

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“DOS MÉTODOS DE POLINIZACIÓN MANUAL DURANTE EL  
CICLO DE APERTURA FLORAL EN CHIRIMOYA (*Annona  
cherimola* Mill.) ECOTIPO ‘CUMBE’”**

PRESENTADO POR:

JORGE JOAQUIN APOLINARIO VENTOCILLA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRONOMO**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“DOS MÉTODOS DE POLINIZACIÓN MANUAL DURANTE EL  
CICLO DE APERTURA FLORAL EN CHIRIMOYA (*Annona  
cherimola* Mill) ECOTIPO ‘CUMBE’”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**JORGE JOAQUIN APOLINARIO VENTOCILLA**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

---

Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos  
**PRESIDENTE**

---

Dr. Jorge Alberto Escobedo Álvarez  
**ASESOR**

---

Ing. José Alfredo palacios vallejo  
**MIEMBRO**

---

Ing. Guillermo José Parodi Macedo  
**MIEMBRO**

**LIMA-PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicado a mi padre, quien me enseñó que la mejor herencia es la educación y que el mejor regalo es aquello que se aprende por sí mismo. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que sin valores, todo vale nada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por permitirme alcanzar mis sueños.

A mis padres, Jorge y Marcelina quien con sus sacrificios hicieron posible este proyecto. A ellos gracias, por sus elogiabes ideales que sembraron en mí, para convertirse hoy en fruto de sus esfuerzos.

A mis hermanas, Soledad, Clorinda, Rosa y en especial a Cecilia por sus apoyos brindados en su momento, para el cumplimiento de esta meta.

A Rosmery, por su apoyo y soporte durante todo el trayecto de la tesis.

Ami asesor, Dr. Jorge Alberto Escobedo Álvarez, por su apoyo incondicional de orientación profesional y personal.

Ami presidente de tesis, Dr. Jorge E. Jiménez Dávalos y mis miembros del jurado, Ing. José A. palacios vallejo y Ing. Guillermo J. Parodi Macedo, por sus tiempos compartidos.

## INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.3. Descripción botánica de la planta.....	5
2.3.1. Árbol.....	5
2.3.2. Sistema radicular.....	5
2.3.3. Hoja .....	5
2.3.4. Flor .....	5
2.3.5. Fruto .....	6
2.3.6. Las yemas .....	6
2.4. Biología reproductiva .....	7
2.4.1. Comportamiento dicógámico durante el desarrollo y apertura floral.....	7
2.4.2. Receptividad de la flor.....	9
2.4.3. Viabilidad y germinación del grano de polen del chirimoyo.....	10
2.5. Polinización natural .....	11
2.6. Polinización manual o asistida.....	12
2.7. Costo de polinización .....	14
2.8. Clasificación de los frutos.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Materiales .....	18
3.1.1. Material biológico.....	18
3.1.2. Materiales de campo.....	18
3.2. Localidad experimental.....	19
3.3. Antecedentes del huerto.....	19
3.4. Detalles de la metodología y procedimientos usados en la investigación.....	20
3.4.1. Horario de polinización durante el ciclo de apertura floral: ocho niveles.....	20
3.4.2. Método de polinización: dos niveles.....	22
3.5. Instalación del ensayo.....	23
3.5.1. Selección de plantas.....	23
3.5.2. Aplicación de la polinización asistida.....	24

3.5.2.1. Obtención de polen.....	24
3.5.2.2. Selección de flores a polinizar.....	24
3.5.2.3. Preparación de polen a emplear.....	24
3.5.2.4. Detalles de las modalidades de polinización estudiadas.....	25
3.6. Evaluaciones.....	25
3.6.1. Porcentaje de cuajado de frutos.....	26
3.6.2. Forma del fruto cosechado .....	26
3.6.3. Peso del fruto cosechado.....	27
3.6.4. Aspecto de la superficie del fruto cosechado.....	27
3.6.5. Clasificación comercial del fruto cosechado.....	29
3.6.6. Costo de polinización según método.....	30
3.6.7. Gasto de la mezcla polen talco según la técnica de polinización.....	30
3.7. Análisis estadístico .....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	31
4.1. Porcentaje de cuajado de frutos.....	31
4.2. Forma del fruto cosechado .....	33
4.3. Peso del fruto cosechado.....	34
4.4. Aspecto superficial del fruto cosechado.....	36
4.5. Clasificación del fruto cosechado.....	38
4.6. Costo de polinización.....	38
4.6.1. Colecta de flores para extraer polen .....	38
4.6.2. Extracción del polen.....	39
4.6.3. Otras actividades.....	39
4.6.4. Costo de aplicación con el método del insuflador.....	40
4.6.5. Costo de aplicación con el método del pincel.....	40
4.6.6. Costo total de polinización según método.....	40
4.6.7. Gasto de polen.....	42
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES .....	45
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	46
VIII. ANEXO.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Etapas florales mencionados por los diferentes autores.....	8
Cuadro 2: Eficiencia en el Cuajado según ciclo floral y horario de polinización con polen extraído en estado macho y conservado en frío .....	13
Cuadro 3: Clasificación de los frutos según su forma superficial.....	15
Cuadro 4: Calibre de frutos de chirimoya según su peso.....	16
Cuadro 5: Clasificación de los frutos según sus características específicas.....	16
Cuadro 6: Clasificación de los frutos según su peso.....	17
Cuadro 7: Descripción de los tratamientos.....	23
Cuadro 8: Características físicas según categoría o calibre de comercialización.....	29
Cuadro 9: Costo de colecta de flores para extracción de polen por flor.....	39
Cuadro 10: Costo de extracción de polen por flor.....	39
Cuadro 11: Costo de aplicación por flor con el método del insuflador. ....	40
Cuadro 12: Costo de aplicación por flor con el método del pincel.....	40
Cuadro 13: Resumen de Costos promedio de polinización por flor para cada método de polinización .....	41
Cuadro 14: Número de flores que se polinizan con el polen de una flor.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pincel número.....	18
Figura 2: Insuflador.....	18
Figura 3: Primer día del ciclo floral (6 - 7 am).....	21
Figura 4: Primer día del ciclo floral (9 – 10 am).....	21
Figura 5: Primer día del ciclo floral (12 m – 1 pm).....	21
Figura 6: Primer día del ciclo floral (3 – 4 pm).....	21
Figura 7: Segundo día del ciclo floral (6 – 7 am).....	22
Figura 8: Segundo día del ciclo floral (9 – 10 am).....	22
Figura 9: Segundo día del ciclo floral (12 m – 1 pm).....	22
Figura 10: Segundo día del ciclo floral (3 – 4 pm).....	22
Figura 11: fruto cuajado de un mes de edad.....	26
Figura 12: Fruto formado.....	27
Figura 13: Fruto regularmente formado.....	27
Figura 14: Fruto deformado.....	27
Figura 15: Fruto liso.....	28
Figura 16: Fruto medianamente.....	28
Figura 17: Fruto medianamente “tetudo”.....	28
Figura 18: Fruto “tetudo”.....	28
Figura 19: Cuatro frutos clasificados comercialmente.....	29
Gráfico 1: Porcentaje de frutos cuajados con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.....	31
Gráfico 2: Grado de formación promedio del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.....	33
Gráfico 3: Peso promedio del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.....	36
Gráfico 4: Aspecto superficial del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.....	37
Gráfico 5: Categoría comercial promedio del fruto con dos métodos aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.....	38

