 'White' a las 17:00 h, siendo estos los respectivos tiempos donde las flores de cada variedad se transforman de flor femenina a masculina y ocurre la liberación del polen. El polen fue extraído de las flores con ayuda de un pincel y posteriormente se almacenó en un recipiente plástico a temperatura ambiente. Se polinizaron 40 flores por tratamiento en el estado 61 (hembra) de la escala BBCH (CAUTÍN; AGUSTÍ, 2005), seleccionadas de forma aleatoria de la parte media y basal del árbol. Para esto, se tomó polen con el pincel y se depositó sobre el cono estigmático haciendo movimientos circulares. Para evitar contaminación, se destinaron diferentes envases plásticos y pinceles para cada fuente de polen. Todas las flores de cada tratamiento fueron etiquetadas con tiras plásticas de colores para su identificación y adicionalmente, se marcaron 50 flores sometidas a polinización natural en cada variedad. En el huerto experimental se colocó un higrotermómetro HOBO (Onset Computer Corporation, Bourne, MA, USA) para el registro de temperaturas y humedad relativa durante el desarrollo del experimento, con el propósito de determinar la influencia de estos factores en el amarre de frutos. El porcentaje de amarre de frutos fue determinado visualmente a los 15 días posteriores a la polinización manual, observándose pequeños agregados del fruto y se llevó a cabo un monitoreo con intervalos de 30 días con el fin de registrar el amarre final de

frutos. En Noviembre de 2011 a Enero de 2012, cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica se cosecharon y se clasificaron de acuerdo a escala sugerida por George et al. (1992). (1: frutos deformes a 5= frutos muy simétricos). Una muestra de 15 frutos por tratamiento fue seleccionada al azar y llevada al laboratorio donde se evaluaron variables biofísicas como: el peso del fruto (g), peso de pulpa (g), peso de semillas por fruto (g), número de semillas, peso medio de las semillas (g), índice de semillas (número de semillas en 100 g de pulpa). Dentro de las variables bioquímicas se estimó el contenido de solidos solubles totales (SST) expresados en °Brix y el porcentaje de acidez titulable (AT).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Amarre de frutos.

El porcentaje de amarre de frutos obtenidos a partir de la polinización natural fue bajo (rango 5 a 10%) en los tres cultivares. Estos resultados son similares a los obtenidos por (KANH et al., 1994; RICHARDSON; ANDERSON, 1996); sugiriendo que existe baja actividad de insectos polinizantes y naturaleza protogínica de las flores. La fuente de polen empleada en polinización manual presentó diferencias significativas en el amarre de frutos en todo los cultivares (prueba Kruskal-Wallis $H= 73.23$; $P= 0.0001$). En los cultivar 'Campas' y 'White' el mejor porcentaje de amarre de frutos se obtuvo con la fuente de polen de 'Bonita', en un 85,83 y 87,40 %, respectivamente (Figura 6). Por el contrario en 'Bonita' la fuente de polen más eficiente en el amarre de frutos fue la del cultivar 'Campas', con un 58,66% (Figura 6). Además, la interacción del cultivar con la fuente de polen fue significativa al ($P < 0.001$). Estos resultados son un indicativo de que el polen de 'Bonita' mejora significativamente el amarre e incrementa la producción de frutos, sugiriendo que existe un mayor grado de compatibilidad cruzada entre los cultivares 'Campa' y 'White'. El incremento de amarre de frutos que se obtuvo con polinización cruzada coincide con el obtenido por (DUARTE; ESCOBAR, 1997), donde la polinización de chirimoya cultivar 'Cumbe' se incrementó con polen del cultivar 'Bronceada'. De igual forma (MELO et al., 2002), reportó un incremento en el amarre de frutos de atemoya cultivar 'Gefner' con polen de *A. squamosa* L. Estudios realizados por (PRITCHARD; EDWARDS, 2006) sugieren que el número de óvulos

fecundados de manera exitosa dependen de la fuente de polen, además indican que están relacionados con niveles hormonales.

Horario de Polinización.

El horario de polinización también tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre el amarre de frutos. En todos los cultivares, las flores polinizadas en el horario de la tarde (18:00-20:00 h) amarraron mayor número de frutos (Tabla 5). Las temperaturas y humedad relativa registradas en este horario oscilaron entre 20,83°C a 21,16°C y 31% a 42%, respectivamente (Figura 7). Así mismo, otras evidencias han mostrado que el amarre de frutos se incrementa cuando se poliniza con polen recién colectado (RICHARDSON; ANDERSON, 1996; DUARTE et al., 2001). Es posible suponer que las condiciones ambientales antes mencionadas permitieron una mejor adhesión de los granos de polen en los estigmas y evitaron su desecación. En este sentido, (KOURA et al., 2001; LORA et al., 2006) reportaron que la chirimoya tiene un bajo amarre de frutos cuando las temperaturas oscilan entre los 30°C/25°C debido a la baja viabilidad del polen y a la reducción del fluido viscoso en el cono estigmático. Por otro lado, (NAKASONE; PAULL, 1998) menciona que porcentajes de humedad relativa ambiental menores a 30% contribuyen a una pobre fecundación.

Peso del Fruto.

El efecto de la fuente de polen sobre el peso del fruto fue significativo al ($P < 0.01$). En 'Campas' flores polinizadas con polen de 'Bonita' produjeron frutos de mayor peso. Por otra parte, en 'White' los frutos más grandes se obtuvieron con

polen de 'Bonita' (556.3 g) y 'Campas' (524.5 g). El menor peso de frutos se presentó en el cultivar 'Bonita' cuando se polinizó con el polen de 'White' (Tabla 6). La diferencia en el peso medio de frutos entre los tratamientos refleja el número de semillas producidas de manera exitosa por la fuente de polen, ya que el número de semillas está positivamente relacionado con el crecimiento del fruto debido a que las semillas producen fitohormonas (auxinas y giberelinas) que estimulan el desarrollo del fruto (DAG; MIZRAHI, 2005). Resultados similares fueron reportados por (JALIKOP; KUMAR, 2007) quienes encontraron que el polen tiene un efecto significativo sobre el peso del fruto.

Número de semillas.

El número de semillas por fruto fue significativamente mayor en frutos obtenidos a partir de la polinización manual con el polen de 'Bonita' en los tres cultivares (Tabla 6), indicando que el polen de esta variedad fecundo a un mayor número de pistilos, resultando en un mayor número de semillas. El número de semillas ha sido explicada por (LEE, 1988), indicando que el número de semillas es bajo en frutos de plantas comerciales que han sido polinizadas usando polen del mismo cultivar, sugiriendo que existe una base genética que explica el aborto de las semillas. Además, se observó una correlación positiva y significativa ($P < 0.05$) entre el número de semillas y peso del fruto en todos los cultivares (Tabla 7). Resultados similares fueron encontrados en trabajos previos sobre chirimoya y el híbrido atemoya (KANH et al., 1994; RICHARDSON; ANDERSON, 1996; GEORGE et al., 2002; PRITCHARDS; EDWARDS, 2006; GONZÁLEZ; CUEVAS, 2008), indicando que a medida que aumenta el número de semillas el

tamaño del fruto se incrementa. Se sabe, que un menor número de semillas en la pulpa mejora la calidad consumible del fruto, pero para asegurar la simetría del fruto es necesario que un gran número de óvulos sean fecundados exitosamente y generen semillas que promuevan un buen desarrollo carpelar.

Índice de semillas.

El índice de semillas por fruto no se vio afectado por la fuente de polen dentro de un mismo cultivar. Sin embargo, el cultivar 'Campas' mostró un menor índice de semillas (de 8.1 a 9.9 semillas/100g de pulpa). Por el contrario, a pesar de que 'Bonita' tuvo un peso significativamente menor a los otros cultivares, presentó mayor índice de semillas (de 14.1 a 15.0 semillas/100 g de pulpa (Tabla 6), resultados similares fueron obtenidos por (RICHARDSON; ANDERSON, 1996).

Peso de semillas.

El peso de semillas por fruto se vio afectado por la fuente de polen, en los tres cultivares, obteniendo un mayor peso cuando fueron polinizados con polen de 'Bonita'. Una tendencia similar fue observada para el peso de pulpa, donde el polen de 'Bonita' en los tres cultivares., 'Campas' (684.1 g), 'White' (434.1 g) y 'Bonita' (364.4 g), tuvo un efecto significativo (Tabla 6). Además se observó una correlación negativa y significativa entre el peso de pulpa por fruto y el índice de semillas (Tabla 7). Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios previos sobre anonáceas (JALIKOP; KUMAR, 2007) y en otras especies comerciales, como mandarina donde (WALLANCE; Lee, 1999) mencionan que

el peso de pulpa fue significativamente mayor cuando el cultivar 'Imperial' se polinizó con polen de 'Ellendal', 'Murcott' y 'Ellenor'.

Sólidos Solubles Totales y Acidez Titulable.