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de variancia del Porcentaje de frutos cuajados de ocho diferentes horarios de polinización durante el ciclo floral femenino, aplicando dos métodos de polinización manual (insuflador, pincel).....	49
Anexo 2: Prueba de Duncan del Porcentaje de frutos cuajados de ocho diferentes horarios de polinización durante el ciclo floral femenino, aplicando dos métodos de polinización manual (insuflador, pincel).....	49
Anexo 3: Análisis de la “variable forma del fruto” mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	50
Anexo 4: Análisis de variancia del peso del fruto cosechado.....	50
Anexo 5: Prueba de Duncan del peso del fruto cosechado.....	51
Anexo 6: análisis de la variable “textura superficial del fruto” mediante la prueba de Kruskal – Wallis.....	51
Anexo 7: Análisis de la variable “clasificación comercial del fruto cosechado” mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	52
Anexo 8: temperatura y humedad relativa bajo sombra durante los horarios de polinización .....	53

## RESUMEN

Se realizó el presente trabajo para determinar el momento más adecuado de polinización durante el ciclo dicogámico de la flor del chirimoyo “Cumbe” mediante dos métodos (insuflador, pincel), con el propósito de incrementar los rendimientos de chirimoya y mejorar la calidad de la fruta, para mejorar la competitividad en el mercado, así como contrastar la eficiencia de ambos métodos de aplicación. El estudio se realizó, bajo las condiciones ambientales del Valle de Huacán, Distrito de Ámbar, Provincia de Huaura, Departamento de Lima, lugar donde se localiza la parcela del agricultor Jorge A. Apolinario Córdova.

La polinización natural bajo las condiciones ambientales del campo de investigación, fueron nulas, esto indica, la baja o nula presencia de polinizadores naturales y el estricto funcionamiento dicogámico de las flores. Con ambos métodos (pincel e insuflador), se obtienen mejor peso (437.6 a 675.1 gramos) polinizando de 6 am a 1 pm en el primer día y de 6-10 am para el segundo día del ciclo floral, el peso y la forma del fruto son las variables que permiten identificar el momento u horario más oportuno (6-10 am) para la polinización, pero no garantiza la obtención de frutos de primera calidad, debido a que, la clasificación comercial de los frutos depende también del aspecto superficial y este parece no estar relacionado con los horarios de polinización. De acuerdo a los resultados, polinizando de 6-4 pm y de 6-10 am del primer y segundo día del ciclo floral se pueden obtener porcentajes de cuajados de 71.9 a 85.5 por ciento, pero esto no asegura un porcentaje alto de frutos grandes y formados, ya que, estos dependen del número de óvulos fecundados. Estadísticamente da igual polinizar con el método del insuflador o pincel dentro de un mismo horario. El costo de aplicación por flor con el insuflador (5.463 céntimos) es inferior al del pincel (5.875 céntimos).

Palabras clave: *Annona cherimola* Mill; Polinización manual; Método de polinización; Horarios de polinización; Costo de polinización; Gasto de polen.

## I. INTRODUCCIÓN

El chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) se cataloga como originario de los valles interandinos de Ecuador y Perú, se puede encontrar de forma silvestre y cultivada en altitudes de 1.500 y 2.200 msnm (Rosell et al., s.f.).

Por sus características apetecibles la chirimoya ha sido acogida por un grupo creciente de consumidores en todo el mundo, por ello, es necesario aumentar su producción. Perú posee un área sembrada que oscila alrededor de las 3609 ha, así mismo bordea una producción anual de 25594 t anuales, alcanzando una producción promedio de 7.1 t/ha (MINAGRI, 2018). Flores (2013), menciona que en el Perú 19 regiones producen chirimoya de forma comercial, concentrándose la mayor producción en las regiones de Lima (36.3%), Cajamarca (25.9%), Piura (8.9%), Junín (4.8%) y Apurímac (4.7%).

El bajo rendimiento de la chirimoya se debe principalmente a una ineficiente polinización natural. En el Perú, aún no se ha estimado el porcentaje de cuajado de forma natural. En España la estación experimental “La Mayora”, sostiene que con cuajados de 1 a 2 por ciento se lograría una producción promedio de 5 t/ha y con cuajados de 6 por ciento se obtendrían rendimientos de 15-18 t/ha. Así mismo, sostiene que, aunque la polinización natural sea suficiente para un buen rendimiento los frutos obtenidos en su mayoría resultan deformes (Guirado et al., 2001).

A pesar de que el chirimoyo produce flores perfectas, necesita obligatoriamente de un polinizante, puesto que, presenta un problema de dicogamia. En la actualidad el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2011) ha realizado ensayos de polinización manual, logrando incrementar la producción, sin embargo aún falta pulir este método. Actualmente la técnica de la polinización manual se está diseminando en todo el Perú, pero, parece no ser suficiente para lograr los estándares de calidad para la exportación, la técnica es buena pero se debe mejorar la forma de utilizarla. Faltando estudios que determinen los momentos de polinización óptimos u oportunos durante el ciclo de

apertura de la flor, es necesario estimar las horas en las cuales se debe realizar la polinización para la obtención de mayor éxito en el porcentaje de cuajado con frutos de calidad.

En el Perú, los valles que cultivan chirimoya mediante polinización manual, hacen uso de una perilla pulverizadora, sin embargo, el pincel es una alternativa que ha sido evaluado por el INIA, pero que, en la actualidad no se ha implementado en campos de producción. Una comparación entre el uso del pincel y la perilla pulverizadora en campo es necesaria, debido a que, el pincel podría distribuir mejor el polen dentro de la masa estigmática, pero a su vez, podría dañar los pistilos de la flor, por otro lado, la perilla pulverizadora, al expulsar el polen por un microtubo ocasiona que el polen no sea esparcido con amplitud por lo cual no todo el cono estigmático recibe polen.

Con el propósito de aportar a un manejo más eficiente del cultivo de chirimoyo para mejorar la competitividad en el mercado, se realizó el presente trabajo buscando determinar el momento más adecuado durante el ciclo dicogámico de la flor, para realizar la polinización manual y determinar la eficacia de dos métodos diferentes de aplicación del polen bajo las condiciones ambientales del Valle de Huacán, Distrito de Ámbar, Provincia de Huaura, Departamento de Lima.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

El chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) pertenece a la familia *Annonaceae*. De acuerdo con Correa y Bernal (1989), Calzada (1993), CRFGA (1996) y Bydekerke et al. (1998), citados por Duran et al. (2006), su origen se sitúa en los valles subtropicales de la zona andina de Sudamérica (Bolivia, Ecuador y Perú), donde crece espontáneamente en un rango amplio de altitud que fluctúa entre los 1300 y 2200 msnm. El origen del chirimoyo aún no está definido, debido a que, el gran bagaje genético de anonas en Mesoamérica y Sur América han hecho difícil determinar el centro de origen, pudiendo así, ser originaria de las tierras altas de Mesoamérica o de la región andina comprendida entre Perú y Ecuador; las evidencias registradas en ambos países por bosques naturales son dudosa ya que las especies de *Annona* tienden a adaptarse fácilmente al ecosistema que lo rodea. En la actualidad se pueden apreciar campos de chirimoyos a 240 msnm, cultivándose ampliamente en las zonas subtropicales de América, África, Asia, Oceanía y Europa (León 1987, citado por Castro 2007).

La familia *Anonoceae* comprende alrededor de 2500 especies agrupadas entre 130 y 140 géneros constituidos por árboles y arbustos, distribuidos en las regiones tropicales de América, Asia y Madagascar. Se cree que solo cuatro géneros de esta familia producen frutos comestibles: *Annona*, *Rollinia*, *Uvaria* y *Ansimina*, catalogándose *Annona* y *Rollinia* como los más significativos desde el punto de vista comercial. El género *Annona spp*, consta de 120 especies, de estas, 20 se cultivan con fines económicos, destacando las especies de: *Annona cherimola* Mill, *Annona squamosa*, *Annona muricata*, Atemoya (*Annona cherimola x Annona squamosa*) y *Annona reticulata* como las especies más cultivadas (Gonzales 2013).

El nombre chirimoya proviene del quechua, lengua nativa de los andes peruanos, esta palabra es traducida como semilla fría (“chiri significa frio y “moya” semilla).

En las excavaciones realizadas en Chavín de Huantar por el arqueólogo peruano Luis Guillermo Lumbreras, encontraron vestigios de alfarería con formas de la chirimoya, todo ello indicaría que en el Perú ya se cultivaba el chirimoyo en la época incaica.

Las flores del chirimoyo son hermafroditas con funcionamiento dicogámico y protógineo, mecanismo que evita la autofecundación. La carencia de polinizadores naturales y la limitada sobreposición en la disponibilidad de los sexos de la flor determinan que la producción comercial de chirimoyo requiera de polinización manual, para elevar la producción y disminuir el número de frutos deformes producidos por una polinización parcial (Lora et al. 2006).

## 2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Gonzales (2013), indica que la familia *Annonaceae* es la más amplia dentro del sub orden Magnoliales, así como la más primitiva de las angiospermas, encontrándose distribuida en áreas tropicales y sub tropicales; en América (900 especies), África (450 especies), y Australia (1200 especies). Este mismo autor señala la siguiente clasificación taxonómica para el chirimoyo:

Reino	:	Vegetal
Sub-reino	:	Embriophyta
División	:	Spermatophyta
Sub-división	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Orden	:	<i>Ranales</i>
Suborden	:	magnoliales
Familia	:	<i>Annonaceae</i>
Subfamilia	:	Annonoideae
Género	:	<i>Annona</i>
Especie	:	<i>Annona cherimola</i> Miller
Nombre común	:	Chirimoya

## **2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA**

### **2.3.1. Árbol**

El chirimoyo es una planta arbórea gigante de hasta ocho metro de altura, de hojas caducas con capacidad para adaptarse a climas templados de baja precipitación propias de su origen, amante de la alcalinidad, que en condiciones naturales, crece lateralmente en forma de copa redondeada de diámetros de cuatro metros a más, con tallos cilíndricos y cortezas gruesas de color grisáceo (Guzmán 1951, Castro 2007). Así mismo, Guirado et al. (2001) mencionan que para fines de manejo comercial con uso de polinización dirigida es conveniente mantener el árbol alrededor de los 2.5 m de altura haciendo uso de podas drásticas.