El contenido de SST (°Brix) y AT no se vio afectado por la fuente de polen. Sin embargo los valores más altos de SST se presentaron en el cultivar 'Bonita' (24.5.0 a 26.4 °Brix) (Tabla 6). Resultados similares fueron reportados por (KANH et al., 1994), el cual encontró que el polen usado como padre no afectó el nivel de SST y AT en frutos de chirimoya. Además se observó una correlación negativa y significativa ($P < 0.01$) entre la AT y SST (Tabla 7).

Simetría del fruto.

La forma o simetría del fruto también se vio afectada por la fuente de polen. En los tres cultivares el mayor número de frutos completamente simétricos (categoría 5) se obtuvieron al polinizarlos con polen de 'Bonita' ($X^2=27.55$ gl= 8; $P= 0.005$; (Figura 8,9 y 10). La simetría es una característica que determina el valor comercial de frutos de chirimoya, debido a que frutos más grandes y simétricos tienen mayor aceptación en el mercado y además, adquieren precios más altos. De acuerdo con los resultados en el presente estudio, trabajos previos (RAVEN et al., 1999; PRITCHARD; EDWARDS, 2006) han demostrado una asociación positiva entre el número de semillas y simetría del fruto, indicando que para lograr frutos con una simetría perfecta, el número y distribución de óvulos fecundados de manera exitosa juega un papel importante.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado en parte por la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través del proyecto PROMEP /103.5/10/4368. Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento de los estudios de postgrado de Isela Apolonio Rodríguez y a la Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo experimental en el banco de Germoplasma de chirimoya.

REFERENCIAS

CAUTIN, R.; AGUSTÍ, M. Phenological growth stages of the cherimoya tree (*Annona cherimola* Mill.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, p.491-497, 2005.

DAG, A.; MIZRAHI. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in vine cactus *Selenicereus megalanthus* ('yellow pitaya'). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v.80, p.618-622, 2005.

DA SILVA-CAMPOS R.; PINTO DE LEMOS E.E.; FIGUEREDO DE OLIVEIRA J.; PEREIRA DE FONSECA, F.K.; DIAS-SANTIAGO, A.; BARROS, P.G. Polinização natural, manual e autopolinização no pegamento de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.) em Alagoas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 26, n.2, p.261-263, 2004.

DENNEY, J. O. Xenia includes metaxenia. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.722-728, 1992.

DUARTE, O.; ESCOBAR, O. Improving fruit set of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv. Cumbe, by autogamous and allogamous hand pollination. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v.41, p.162-165, 1997.

DUARTE, O.; PINEDA, A.; RODRIGUEZ, P.P. Mejora del cuajado en Atemoya 'Gefner' (*Annona cherimola* x *Annona squamosa*) con diversos tratamientos de

polinización manual. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Tegucigalpa, v. 45, p.74-76, 2001.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; CAMPBELL, J. A. Pollination and selection in *Annona* species (cherimoya, atemoya and sugar apple). **Acta Horticulturae**, The Hague, v.321, p.178-185, 1992.

GEORGE, A.P.; BROADLEY, R.H.; NISSEN, R.J.; HAMILL, S.D.; DREW, R. Breeding new varieties of atemoya (*Annona* spp. Hybrids). **Acta Horticulturae**, The Hague, v.575, p.323-328, 2002.

GONZALEZ, M.; CUEVAS, J. Optimal crop load and positioning of fruit in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.115, p.129-134, 2008.

HIGUCHI, H.; UTSUNOMIYA, N.; SAKURATANI, T. High temperature effects on cherimoya fruit set, growth and development under greenhouse conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.77, p.23-31, 1998.

JALIKOP, S.H.; KUMAR, P.S. Pseudo-xenic effect of Allied *Annona* spp. Pollen in Hand Pollination of cv. 'Arka Sanh' [(*A. cherimola* x *A. squamosa*)]. **HortScience**, Alexandria, v.42, n.7, p.1534-1538, 2007.

KANH, T.L.; ADAMS, C.J.; ARPAIA, M.L. Paternal and maternal effects on fruit and seed characteristics in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.59, p.11-25, 1994.

KOURA, S.; HASEWAKA, K.; SUSUKI, H.; YAMAMOTO, Y.; YONEMOTO. Influence of high temperature and amount of viscous fluid on surface of pistils on the fruit set of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, Tokio, v.45, p.275-280, 2001.

LEE, T. D. Patterns of fruit and seed production. In: LOVETT DOUST, J.W. (Ed.). **Plant Reproductive Ecology**. Oxford University Press, Oxford, UK, 1988, p.179-199.

LORA, M.A.; PEREZ, O.; FUNTEAJA, P.; HORMAZA, J.I. Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollen. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.108, p.91-94, 2006.

NAKASONE, H.Y.; PAULL, R.E. **Tropical fruits**. CAB International. USA, 1998, 75p.

PRITCHARD, K.D.; EDWARDS, W. Supplementary pollination in the production of custard Apple (*Annona* sp.) -The effect of pollen source. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v.81, n.1, p.78-83, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **The Biology of Plants**. W.H. Freeman and Company Publishers, New York, USA, 1999, 543p.

RICHARDSON, A.C.; ANDERSON, P.A. Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit in a humid climate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.65, p. 273-281, 1996.

MELO, M.R.; VALDEVINO, P.C.; KAVATI, R. Polinização artificial da atemóia com diversas fontes de pólen comparada com a natural. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.3, p.231-236, 2002.

SCHROEDER, C.A. Hand pollination effects in the cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). **California Avocado Society Yearbook**, California, v.26, p.94-98, 1946.

VOYIATZIS, D. G.; PARASKEVOPOULOU-PAROUISSI, G. Factors affecting the quality and in-vitro germination capacity of strawberry pollen. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 77, n.2, p.200-203, 2002.

WALLACE, H. M.; LEE. L. S. Pollen source, fruit set and xenia in mandarins. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v.74, n.1, p.82-86, 1999.

TABLAS Y FIGURAS

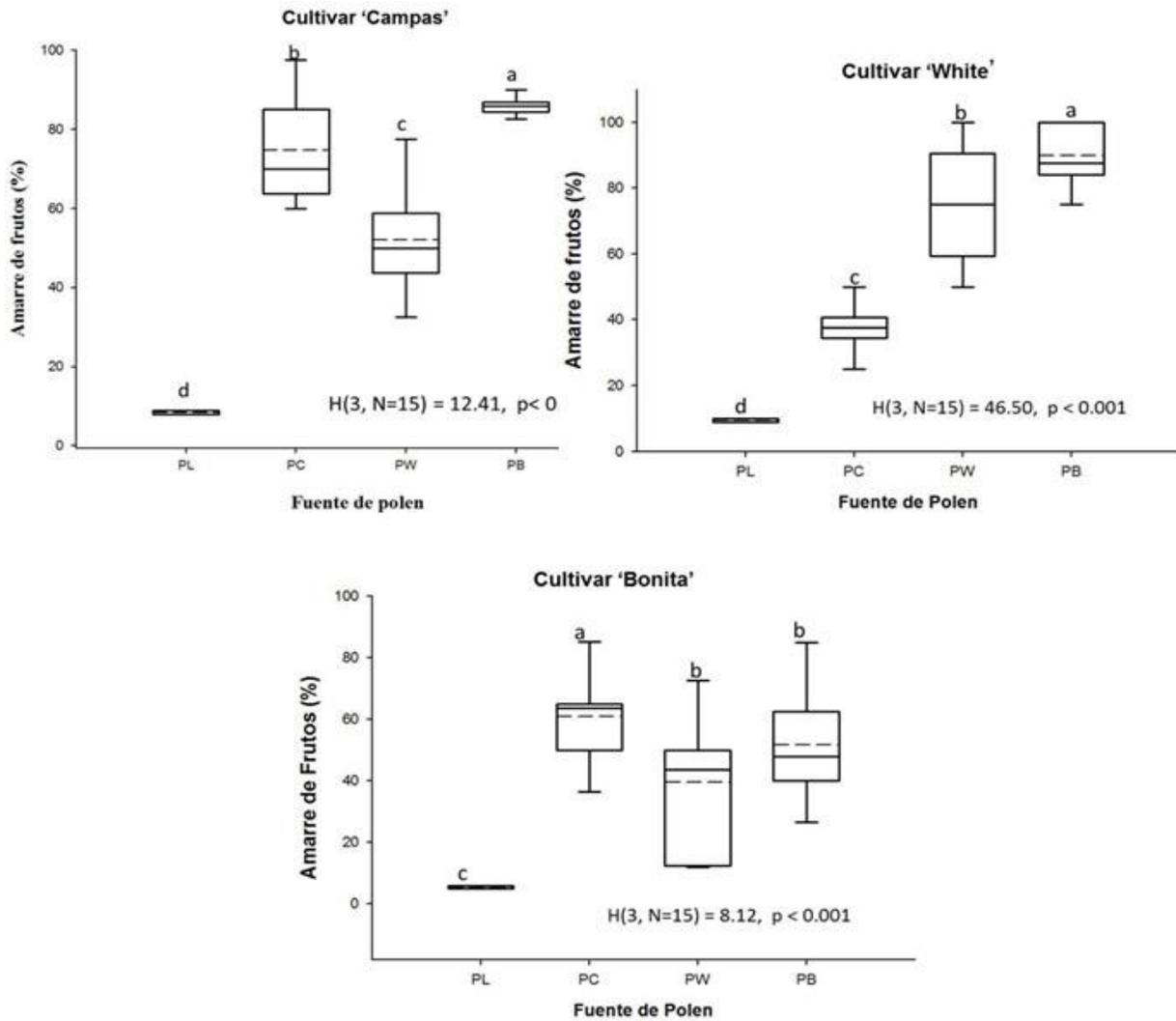
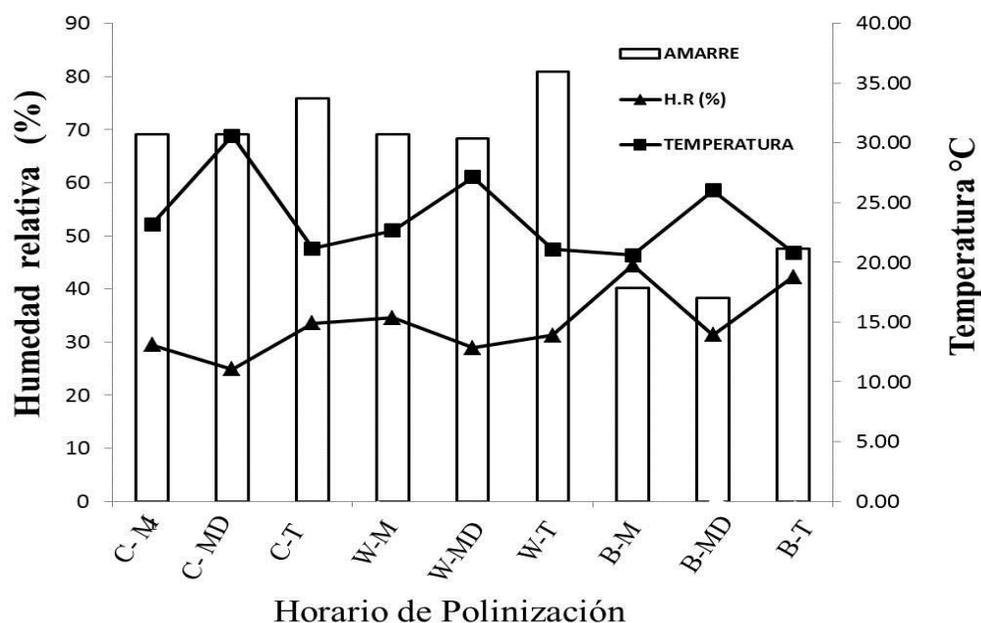