### **2.3.2. Sistema radicular**

Guzmán (1951) indica que, las raíces de chirimoyo pueden llegar a medir más de seis metros de longitud y que además poseen la capacidad para generar brotes aéreos cuando estas están expuestas al medio ambiente. Según Delgado (2005), se puede apreciar tres pisos de raíces a diferentes profundidades.

### **2.3.3. Hoja**

Delgado (2005) y García et al. (2010) mencionan que, las hojas son alternas, simples y enteras de forma oblonga o lanceolada, con una disposición dística, los bordes son enteros, en el envés se pueden apreciar gran cantidad de tricomas, con peciolo corto y hueco en la zona de inserción con el tallo. Por otro lado, en el campo se puede apreciar que el tamaño color y forma de las hojas son característicos de cada grupo o variedad.

### **2.3.4. Flor**

La flor del chirimoyo de 2.5 cm de largo es hermafrodita completa poco llamativa, se origina en yemas de madera de un año de edad a más, pueden estar en grupos de dos a nueve o solitarias, cada flor tiene tres sépalos triangulares con presencia de tres pétalos

grandes y tres pequeños (Calzada 1993, Guirado et al. 2001, Castro 2007). Según, Soler y Cuevas (2009) las flores se forman en los nudos basales del nuevo crecimiento diferenciado, añade que, no existen diferencias en la fecundidad de las flores de yemas de diferentes edades ni en flores situados en diferentes nudos.

La parte femenina de la flor está conformada por numerosos carpelos cuyo número, según la referencia de varios autores, puede variar entre 70 y 300 (Guirado 2001, Delgado 2005, Castro 2007).

### **2.3.5. Fruto**

El fruto de la chirimoya es tipo agregado o sincárpico, que proviene de la fusión de muchos carpelos que fueron fecundados independientemente alrededor de un receptáculo. Por lo general, todo carpelo fecundado produce una semilla, el peso y forma del fruto depende del número de carpelos fecundados. En algunas variedades se da el caso en que el óvulo no es fertilizado, por consiguiente el carpelo correspondiente no se desarrolla, en consecuencia se manifiesta una malformación del fruto. Cada carpelo se manifiesta en la cáscara como una “placa” o areola (Delgado 2005, García et al. 2010). Según Escobar (1996), existe una relación entre el número de carpelos y el tamaño de frutos.

De forma natural los frutos solo se desarrollan cuando existe formación de semillas, sin embargo, autores como, Calzada (1993) y Pino (2008), reportan obtención de frutos partenocárpicos mediante aplicación de giberelinas (250 ppm y 1000 ppm) y citokininas (5 ppm) de forma dirigida hacia el estigma de la flor.

### **2.3.6. Las yemas**

Las yemas son axilares y compuestas, y están completamente cubiertas por la base del peciolo de la hoja que es hueco, lo que significaría que de un mismo punto de inserción nacerían varios puntos de crecimiento que originarían tres y hasta cuatro brotes, las yemas compuestas dan origen a solo brotes, brotes y flores o solo flores (Delgado 2005, Castro 2007). Por otro lado, Soler y Cuevas (2009) indican que en cada ojo axilar existen por lo general de 4 - 5 yemas compuestas más no menos de dos.

## **2.4. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA**

En condiciones naturales la floración y brotación vienen después de la defoliación natural, por lo general las defoliaciones pronunciadas se inician después de finalizar la cosecha, para condiciones del Perú, esto ocurre desde Setiembre hasta Diciembre o Enero en zonas altas (1800 – 2500 msnm), mientras que en zonas bajas (800 – 1800 msnm) tiene lugar desde Julio - Setiembre, razón por la cual las cosechas se acentúan desde febrero hasta julio.

Gracias a la técnica de la polinización asistida y al comportamiento semicaduco del árbol de chirimoyo es posible producir chirimoya fuera de época, para ello se debe inducir la brotación mediante podas y defoliaciones manuales o químicas. Con este sistemas se ha permitido acortar el lapso de tiempo entre la primera y última recolecta de los frutos como consecuencia del tiempo corto de polinización. Para realizar este manejo tecnificado, es necesario conocer la biología floral y reproductiva de la flor.

### **2.4.1. Comportamiento dicogámico durante el desarrollo y apertura floral**

Desde que aparece el botón floral, la flor permanece cerrada durante 25 a 30 días, pudiendo variar con temperaturas y humedades relativas altas o bajas, transcurrido estos días, la flor, por lo general, alcanza su tamaño definitivo, con lo cual los pétalos empezarán a separarse para dar paso a las etapas de apertura floral propias de la dicogamia (Guirado et al. 2001).

Todas las etapas o estados de apertura de la flor se dan dentro de dos días (D1 y D2), iniciando con el estado pre hembra, seguido del hembra o femenino pleno, para finalmente culminar con el estado macho o masculino pleno de la flor, no obstante, algunos autores añaden las etapas de flor cerrada, flor seca y flor polinizada, tal como se muestra en la **Cuadro 1**.