Figura 6. Amarre de frutos en cv. 'Campas', 'White' y 'Bonita' obtenidos de la polinización manual con diversas fuentes de polen durante ciclo 2011. PL = polinización libre, PC = polen de 'Campas', PW = polen de 'White', PB = polen de 'Bonita'. Cajas etiquetadas con la misma letra no son estadísticamente diferentes al $P < 0.05$; prueba de Kruskal-Wallis.

Figura 7. Registro de temperatura y humedad relativa en diferentes horarios de polinización manual. C= Campas, W= White, B= Bonita, M= mañana, MD= medio día, T= tarde.



Cuadro 2. Amarre de frutos en los diferentes horarios de polinización en el ciclo 2011.

Cultivares	Flores Polinizadas	Fecha de Polinización	Horario de polinización	Temperatura (°C)	H. R (%)	% Amarre de Frutos
CAMPAS	40	27/04/2011	Mañana	23.20	29.0	69.16 b
	40	22/05/2011	Medio día	30.61	24.0	69.16 b
	40	02/05/2011	Tarde	21.16	33.0	75.83 a
WHITE	40	14/05/2011	Mañana	22.66	34.0	69.16 b
	40	05/05/2011	Medio día	27.12	28.0	68.33 b
	40	19/05/2011	Tarde	21.08	31.0	80.83 a
BONITA	40	07/05/2011	Mañana	20.59	44.0	47.50 a
	40	29/05/2011	Medio día	26.01	31.0	38.33 b
	40	19/05/2011	Tarde	20.83	42.0	44.16 a
<i>F (trat)</i>	16.19***					
<i>CV</i>	30,25					

Medias seguidas con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas, Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 3. Efecto de la fuente de polen sobre las características cuantitativas y cualitativas del fruto en tres cultivares de chirimoya.

Tratamiento	Flores Polinizadas	Peso fruto (g)	Número de semillas por fruto	Semillas /100 g de pulpa	Peso semillas por fruto (g)	Peso medio de semillas (g)	Peso pulpa por fruto (g)	SST (° Brix)	AT (%)
'Campas' x 'Campas'	40	600.0 b	49.1 b	8.1 c	26.0 b	0.52 b	562.2 b	20.2 b	0.57 a
'Campas' x 'White'	40	674.0 b	54.1 b	8.0 c	28.9 b	0.58 a	573.1 b	20.0 b	0.64 a
'Campas' x 'Bonita'	40	785.9 a	78.5 a	9.9 c	39.41 a	0.51 b	684.1 a	20.4 b	0.59 a
'White' x 'White'	40	400.2 d	44.7 c	11.1 b	23.3 b	0.54 a	335.1 d	17.8 c	0.65 a
'White' x 'Campas'	40	524.5 c	58.0 b	11.7 b	30.0 b	0.57 a	413.5 c	18.3 c	0.62 a
'White' x 'Bonita'	40	556.3 c	66.0 a	11.8 b	39.0 a	0.53 a	434.1 c	19.0 c	0.71 a
'Bonita' x 'Bonita'	40	461.1 d	65.2 a	14.1 a	40.3 a	0.61 a	364.4 d	26.4 a	0.63 a
'Bonita' x 'Campas'	40	403.4 d	57.3 b	14.2 a	27.5 b	0.62 a	329.8 d	25.0 a	0.62 a
'Bonita' x 'White'	40	333.4 e	50.3 b	15.0 a	25.0 b	0.63 a	274.8 e	24.5 a	0.50 a
<i>C.V (%)</i>		27,42	25,39	25,12	32,21	12,31	26,53	5,01	15,74
<i>Cultivar (C)</i>		***	**	**	***	*	***	***	ns
<i>Fuente de Polen (P)</i>		**	***	ns	*	*	**	ns	n
<i>CXP</i>		*	**	*	ns	ns	ns	ns	ns

Medias seguidas con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas, Tukey ($P \leq 0.05$) ns, no significativo; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación fenotípica entre las características¹ de los frutos de los genotipos evaluados en el ciclo 2011.

Características	PF	NSF	IS	PS	PMS	PPF	SST	AT
PF	1,00	0,85*	0,83**	-0,06 ns	-0,67 ns	0,98***	-0,27ns	-0,16ns
NSF		1,00	0,13 ns	0,72**	-0,24 ns	0,47ns	-0,21ns	0,23ns
IS			1,00	-0,85**	0,63*	-0,90***	0,46ns	0,30ns
PS				1,00	0,33ns	-0,03ns	0,52ns	0,54ns
PMS					1,00	0,69*	0,52ns	-0,34ns
PPF						1,00	0,30ns	0,21ns
SST							1,00	-0,96**
AT								1,00

¹PF: peso del fruto; NSF: número de semillas por fruto; IS: índice de semillas; PS: peso de semillas; PMS: peso medio de semillas; PPF: Peso de pulpa por fruto; SST: sólidos solubles totales; AT: acidez titulable.

Figura 8. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Campas'. Ciclo 2011.

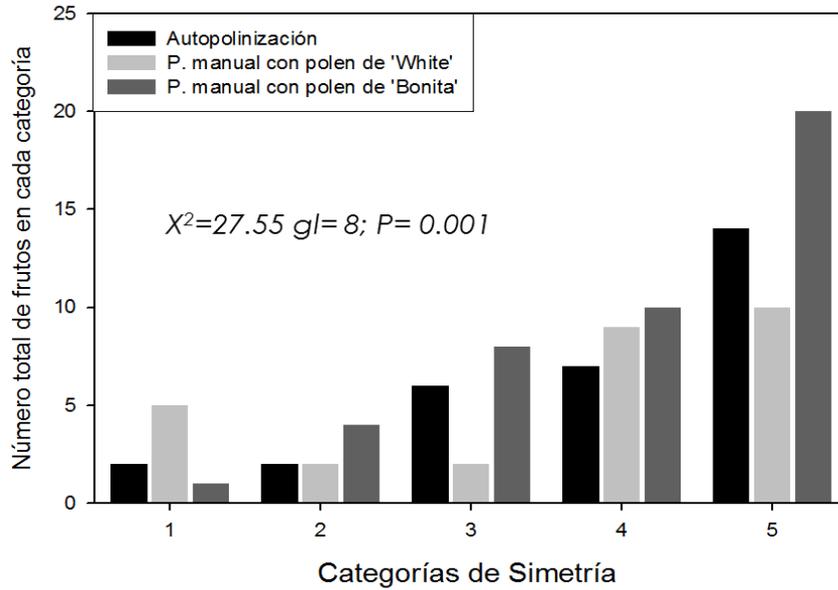


Figura 9. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'White'. Ciclo 2011.

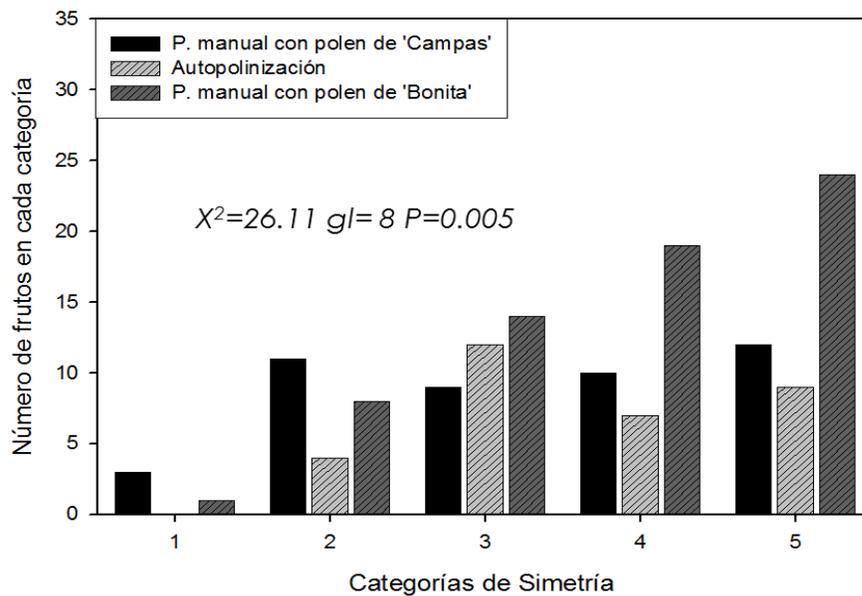
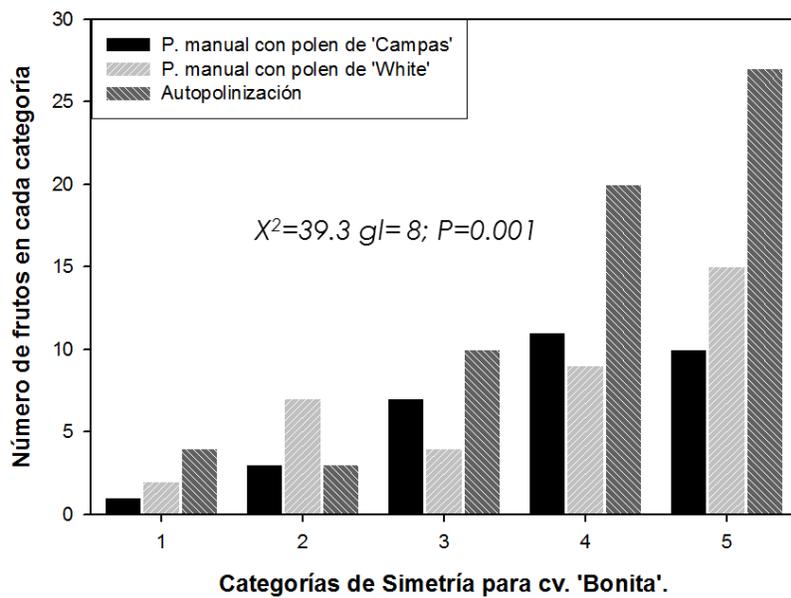


Figura 10. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Bonita'. Ciclo 2011.



6.2. CICLO 2012.

Los resultados obtenidos en el segundo ciclo de trabajo confirman que la fuente de polen tiene un efecto significativo ($P < 0.001$), en el amarre de frutos. En el ciclo 2012, se generaron resultados similares al ciclo 2011, el amarre de frutos en los tres cultivares se mejoró con polinización cruzada, siendo el polen de 'Bonita' el más destacado. Sin embargo el porcentaje de amarre en 'Campas' (75,0%) y 'White' (72,54%) registrado en 2012 fue relativamente menor comparado con el ciclo 2011, donde se presentó un amarre de 85,8 y 87,4% respectivamente. Por el contrario en el cultivar 'Bonita' el porcentaje de amarre se incrementó en el ciclo 2012 (Cuadro 5). Los resultados obtenidos proporcionan evidencias que la polinización cruzada permite un alto porcentaje de amarre de frutos bajo las condiciones climáticas de Coatepec Harinas, México. Además, la superioridad del uso de polen de otra variedad en ambos ciclos contradice los resultados obtenidos por (Richardson y Anderson, 1996) quienes encontraron que el mejor amarre de frutos de chirimoya se obtiene usando polen del mismo cultivar (Cuadro 5). Por el contrario coinciden con los de (Melo *et al.*, 2002), en atemoya (*A. squamosa* x *A. cherimola*), la polinización con polen de *A. squamosa* L. fue más efectiva. Además, la interacción del cultivar con la fuente de polen en ambos ciclos fue significativa al ($P < 0.01$).

Para el ciclo 2012, el mayor porcentaje de amarre de frutos en los tres cultivares se presentó en el horario de la tarde, cuando las temperaturas y humedad relativa registradas en este horario oscilaron entre los 21.3° C a 24.6 y 38,0% a 49,0%, respectivamente (Cuadro 6) Esto puede ser explicado,

porque fue en este horario donde se polinizó con polen recién colectado. Coincidiendo esto con lo reportado por (Richardson y Anderson, 1996), donde la polinización manual de tres cultivares de chirimoya 'White' 'Both' y 'Chafey' se incrementó en el horario de la tarde. Por otra parte, (Duarte *et al.*, 2001) menciona que la polinización manual de atemoya cultivar 'Gefner' con polen recién colectado mejora el amarre de frutos, mientras que la polinización de flores con polen colectado el día anterior es inferior.

La Polinización manual con la fuente de polen de 'Bonita' en el ciclo 2012 destacó sobre el peso medio del fruto, número de semillas por fruto, peso de semillas por fruto y peso de pulpa. Por otra parte el contenido de SST y AT no se vio afectada por la fuente de polen. En 'Campas', 'White' y 'Bonita' el mayor peso de frutos se obtuvo con el polen de 'Bonita', siendo de 655.9g, 656.3g y 615.2g, respectivamente (Cuadro 7). En el ciclo 2011 también se presentó una tendencia similar respecto a esta variable. En ambos ciclos el número de semillas por fruto fue significativamente mayor en aquellos frutos obtenidos a partir de la polinización manual con el polen de 'Bonita' (Cuadro 7).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) y la Acidez titulable de la pulpa en los dos ciclos de evaluación no se vieron afectadas por la fuente de polen (Cuadro 3 y 7) Sin embargo en ambos ciclos el mayor contenido de SST se presentó en el cultivar 'Bonita'. Se observó una relación positiva entre el número de semillas y peso del fruto en todos los cultivares; Campas ($r^2=88.80$), White ($r^2= 81.31$), Bonita ($r^2=88.80$) (Figura 11,12 y 13). No obstante las diferencias

por ciclo de cultivo, se confirmó que la que a medida que aumenta el número de semillas el tamaño del fruto se incrementa.

La simetría del fruto también se vio afectada por la fuente de polen en ambos ciclos. El cultivar 'Campas' presentó mayor número de frutos dentro de la categoría 4 y 5 cuando fue polinizado con polen de 'Bonita' ($X^2=25.45$ $gl=8$; $P=0.001$), pero hubo menor número de frutos dentro de la categoría cinco (10 frutos) comparado con los del ciclo 2011 (Figura 14). Por otra parte en 'White' y 'Bonita' el mayor número de fruto perfectos se obtuvo con polen de 'Bonita' ($X^2=30.5.45$ $gl=8$; $P=0.05$) y 'Campas' ($X^2=23.27$ $gl=8$; $P=0.001$), respectivamente (figura 16 y 17).

Cuadro 5. Porcentaje de amarre de frutos en tres cultivares de Chirimoya obtenido durante dos ciclos del cultivo. Ciclo 2012.

Tratamiento	Amarre de frutos (%)	
	Ciclo 2011	Ciclo1012
Campas x Campas	73.3 b	65.6 b
Campas x White	77.5 b	65.0 b
campas x Bonita	85.8 a	75.0 a
White x Campas	37.5 d	58.0 bc
White x White	75.0 b	60.8 b
White x Bonita	87.4 a	72.54 a
Bonita x Campas	58.6 c	58.6 b
Bonita x White	37.5 d	58.33 bc
Binita x Bonita	47.9.0 c	70.31 a
A	**	**
B	***	***
A*B	**	**

Cuadro 6. Amarre de frutos en los diferentes horarios de polinización en el ciclo 2012.