**Cuadro 1: Etapas florales mencionados por los diferentes autores**

Fuente	Día de apertura	Estado floral	Momento o tiempo de duración
<b>Guirado et al. (2001)</b>	D1	Pre hembra	8 o 9 am a 2 o 3 pm
	D1 y D2	hembra	26 a 27 horas
	D2	macho	4 pm a 6 pm
<b>Duran et al. (2006)</b>	Antes D1	Cerrada	15 días
	D1	Pre femenino	
	D1 y D2	Femenino pleno	36 horas
	D2	Masculino pleno	
	Después D2	polinizada	
<b>García et al. (2010)</b>	Antes D1	Cerrada	10 a 15 días
	D1	Pre hembra	5 a 20 horas
	D1 y D2	Hembra	26 a 28 horas
	D2	Macho	Por la tarde D2
	D2	seca	
<b>INIA (2011)</b>	D1	Pre hebra	Primeras horas D1
	D1 y D2	hembra	3 pm D1 a 3 pm D2
	D2	masculino	3 pm a 6 pm

**FUENTE:** Elaborado con base en Guirado et al. 2001, Duran et al. 2006, García et al. 2010, INIA 2011.

- **Flor cerrada:** En esta etapa la flor se encuentra en desarrollo permaneciendo cerrada por 15 días en promedio (Durán et al. 2006).
- **Flor en estado pre hembra:** Etapa que dura en promedio de cinco a siete horas del primer día de apertura floral. Las puntas de los pétalos empiezan a desligarse. Estas flores son receptivas y aptas para la polinización (Guirado et al. 2001).
- **Flor en estado hembra o femenino:** En España, según Guirado et al. (2001), esta fase empieza entre la 13:00 – 14:00 horas del primer día de apertura floral, durando en promedio de 26 a 27 horas, manteniéndose receptiva la flor durante todo este tiempo excepto en las últimas 3 horas, en esta etapa, ocurre la separación

de los pétalos permitiendo la visibilidad de la masa estigmática y el ingreso de algunos pequeños insectos polinizadores como el *orius*. Por otro lado en el Perú el INIA (2011) menciona que, esta etapa empieza alrededor de las 15:00 horas del primer día de apertura floral, momento en el cual aumenta los exudados en los estigmas, considerándose el comienzo de la antesis femenina.

- **Flor en estado macho o masculino:** Guirado et al. (2001) indican que, esta fase ocurre por lo general entre las 16:00 – 18:00 del segundo día del ciclo, pudiéndose adelantar en días calurosos o retrasar en días frescos. En el Perú, en los ensayos realizados por el INIA (2011), en el Distrito de San Mateo de Otao, dicha fase se inicia entre las 15:00 – 18:00 horas del segundo día del ciclo, durante este tiempo ocurre la separación completa de los pétalos, así como la maduración de los estambres.
- **Flor seca:** Independientemente de si los ovarios fueron fecundados o no, los pétalos irán perdiendo humedad y secándose. En caso no hubiese fecundación las flores se secarán y caerán, y de haber cuajado el fruto, transcurrirán de 4-7 meses para la maduración, esto dependerá de la variedad y la temperatura media (García et al. 2010).

#### **2.4.2. Receptividad de la flor**

La receptividad de la flor depende de las secreciones azucaradas de los estigmas para atrapar el polen. Para la adhesión del polen se necesita de cierto grado de humedad en los estigmas, por lo general una flor presenta mayor humedad en horas de la mañana o noche en estados de pre hembra y hembra. Este grado de humedad dependerá de la temperatura, humedad relativa y la intensidad de los vientos (Guirado et al. 2001). Algunos autores mencionan que el plazo máximo de receptividad de los estigmas es de 30 – 34 horas (Guirado et al. 2001, Rosell et al. 2006).

### **2.4.3. Viabilidad y germinación del grano de polen del chirimoyo**

La viabilidad del polen es una limitante para su adecuada germinación (Apolonio et al. 2015). Richardson y Anderson (1996), indican que la viabilidad del polen en lugar de la receptividad del estigma es la mayor limitante para una fecundación exitosa. Los ensayos realizados por Lora et al. (2007), determinaron que la viabilidad del polen es superior al 50 por ciento, con temperaturas de 20°C a 27°C pero se produce un descenso de la viabilidad a temperaturas inferiores a 15°C o superiores a 30°C.

Según Rosell et al. (1999), la germinación del polen de chirimoyo puede ocurrir a partir de 15 min, 30 min, 1 h, 2 h y 5 h después de la polinización. Por otro lado, Gonzales y Cuevas (2006) en estudios realizados para conocer la incompatibilidad en anonáceas encontraron que después de seis horas de realizada la polinización ya se podía ver óvulos fecundados hasta en un diez por ciento y que transcurridos de 6 a 12 horas más, el porcentaje de óvulos fecundados ascendía al 50 por ciento.

El momento de la recolección de la flor y la colecta del polen condiciona su viabilidad y poder germinativo. Según Gonzales et al. (2009?), la viabilidad del polen extraído de flores en el primer día del ciclo floral es mayor que la viabilidad del polen extraído de flores que se encuentran en el segundo día del ciclo floral, por otro lado, según Rosell et al. (2006), la viabilidad del polen de chirimoyo extraído antes de la dehiscencia es de 33 por ciento y de flores dehiscentes 53 por ciento, así mismo señala que después de 20 horas de la dehiscencia, la viabilidad se reduce al cinco por ciento.

Según Rosell et al. (1999), las principales causas que limitan la germinación del polen de chirimoya es su agrupación en tétradas y su limitado rango de temperatura optima (20 – 25 °C). Por ello, la germinación del polen después de la polinización en condiciones in vivo tiene una duración de hasta cinco horas, agrega, que el polen recién dehiscente es capaz de germinar sin pre hidratación hasta antes de dos horas, pasado este tiempo necesitara necesariamente de una pre hidratación debido a su condición tricelular, para su desagregación de las tétradas necesita de una hidratación de hasta cinco horas en condiciones in vivo.

## 2.5. POLINIZACIÓN NATURAL

El fenómeno de la dicogamia que presenta la flor hace imposible que esta se auto polinice, puesto que, cuando los estambres liberan el polen los estigmas ya no se encuentran receptivos, por otro lado, el polen del chirimoyo bastante grande y pegajoso se aglutina con facilidad evitando su traslado con el viento (Guirado et al. 2001).