Cultivares	Fecha de Polinización	Horario de polinización	Temperatura (°C)	H. R (%)	%
					Amarre de Frutos
CAMPAS	29/05/2011	Mañana	27.0	45	55.16 b
	02/06/2011	Medio día	28.3	35	53.16 b
	09/06/2011	Tarde	23.5	49	65.83 a
WHITE	29/05/2011	Mañana	26.0	43	58.16 b
	05/06/2011	Medio día	25.7	43	54.33 b
	02/06/2011	Tarde	21.3	38	69.45 a
BONITA	29/05/2011	Mañana	27.5	48	57,88 a
	02/06/2011	Medio día	26.0	35	56.78 b
	02/06/2011	Tarde	24.6	45	65.37 a
F (trat)	16.19***				
CV	30,25				

Cuadro 7. Tabla 1. Efecto de la fuente de polen sobre las características cuantitativas y cualitativas del fruto en tres cultivares de chirimoya. Ciclo 2012.

Tratamiento	Peso fruto (g)	Número de semillas por fruto	Semillas /100 g de pulpa	Peso semillas por fruto (g)	Peso medio de semillas (g)	Peso pulpa por fruto (g)	S S T (° Brix)	A T (%)
'Campas'x'Campas'	594.0 b	65.1 b	8.2 c	35.0 b	0.52 c	492.2 b	20.0 b	0.55 a
'Campas' x 'White'	497.0 b	58.1 b	8.0 c	29.7. b	0.49 c	373.1 c	20.7 b	0.63 a
'Campas x 'Bonita'	655.9 a	78.5 a	8.5 c	50.4 a	0.51 c	584.1 a	21.0 b	0.57 a
'White' x 'White'	435.0 d	47.0 c	10.8 b	27.3 b	0.54 b	335.1 c	18.8 c	0.59 a
'White' x 'Campas'	424.0 c	53.0 b	9.7 b	30.0 b	0.57 b	413.5 b	18.0 c	0.60 a
'White' x 'Bonita'	656.3 c	66.0 a	11.0 b	55.0 a	0.58 b	575.1 a	19.0 c	0.60 a
'Bonita' x 'Bonita'	400.2 d	60.2 a	13.7 a	48.3 a	0.61 a	567.8 a	23.4 a	0.58 a
'Bonita' x'Campas'	335.7 d	43.8 b	12.9 a	27.5 b	0.62 a	312.9 d	22.0 a	0.54 a
'Bonita' x 'White'	303.4 e	40.3 b	13.0.0 a	25.0 b	0.63 a	309.8 d	24.5 a	0.60 a
<i>C.V (%)</i>	27,42	25,39	25,12	32,21	12,31	26,53	5,01	15,74
<i>Cultivar (C)</i>	***	**	**	**	*	***	***	ns
<i>Fuente de Polen (P)</i>	**	***	ns	*	*	**	ns	ns
<i>CXP</i>	*	**	*	ns	ns	ns	ns	ns

Medias seguidas con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas, Tukey ($P \leq 0.05$) ns, no significativo; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; ***

Figura 11. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'Campas'. Ciclo 2012.

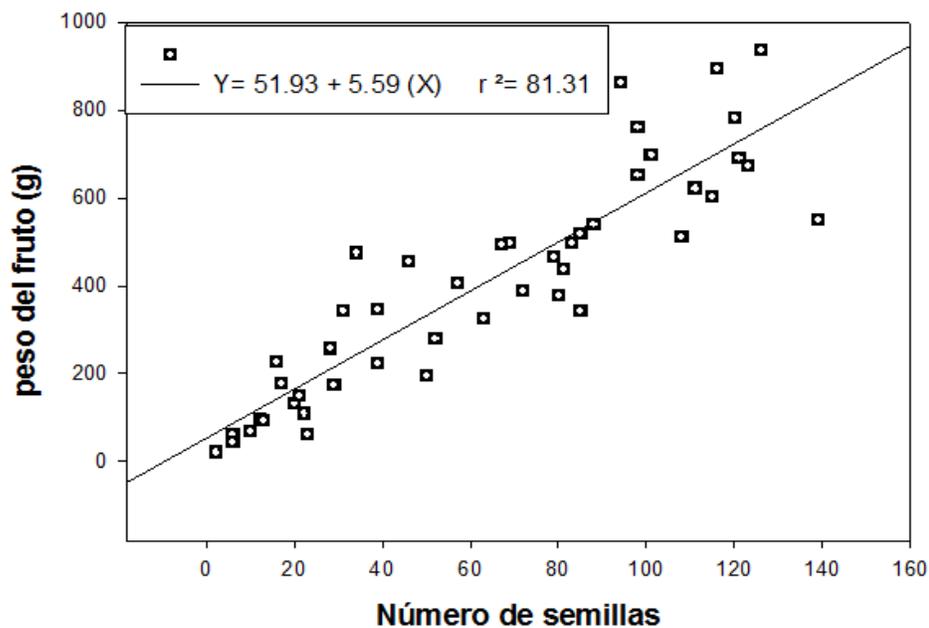


Figura 12. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'White'. Ciclo 2012.

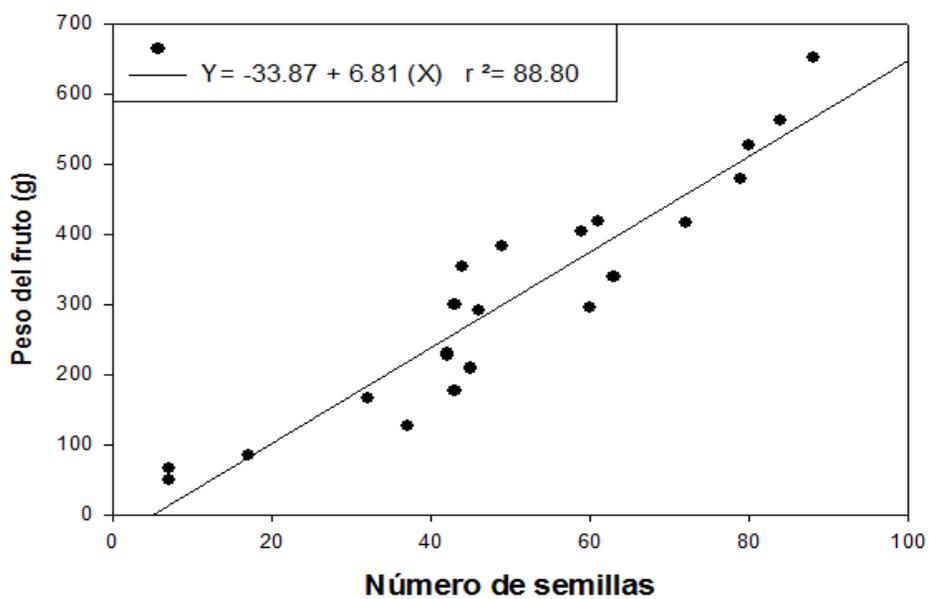


Figura 13. Relación del número de semillas y peso del fruto en cv. 'Bonita'. Ciclo 2012.

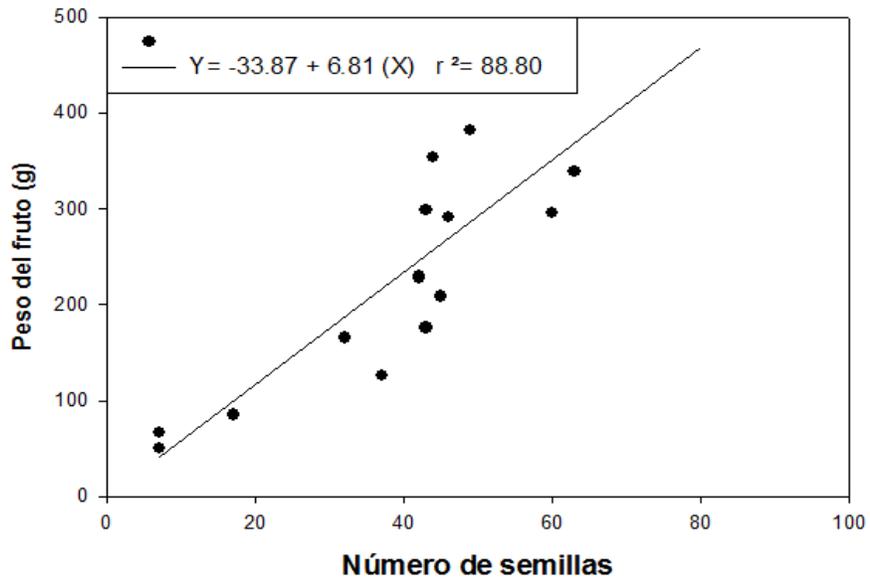


Figura 14. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Campas' durante el ciclo 2012.

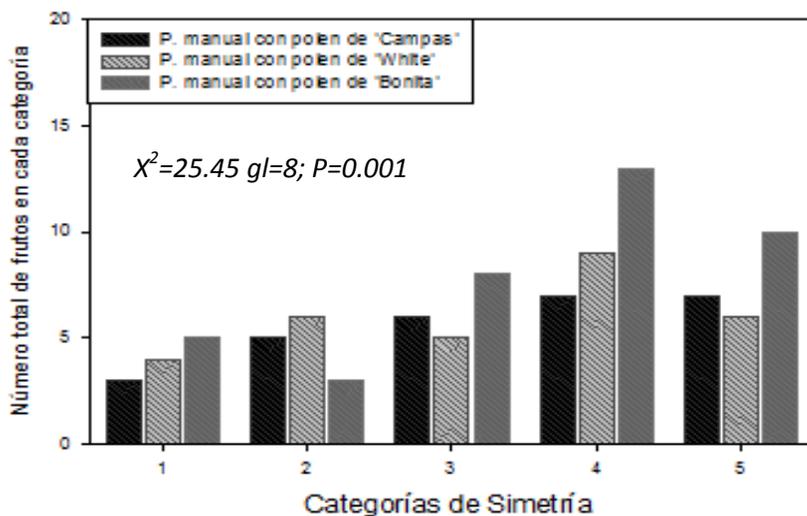


Figura 15. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'White' durante el ciclo 2012.

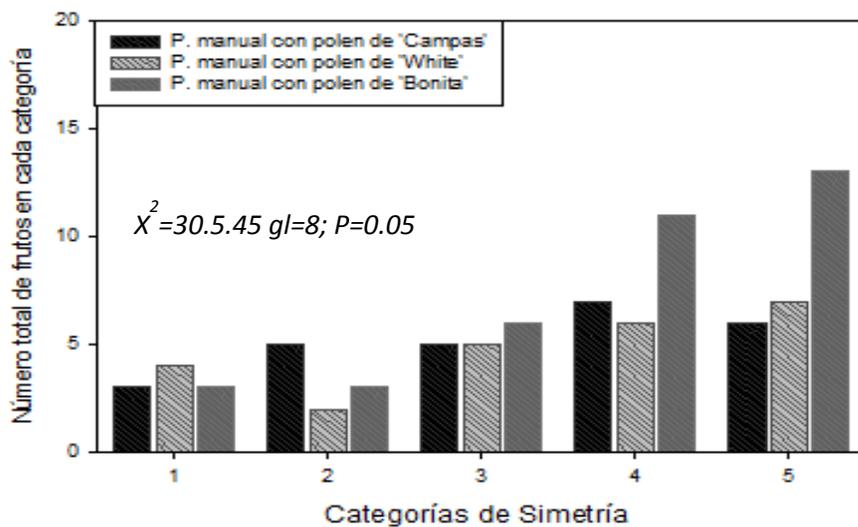
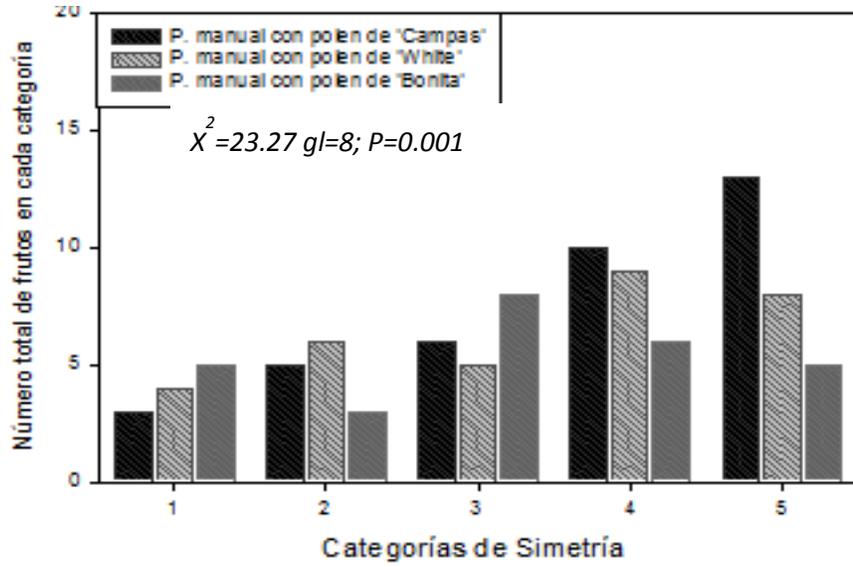


Figura 16. Número de frutos en cada categoría de simetría en el cultivar 'Bonita' durante el ciclo 2012.



VII. DISCUSION GENERAL.

Este proyecto de investigación se realizó durante dos ciclos de producción de chirimoyo. En el primer y segundo ciclo se obtuvieron resultados favorables donde la polinización manual en los cultivares 'Campas' y 'White' incremento el amarre de frutos; siendo la fuente de polen del cultivar 'Bonita' la más eficiente para la producción de frutos en ambos ciclos. Estos resultados son un indicativo de que el polen de 'Bonita' mejora significativamente el amarre e incrementa la producción de frutos, sugiriendo que existe un mayor grado de compatibilidad cruzada entre los cultivares 'Campa' y 'White' y por consiguiente que la fuente de polen tiene un efecto sobre el amarre de frutos. Resultados similares han sido reportados por (Duarte y Escobar, 1997) donde la polinización de chirimoya cultivar 'Cumbe' se incrementó con polen del cultivar 'Bronceada'. De igual forma (Melo *et al.*, 2002), reportó un incremento en el amarre de frutos de atemoya cultivar 'Gefner' con polen de *A. squamosa* L. Además, (Jalikop y Kumar, 2007), al polinizar el cv 'Arka Sahan' [*(A. cherimola* x *A. squamosa)* X *A. squamosa*] con diversas especies de anonas obtuvo mayor amarre de frutos con el polen de *A. squamosa*. Estos resultados sugieren que el número de óvulos fecundados de manera exitosa dependen de la fuente de polen.

En ambos ciclos el amarre de frutos se mejoró cuando la polinización manual se realizó en el horario de la tarde (18:00-20:00 h), lo cual puede ser explicado porque las polinizaciones fueron hechas con polen recién colectado. Estos resultados son similares a los reportados por ((Richardson; Anderson, 1996),

mostrado que el amarre de frutos se incrementa cuando se poliniza con polen recién colectado y que la viabilidad del polen también juega un papel importante en el amarre de frutos. Las temperatura y humedad relativa presentes durante el ciclo 2011 y 2012 oscilaron entre (21.3° C a 24.6 y 38,0% a 49,0%,) y (20,83°C a 21,16°C y 31% a 42), respectivamente. Estas condiciones posiblemente favorecieron la germinación del polen como lo indica (Lora *et al.*, 2007) quienes ponen en evidencia que la viabilidad del polen es superior al 50% cuando las temperaturas se mantienen entre 20 y 27 °C, produciéndose un descenso en la viabilidad a temperaturas inferiores a los 15°C. Por otra parte, (Koura *et al.*, 2001) reportaron que la chirimoya tiene un bajo amarre de frutos cuando las temperaturas oscilan entre los 30°C/25°C debido a la baja viabilidad del polen y a la reducción del fluido viscoso en el cono estigmático. Por otro lado, (Nakasone y Paull, 1998) menciona que porcentajes de humedad relativa ambiental menores a 30% contribuyen a una pobre fecundación.

Por otra parte la fuente de polen empleada en la polinización manual en ambos ciclos tuvo un efecto significativo sobre las características cuantitativas del fruto como: peso del fruto, número de semillas y peso de pulpa. El índice de semillas por fruto no se vio afectado por la fuente de polen en ambos ciclos, pero de manera general el cultivar 'Campas' presento un menor índice de semillas en ambos ciclos. Resultados similares han sido reportados por (Duarte y Escobar., 1997; donde la polinización manual de Chirimoya cultivar 'Cumbe' con diversas fuentes de polen afecto el número de semillas y por consiguiente el peso de los frutos. Por otra parte (Kanh *et al.* 1994) al realizar cruza entre cultivares de

chirimoya encontraron que la fuente de polen tiene un efecto significativo sobre el fruto y características de las semillas.

La producción de frutos con simetría perfecta en los tres cultivares durante los dos ciclos evaluados se obtuvo con polinización cruzada. Siendo el polen de 'Bonita' la más destacada. Resultados similares fueron encontrados por (George *et al.* 1992; Pritchard y Edwards, 2006). Demostrando una asociación positiva entre el número de semillas y simetría del fruto, indicando que para lograr frutos con una simetría perfecta, el número y distribución de óvulos fecundados de manera exitosa juega un papel importante.

VIII. CONCLUSION GENERAL

La polinización de flores de chirimoya inmediatamente después de la colecta de polen fue más efectiva comparada con la polinización realizada al medio día y tarde en los dos ciclos de evaluación, sugiriendo que la viabilidad del polen es una gran limitante en la polinización. El amarre de frutos se incrementó con polinización cruzada más que con autopolinización, siendo la fuente de polen más eficiente la del cultivar 'Bonita'.