El cuajado natural en chirimoyo es alrededor del 5 % y que en los lugares de origen de las anonas estas son polinizadas de forma natural por escarabajos (*coleóptera, nitidulidae, curculionidae* y *chrysomelidae*) y hemípteros del genero *orius* (Durán et al. 2006). Una actividad para mejorar la polinización natural, consiste en sembrar maíz dentro del campo de chirimoyos para incrementar la población de *orius*, siempre y cuando las floraciones de ambas especies coincidan en el tiempo (Guirado et al. 2001). Por otro lado, Apolonio et al. (2015) indican que de forma natural se puede obtener resultados de 5 a 10 por ciento de cuajado gracias a los insectos polinizadores. El mínimo cuajado natural depende de las condiciones medioambientales, debido a que, el chirimoyo y sus agentes polinizadores son sensibles al cambio climático (George et al. 1990).

Estudios realizados sobre el efecto de escarabajos nitidulidae en el cuajado natural del chirimoyo, muestran que cuanto mayor es el número de nitidulidae por flor mayor es el porcentaje de frutos cuajados, siempre y cuando la humedad relativa sea mayor al 70 por ciento. La cantidad de nitidulidae que puedan llegar a una flor está condicionado por la temperatura del suelo y la precipitación (George et al. 1989).

Peña et al. (1999), citado por Durán et al. (2006), indican que en Atemoya (*Annona squamosa x Annona cherimola*) y en *Annona squamosa* se ha empleado feromonas o cebos alimenticios para atraer escarabajos (*Carpophilus dimidiatus*, *C. freemani* y *C. mutilatus*) lográndose un incremento positivo en los rendimientos.

## 2.6. POLINIZACIÓN MANUAL O ASISTIDA

La técnica fundamentalmente consiste en colocar manualmente sobre los estigmas receptivos de las flores en su estado femenino, el polen colectado ex profeso para ese fin y por lo general diluido con talco o esporas de *Lycopodium*.

Gonzales y Cuevas (2008), consideran que en España es posible obtener rendimientos de hasta 40 tn/Ha con pesos promedio de 400 gramos por fruto en el cultivar Fino de Jete mediante polinización manual, aun cuando el índice de semillas por fruto se incrementa y algunas chirimoyas pueden resultar menos dulces, consecuentemente la carga alta de frutos ocasiona mayor caída de estos antes de la cosecha.

La técnica de la polinización manual es relativamente antigua, en el Perú, García (1965) aportó las primeras pautas para la recolección de polen. En 1997 se recomendaba realizarlo con pincel fino o mejor aún con espolvoreador manual (insuflador) que daba resultados más rápidos y efectivos, mezclando el polen con talco en relación 50:50 para aumentar el volumen del espolvoreo (CONAFRUT 1997). Más recientemente, Receto y Díaz de Valdés (1999) indican que mediante el método del pincel se pueden obtener cuajados de 67.6 a 55.9 por ciento.

La manera y el momento de colectar el polen, así como la forma y horario más adecuados de efectuar la polinización y el número de flores a polinizar son variables cuyas combinaciones más eficientes no siempre son coincidentes en todas las zonas productoras donde se las ha ensayado.

Guirado et al. (2001) para las condiciones de España, recomiendan polinizar todo el día durante el primer día del ciclo floral, exceptuando las horas centrales del día, mientras que para el día dos del ciclo, es mejor realizar la polinización como máximo hasta las 12 m. En el **Cuadro 2** se puede observar el detalle de los datos encontrados.

**Cuadro 2: Eficiencia en el Cuajado según ciclo floral y horario de polinización con polen extraído en estado macho y conservado en frío.**

<b>Día del ciclo floral</b>	<b>Horarios de polinización</b>	<b>Porcentaje</b>
Primer día del ciclo floral	9 am	98%
	12 am	100%
	14 pm	73%
	16 pm	93%
	19 pm	100%
Segundo día del ciclo floral	9 am	100%
	12 am	90%
	14 pm	10%
	16 pm	3%

**FUENTE:** Adaptado de Guirado et al. 2001.

Por otro lado, según el INIA (2011), la polinización en los valles interandinos del Perú debe hacerse de 6:00 am a 18:00 pm en el primer día del ciclo y de 6:00 am a 12:00 pm para el segundo día del ciclo, con lo cual se obtiene un amarre de frutas de 80 a 95 por ciento. Más recientemente, Tineo y Cisneros (2012), indican que el horario más adecuado para la polinización en esas localidades es de 11:00 am hasta la 1:00 pm.

Apolonio et al. (2015), para condiciones de Costa Rica, reportan un porcentaje de cuajado de 85.83 a 87.40 por ciento en chirimoyo mediante polinización manual, agregando además que la fuente de polen repercute en el porcentaje de cuajado debido a posibles incompatibilidades entre cultivares. Similares consideraciones son mencionados por otros autores como Calzada (1993) y Richardson y Anderson (1996); sin embargo Gonzales y Cuevas (2006) en España no encontraron diferencias en el porcentaje de cuajado al realizar autopolinización y polinización cruzada con variedades Fino de Jete y Campas.

Rosell et al. (1997) indican que la recolección de polen se debe realizar de flores en estado macho a partir de las 17:00, mientras que, Guirado et al. (2001) indican que la polinización manual se puede realizar con polen extraído de flores colectadas en estado

pre hembra, hembra o macho, así mismo, menciona que el polen proveniente de flores en estado pre hembra es superior al polen proveniente de los demás estados florales a pesar de que esta alcanza la antesis masculina fuera de la planta.