De los tres cultivares evaluados 'Campas' presentó mayor producción de frutos al ser polinizada con polen de 'Bonita', además las características del fruto fueron superiores a la de los otros cultivares. Bajo las condiciones de estudio se puede concluir que la polinización manual es necesaria para incrementar la producción y calidad de frutos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, P.E., 1992. Aproximación al periodo de diferenciación floral y descripción de yemas de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) cv. Concha Lisa para la zona de Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 76 pp.
- Alique, R., J. P. Zamorano, M. L. Calvo, C. Merodio, and J. L. De la Plaza. 1994. Tolerance of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) to cold storage. Journal of the American Society for Horticultural Sciences. 119:524-528.
- Amoros, A., P. Zapata, M. T. Pretel, M. A. Botella, and M. Serrano. 2003. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eryobotrya japonica* Lindl.). Food Science and Technology 9: 43-51.
- Anderson P. and Richardson A. 1992. "Cherimoya Pruning Essential for High Quality Fruit." The Orchardist of New Zealand. 28: 32-34.
- Andrés-Agustín J y. A. A. Rebolgar 1996. El cultivo de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill) en el estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. 1 Ed. 62 p.
- Andrés-Agustín J. 1999. Advances in research in genetic resources of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) in Michoacán. State México. Eds.: V V Damme, P V Damme, X Scheldeman. Acta Horticulturae. 497: 189-200.

- Barnabás, B., Kovács, G. 1997. Storage of pollen. In: Shivanna, K.R., Sawhney, V.K. (Eds.), Pollen Biotechnology for Crop Production and Improvement. Cambridge University Press. 323p.
- Bucheri, M. and C. di Vaio. 2004. Relationship among seed number, quality and calcium content in apple fruits. J. Plant Nutr. 27:1735-1746.
- Bukiya, Z.M. 1990. Effect of the pollen of different pollinators on seed weight in early mandarins. Subtropicheskie Kul' tury. 1:67-71.
- Caleca V, Lo Verde G, Ragusa di Chiara S, Tsolakis H. 1999. Effects of release of *Orius leavigatus* (Fieber) (Rhynchota: Anthocoridae) and hand pollination on cherimola (*Annona cherimola* Mill.) fruit production in Sicily. Boletim Zoologia Agraria e di Bachicoltura. 30: 207-212.
- Castañeda A. V. 2005. Catálogo de selecciones y cultivares de chirimoya presente en el banco de germoplasma, Coatepec Harinas, México. SAGARPA. REMA. SNICS. FSSC. UACH.
- Cautín, R. 1998. Floración y polinización. In: Curso de producción de chirimoyas. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía ASOPROEX. La Serena, 17-19 octubre. 38-41 pp.
- Cautín, R., Razeto, B., 1999. Evaluación del comportamiento de yemas de chirimoyo sometidos a tratamientos de floración forzada. In: II Congreso Internacional de Anonáceas, Chiapas, pp. 127–133.

- Cautin, R., and Agustí, M. 2005. Phenological growth stages of the cherimoya tree (*Annona cherimola* Mill.). *Scientia Horticulturae*. 105: 491-497.
- Chandler, W. 1962. *Frutales de hoja perenne*. Ciudad de México, México. UTEHA. 666 p.
- Chatrou L. W. 1999. "The *Annonaceae* and the *Annonaceae* Project: A Brief Overview of the State of Affairs". *Acta Horticulturae*. 497:43-49.
- Cogez X. and J. P. Liannaz. 1994. Hand pollination in sugar Apple. *Fruits*. 49:359-360.
- Cogez X. and J. P. Liannaz. 1994. Hand pollination in sugar Apple fruits. 49: 359-360.
- Cresti M, y Tiezzi A. 1992. Pollen tube emission, organization and tip growth. En: *Sexual plant reproduction*, M. Cresti y A. Tiezzi (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 89-98.
- Dag, A. and Y. Mizrahi. S. 2005. Effects of pollination method on fruit set and fruit characteristics in vine cactus *Selenicereus megalanthus* ('yellow pitaya'). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 80:618-622.
- Da Silva-Campos R.; Pinto De Lemos E.E.; Figuered De Oliveira J.; Pereira De Fonseca, F.K.; Dias-Santiago, A.; Barros, P.G. Polinização natural, manual e autopolinização no pegamento de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.) em Alagoas. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26: 261-263, 2004.

- Denney, J. O. Xenia includes metaxenia. Hortscience, Alexandria. 27: 722-728, 1992.
- Duarte O, Escobar O. 1997. Mejora del cuajado de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv Cumbe, mediante polinización manual autógena y alógama. Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture. 41:162-165.
- Elías R D y Cruz-Castillo J. G. 2002. Chirimoya: investigación Agronómica en México., p.101-118. In Cruz-Castillo J G, Torres-Lima P A (eds) Frutales para México, contribuciones del Caribe y Sudamérica. México, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, 334p.
- Farré J. M., Hermoso J. M., Guirado E. and Garcia-Tapia J. 1999. "Techniques of Cherimoya Cultivation in Spain." In: Proceedings of the First International Symposium on Cherimoya. Edited by V. Van Damme, Van Damme P. and Scheldeman X. ISHS, Loja, Ecuador. Acta Horticulturae. 497 : 91-103.
- Farooqi A. A., Parvatikar S. R. and Nalawadi U. G. 1970. "Preliminary Studies on the Problem of Fruit Set in *Annona reticulata* L." *The Mysore Journal of Agricultural Sciences* 4: 44-53.
- Franco-Mora, O., Jasso- Mata J., Saucedo-Veloz C. y García-Villanueva E.2001. Crecimiento y calidad de frutos de *Annona muricata* L. con diferente intensidad de polinización. Revista Fitotecnia Mexicana. 24:139-144.

- Fosket D.E. 1994. Plant growth and development. A molecular approach. Academic Press. University California. Riverside. 580 pp.
- Gardiazábal, F. 1986. Polinización en chirimoyo. *Frutícola*. 7 (2): pp 59-61.
- Gardiazábal, F., y G. Rosenberg. 1993. El cultivo del chirimoyo. 145 p. Ed. Universitarias de Valparaíso, UCV, Valparaíso, Chile.
- Gazit, S., I. Galon and H. Podoler. 1982. The role of nitidulid beetles in natural pollination of *Annona* in Israel. *J. Amer. Society. Horticultural Sciences*. 107: 849-852.
- George, A. P y Campbell. J. 1991. Hand pollination in subtropical Australia. *California Grower* 15: 36-38p.
- George A P, Nissen R J, Iroside D A, Anderson P. 1989. Effects of nitidulid Beetles on pollination and fruit set of *Annona* sp hybrids. *Scientia Horticulturae*. 39:289-299.
- George A. P., Broadley R. H., Nissen R. J., Hamil S. D. and Topp B. L. 1999 "Breeding Strategies for Atemoya and Cherimoya. *Acta Horticulturae* 497: 255-260.
- George, A. P.; Nissen, R. J.; Campbell, J. A. 1992. Pollination and selection in *Annona* species (cherimoya, atemoya and *sugar apple*). *Acta Horticulturae*. 321:178-185.

- George, A.P.; Broadley, R.H.; Nissen, R.J.; Hamill, S.D.; Drew, R. 2002. Breeding new varieties of atemoya (*Annona* spp. Hybrids). *Acta Horticulturae*. The Hague 575: 323-328.
- Gil-Albert, F. 1980. Tratado de arboricultura frutal. Vol. I. Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 103 pp.
- González, M. 2007. Biología reproductiva, polinización y fructificación en chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Tesis doctoral. Universidad de Almería. 188 pp.
- Gonzalez, M.; Cuevas, J. 2008. Optimal crop load and positioning of fruit in chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) trees. *Scientia Horticulturae*. 115:129-134.
- Goud, S.I., K.Giriraj, and S. Vijayakumar. 2002. Studies on immediate effect of foreing pollen (xenia) on resulting F₀ seed characteristics in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 23:59-64.
- Grossberger D. 1999. The California cherimoya industry. *Acta Horticulturae*. 497:119-130.
- Guirado S. E., J. M. Hermoso González, M. A. Pérez de Oteyza, J. García-Tapia Bello y J.M. Farre´ Massip, 2001. Polinización del Chirimoyo. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía Sevilla (España), p. 52.
- Guirado S. E., J. M. Hermoso, M. A. Perez de Oteyza y J. M. Farre. 2003. Introducción al cultivo de chirimoyo. Editorial caja rural de Granada. Granada, España. 78 p.

- Gutiérrez, J. M. Sola, L. Pascual, and A. Vargas. 1994. Postharvest change of sugar concentrations in chilled injured chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Journal of plant Physiology*. 143: 337-343.
- Hanna, W.W., Towill, L.E., 1995. Long-term pollen storage. *Plant Breeding Review* 13: 179-207.
- Hermoso, J.M.: Perez de Oteyza, A. Y Farre, J.M. 1997. Estudios sobre polinización del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) España. Congreso internacional de Anonáceas. Chapingo, México, 12 al 14 de noviembre de 1997. pp 157-165.
- Herrero, M. y Dickinson, H. 1981. Pollen tube development in *Petunia hybrida*: changes in the pistil following compatible and incompatible intraspecific crosses. *Journal Cellular Scientia*. 36:1-1.
- Herrero M. 1992. From pollination to fertilization in fruit trees. *Plant Growth Regulation*. 11: 27–32.
- Heslop-Harrison, Y. 2000. Control gates and micro-ecology; The pollen stigma interaction in perspective. *Annual Botany*. 85: 5 -13.
- Higuchi, H., Utsonomiya, N. Sakuratani, T. 1998. High temperature effects on chirimoya fruit set, growth and development under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*. 77: 23-31.
- Hopping, M.E., 1982. Pollination and fruit set of chirimoya. *The Orchardist of New Zealand*, March, 56–58.