Cautín (2008) menciona que en Chile, el periodo de polinización efectiva depende del tipo de conducción y de la densidad de siembra, indicando así, que el tiempo de polinización efectiva para densidades de 6x4 es de 24 horas y para densidades de 4x1 es de 48 horas.

Rosell et al. (s.f.) para condiciones de Isla Canarias recomiendan polinizar un determinado número de flores por árbol de acuerdo a la edad de la planta; 50, 100, 200 y 250 flores por árbol para edades de 4, 6-7, 8-10 y más de 10 años, respectivamente. Por otro lado, según el CONAFRUT (1997) para el Perú, se debe polinizar de 8 a 12, 20 a 40, 60 a 80, 100 a 140, 150 a 250, 250 a 350 y 350 a 500 flores por planta para las edades de 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 a 20 años, respectivamente. Para Guirado et al. (2001), el número de flores a polinizar por planta, está en función a su densidad de siembra: para plantaciones con densidades de 7x7 (204 pl./ha), 7x4 (357 pl./ha), 6x4 (416 pl./ha) y 5x4 (500 pl./ha) es preciso polinizar un total de 215, 125, 105 y 90 flores por árbol, respectivamente.

En cuanto a los métodos de aplicación del polen, la mayoría de investigadores coincide en señalar como más eficiente al uso del insuflador o perilla en comparación con el empleo del pincel, destacando su rapidez y la buena cantidad de polen que llega a los estigmas, aun cuando el gasto de polen por flor polinizada es relativamente alto alcanzando índices de 1:1.5 o de 2.3:1 (flores donadoras de polen: flores polinizadas), no obstante para el método del pincel se reporta un índice de 1:3.7 (Richardson y Anderson 1996, CONAFRUT 1997, Guirado et al. 2001, Gonzales et al. 2006, Andino 2014).

## **2.7. COSTO DE POLINIZACIÓN**

Las referencias son variadas y con diferencias notables expresadas como kilos de fruta que puede producir un operario polinizador por jornada laboral. Así, Calzada (1993) indica que en el Perú un operario puede producir 100 frutos de 300 a 400 gramos por hora de trabajo, lo que significa 280 kilos de fruta diaria aproximadamente. Para Escobar

(1996), en Honduras un operario puede polinizar 500 flores por día de trabajo; si se asume un 65% de eficiencia, produciría 114 kilos diarios. Por otro lado, Guirado et al. (2001) estiman que un operario puede lograr un cuajado de 60 kg de fruta por hora lo que significa 480 kilos por día. Estos últimos autores calculan el costo de polinización manual para una hectárea en 210 horas (realizando la polinización en un 90 por ciento desde el suelo en plantaciones de 2 a 3 metros de altura), con lo cual se deduce que estarían esperando rendimientos de 12,600 kilos por hectárea.

## 2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS FRUTOS

Los frutos pueden ser clasificados por peso y forma para un fin comercial o simplemente por su forma para caracterizar a un biotipo (García 1965). George y Nissen (1988) proponen un sistema de clasificación en función a la simetría del fruto en una escala del 1-5, donde: (1) altamente simétrico, (2) simétrico, (3) parcialmente simétrico, (4) irregular, y (5) completamente irregular. Algunos investigadores establecen una clasificación de frutos de acuerdo a la forma superficial que presentan las areolas, tal como se muestra en la **Cuadro 3**.

**Cuadro 3: Clasificación de los frutos según su forma superficial**

Clasificación	Descripción
Lisa	Con epidermis muy pareja, solo se distingue las líneas de unión de los carpelos.
Imprea	Presenta bordes en la unión de los carpelos y en el centro de las areolas un ligero hundimiento.
Umbonata	Con presencia de protuberancia agudas en el centro de las areolas.
Mamillata	Con cascara gruesa y reticulada con presencias de protuberancias muy pronunciadas, muy visibles en etapa de crecimiento.
Tuberculata	Con división de carpelos muy marcada, con apéndices pronunciados en la parte inferior d cada areola.

**FUENTE:** Elaborado con base en Rocha 1965, Castro 2007, García et al. 2010.

Durán et al. (2006) presentan un sistema de calibrado en códigos (**Cuadro 4**) de frutas de chirimoya acorde al peso individual de cada fruto, y una clasificación en categorías

(Cuadro 5) según las características específicas de cada fruto y su calibre, establecido por el Ministerio de Agricultura de Pesca y Alimentos (MAPA) de España en 1990.

**Cuadro 4: Calibre de frutos de chirimoya según su peso.**

Código	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso (g)	> 851	701-850	551-700	401-550	301-400	228-300	176-225	126-175	96-125	71-95	50-70

FUENTE: Tomado de Durán et al. 2006.

**Cuadro 5: Clasificación de los frutos según sus características específicas.**

Categoría	Calibre	Características
Extra	0, 1 ,2 y 3	Frutos de desarrollo y coloración característica de la variedad.
		Exentos de defectos, a excepciones de muy ligeras alteraciones de la epidermis, siempre que no perjudique al aspecto general.
		Quedan excluidos de esta categoría los frutos asimétricos.
Primera	4, 5 y 6	Frutos de coloración y desarrollo característicos de la variedad
		No obstante, se admiten ligeros defectos de forma, desarrollo y coloración y ligeras alteraciones de la epidermis, siempre que no perjudiquen al aspecto general, a la calidad ni a la conservación.
		Se puede incluir los frutos asimétricos que cumplan con las especificaciones de la misma.
Segunda	7 y 8	Los frutos de calidad corriente, pudiendo presentar defectos de forma, desarrollo y coloración.
		Alteraciones de la epidermis por rozamiento que no sobrepasen en su totalidad el 5% total.
		Punteado de la epidermis que no sobrepase el 5% de la superficie de cada fruto.

FUENTE: Tomado de Durán et al. 2006:91.