- Inagaki, M., 2000. Use of stored pollen for wide crosses in wheat haploid production. Engelmann, F., Tagako, H. (Eds.), Cryopreservation of Tropical Plant Germoplasm. Current Research Progress and Applications. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 130-135.
- Jalilop, S.H.; Kumar, P.S. 2007. Pseudo-xenic effect of Allied Annona spp. Pollen in Hand Pollination of cv. 'Arka Sanh' [(*A. cherimola* x *A. squamosa*)]. Hortscience. 42:1534-1538.
- Jackson, D.I. y Loony, N.E. 2003. Producción de frutas de climas templados y subtropicales. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza. 382 pp.
- Kader, A.A. y Arpaia, M.L.; 2004. Chirimoya, Atemoya y Anona. Postharvest Technology Research Information Center. Consulta el 13 de Marzo del 2013 en http://fvercher.eu/FVERCHER_FILM_PRIMEPRO/chirimoya.pdf.
- Kanh, T.L.; Adams, C.J.; Arpaia, M.L. 1994. Paternal and maternal effects on fruit and seed characteristics in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). Scientia Horticulturae. 59:11-25.
- Koura, S.; Hasewaka, K.; Susuki, H.; Yamamoto, Y.; Yonemoto. 2001. Influence of high temperature and amount of viscous fluid on surface of pistils on the fruit set of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). Japanese Journal of Tropical Agriculture. 45:275-280.
- Lee, T. D. Patterns of fruit and seed production. In: LOVETT DOUST, J.W. (Ed.). Plant Reproductive Ecology. Oxford University Press, Oxford, UK, 1988, p.179-199.

- Lizana L. A. y Reginato, G. 1990. The Cherimoya. In: *Fruits of tropical and Subtropical Origin: Composition, Properties and Uses*. Edited by S. Nagy, Shaw P.E. and Wardowsky, W. F. Florida Science Source, Lake Alfred, Florida, USA. pp. 131-148.
- Lora, M.A., Perez, O.; Funteaja, P.; Hormaza, J.I. 2006. Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollen. *Scientia Horticulturae*. 108: 91-94.
- Melo, M.R.; Valdevino, P.C.; Kavati, R. 2002. Polinização artificial da atemóia com diversas fontes de pólen comparada com a natural. *Bragantia*. 61:231-236.
- Merodio, C., and J. L. De la Plaza. 1997. Cherimoya. In: *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. Mitra S. Ed. CAB International. Wallingford, UK. pp: 269-293.
- Manica I. 1997. "Taxionomia, Morfología and Anatomia" [Portuguese]. En: *Proceedings of I Brazilian Simposium on Annonaceous*. Edited by A. R. Sao Jose, Souza I. V. B., Morais O. M. and Reboucas T. N. H. Universidad Estadual do Sudoeste da Bahia, Depto de Fitotecnia e Zootecnia. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil: pp. 20-35.
- Monroy R. y L. M. Marroquín A. (comps). 2008. *Anonáceas. Un recurso para el desarrollo sustentable. Memoria V del Congreso Nacional de Anonáceas*, Cuernavaca, Morelos.

- Morton, J. F. 1987. Fruits of warm climates. Curtis F. Ed. Dowling. U. S. A. 505 p.
- Mulcahy, G.B., Mulcahy, D.L. 1988. The effect of supplemented media on the growth in vitro of bi- and trinucleate pollen. *Plant Science*. 55: 213-216.
- Nakasone H. Y. and Paull R. E. 1998. "Annonas." In: *Tropical Fruits*. Edited by H. Y. Nakasone and Paull R. E. CAB International, London, UK: pp. 45-75.
- Nava D., C. 1997. Problemas parasitológicos del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México: 82 p.
- Nomura, K.; Terai, H.; Yabe, K.; Maeda, M.; Rahman, M.S.M.; Yoshida, M. y Yonemoto, J.Y. 1997. Comparison of changes in sugars and ethylene production of cherimoya fruit grown at different seasons. *Journal of Horticultural Science*. 72:617-622.
- Ozga, J.A., R.V. Huizen, and D.M. Reinecke. 2002. Hormone and seed-specific regulation of pea fruit growth. *Plant Physiology*. 128:1379-1389.
- Paull R. E. 1993. "Soursop Fruit Ripening-Starch Breakdown." *Acta Horticulturae*. 269 : 277-281.
- Peña, J.E., H. Nadel, M. Barbosa-Pereira, and D. Smith. 2002. Pollinators and pest of *Annona* species, p. 197-221. In: J.E. Peña, J.L. Sharp, and M. Wysoki (eds.). *Tropical fruit pest and pollinators*. CAB Intl. Pub., U.K.

- Pritchard, K.D.; Edwards, W. 2006. Supplementary pollination in the production of custard Apple (*Annona* sp.) -The effect of pollen source. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 8:78-83.
- Raven, P. H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. *The Biology of Plants*. W.H. Freeman and Company Publishers, New York, USA, 1999, 543p.
- Richardson, A.C.; Anderson, P.A. 1996. Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit in a humid climate. *Scientia Horticulturae*. 65:273-281.
- Rosa-Melo M, Valdevino-Pommer C, Kavati R 2002 Polinização artificial da atemóia com diversas fontes de pólen comparada com a natural. *Bragantia*. 61:231-236.
- Rosell, P. y Galán Sauco, V. 1999. Pollen germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill). In vivo characterization and optimization of in vitro germination. *Scientia Horticulturae*. 3: 251-265.
- Rosell P, Galan-Sauco V, Herrero M. 2006. Pollen germination as affected by pollen age in chirimoya. *Scientia Horticulturae*. 109:97-100.
- Rubí A. M. 1994. Polinización manual de chirimoya y su relación con amarre, tamaño del fruto y rendimiento. Memoria 1994. Fund. S. Sanchez Colín-CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 161-169.
- Sanzol, J., Herrero, M., 2001. The “effective pollination period” in fruit trees. *Scientia Horticulturae*. 90: 1–17.

- Sagarpa (2005). Centro de Estadística Agropecuaria (C.E.A.) Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. (SIACON). Versión 1.1.
- Saavedra, E. 1977. Influence of pollen grain stage at the time of hand pollination as a factor on fruit set of cherimoya. *Hortscience*. 2: 117-118.
- Sansol, J. y Herrero, M. 2001. The effective pollination period in fruit trees. *Scientia Horticulturae*. 90:1-17.
- Schroeder, C.A.1946. Hand pollination effects in the cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *California Avocado Society Yearbook*. 26: 94-98.
- Shivanna, K.R., Linkens, H.F., Cresti, M., 1991. Pollen viability and pollen vigor. Theory. Applications. *Genetics*. 81: 38–42.
- Soler, L., Cuevas, J., 2008. Development of a new technique to produce winter cherimoyas. *Horticultural Technology* 18: 24–28.
- Soler, L. y Cuevas, J. 2008. Early flower initiation allows ample manipulation of flowering time in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Scientia Horticulturae*. 121: 327-322.
- Soria, J., J. Hermoso, y J. Farré. 1990. Polinización artificial del chirimoyo. *Fruticultura Profesional*. 35: 15-22.
- Soria, J.T.; Hermoso, J.M y Farré, J.M 1993. Estudios sobre polinización natural del chirimoyo. Efectos de la plantación intercalar de maíz en distintas zonas ecológicas. II Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Tomo 1: 147-149.
- Strassburger, E. 1974. Tratado de Botánica. 6º ed. Barcelona. Marín. 799 pp.

- Thakur, D. R. and Singh, R. N. 1965. Studies on floral biology of *Annona*. Indian. Journal.Horticulturae. 22: 238-55.
- Tsou, C.-H., Fu, Y.-L. 2002. Tetrad pollen formation in *Annona* (Annonaceae): Proexine formation and binding mechanism. American. Journal of Botany. 89: 734–747.
- Usman, I., Mamat, A., Zain, H and Anuar, A. 1999. The nonimpairment of pollination and fertilization in the abscission of chili (*Capsicum annum* L. VarKulai) flowers under high temperature and humid conditions. Scientia Horticulturae. 79:1-11.
- Van-Damme P. and Scheldeman, X. 1999. Desarrollo comercial de la cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) en América Latina. Acta Horticulturae. 497:29-41.
- Vanhove W. 2008. Descriptores para chirimoyo. Ghent University Faculty of Bio-Science. Engineering Departamente of Plant Production Laboratory of Tropical and Subtropical Agriculture and Ethnobotany Coupure 52 p.
- Voyiatzis, D. G.; Paraskevopoulo-Paroussi, G. 2002. Factors affecting the quality and in-vitro germination capacity of strawberry pollen. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 77: 200-203.
- Wallance, H. M.; Lee. L. S. 1999. Pollen source, fruit set and xenia in mandarins. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 74: 82-86, 1999.

Worrell, D.B.; Carrington, C.M. y Huber, D.J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*. 57: 7-15.