Para el Perú, García (1965) muestra una clasificación en base al peso, elaborado por el Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA) **Cuadro 6.**

**Cuadro 6: Clasificación de los frutos según su peso**

<b>Categoría</b>	<b>Peso de frutos (g)</b>	<b>Estado de los frutos</b>
Extra	> 1000	Perfectamente sanos
Primera	500 – 1000	Perfectamente sanos
Segunda	300 – 500	Perfectamente sanos
Tercera	< 300	Perfectamente sanos

**FUENTE:** Adaptado de García 1965.

El presente experimento se realizó con la finalidad de establecer el momento más oportuno durante el estado femenino de la flor, para efectuar la polinización manual empleando dos modalidades (Pincel e Insuflador) de aplicación del polen.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Material biológico

- Sesenta y ocho plantas de chirimoyo, ecotipo “Cumbe”, con 10 años de producción, injertados sobre patrón franco, proveniente de chirimoya nacional o corriente, llamado también criollo.

##### 3.1.2. Materiales de campo

- **Pincel:** Es un instrumento que dispone de un mango largo y delgado, con cerdas en grupo en uno de sus extremos. Para el experimento se usó un pincel número “0” de cerdas finas (**Figura 1**), con la finalidad de no dañar los pistilos al momento de realizar la polinización.



**Figura 1:** Pincel número “0”.

- **Insuflador o pulverizador:** El insuflador o también llamado perilla pulverizadora (**Figura 2**), es un aparato de uso manual, consta de un recipiente con tapa y una bombilla de tensiómetro unidos por un microtubo que contiene una válvula anti retorno de bola. La parte superior del recipiente porta una cañita muy delgada en dirección horizontal que permite la salida de la mezcla de polen y talco.



**Figura 2:** Insuflador.

- **Otros**
  - Taza para recolección de polen
  - Talco micronizado
  - Cuaderno de apuntes
  - Tamiz de 120 micras
  - Balanza de precisión de 1g
  - Etiquetas
  - Bandejas cosecheras

### 3.2. LOCALIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se instaló en el huerto del agricultor Jorge Alejandro Apolinario Córdoba ubicado en el Departamento de Lima, Provincia de Huaura, Distrito de Ámbar, Anexo Huacán. Comprendido entre las coordenadas geográficas 10°46'36.44'' de Latitud Sur y 77°17'25.94'' de Longitud Oeste, con una elevación de 1770 msnm. El ensayo se realizó desde agosto de 2016 a marzo del 2017.

A pesar de que, la localidad experimental no cuenta con una caseta meteorológica para la obtención de datos climatológicos que pueden influenciar en el cuajado del chirimoyo, fue posible obtener la temperatura y humedad relativa, al momento de la aplicación de cada tratamiento, mediante un termohigrómetro digital. La temperatura promedio registrada, durante la aplicación del ensayo, fue de 19.7 C°, con picos máximos de 24.4

C° (3 - 4 pm) y un mínimo de 11.1 C° (6 - 7 am). El porcentaje de humedad relativa promedio, fue de 44.9 por ciento, con un máximo de 76.5 (6 - 7 am) y un mínimo de 33 (3 - 4 pm) por ciento **Anexo 8**.

### **3.3. ANTECEDENTES DEL HUERTO**

El ensayo se realizó en arboles de chirimoya cumbe, injertado en el año 2003. El distanciamiento de plantación es de 7m x 7 m.

Los arboles están conducidos en vaso abierto, formado, por tres o cuatro ramas principales, con altura de copa, que van hasta los tres metros aproximadamente. En cada campaña se realizan podas drásticas de fructificación y limpieza, para facilitar las labores de campo.

Los árboles que son regados por gravedad venían de un periodo de agoste de tres meses. Para realizar el ensayo, se podó y se eliminaron manualmente todas las hojas de cada árbol, asimismo, se indujo la brotación mediante riego pesado y la posterior aplicación de ácido giberelico a razón de 10 ppm (2 gramos por cilindro).

### **3.4. DETALLES DE LA METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

Se probó 16 tratamientos más un testigo, por tratamiento se usaron cuatro árboles que estaban distribuidos al azar dentro del total del lote, se consideró como unidad experimental a cada árbol empleado y en cada árbol se polinizó 16 flores distribuidos cartesianamente dentro del árbol, dando un total de 64 flores polinizadas por tratamiento **Cuadro 7**.

#### **3.4.1. Horarios de polinización durante el ciclo de apertura floral: ocho niveles**

Observaciones frecuentes de campo en la zona del estudio permiten establecer que el tiempo que transcurre, desde el inicio de la separación parcial de los pétalos (inicio del estado femenino) hasta la maduración de los estambres (estado masculino de la flor) es

de aproximadamente 33 a 36 horas en promedio. En efecto, en el día 1 los pétalos empiezan a separarse por su ápice entre 6 y 8 de la mañana; y en el día 2, entre 3 y 6 pm las flores alcanzan el estado masculino, ocurriendo la separación total de sus pétalos y la emisión de polen. Con el objetivo de recabar información sobre el horario oportuno en que se debe efectuar la polinización manual, se evaluó diferentes horarios de polinización durante el estado femenino de la flor, tal como se muestra a continuación:

- **Estados de apertura floral durante los horarios de polinización del primer día del ciclo floral**



**Figura 3:** Primer día del ciclo floral (6 - 7 am).



**Figura 4:** Primer día del ciclo floral (9 - 10 am).



- **Figura 5:** Primer día del ciclo floral (12 m - 1 pm).



**Figura 6:** Primer día del ciclo floral (3 - 4 pm).

- **Estados de apertura floral durante los horarios de polinización del segundo día del ciclo floral**



**Figura 7:** Segundo día del ciclo floral (6 – 7 am).



**Figura 8:** Segundo día del ciclo floral (9 – 10 am).



**Figura 9:** Segundo día del ciclo floral (12 m – 1 pm).



**Figura 10:** Segundo día del ciclo floral (3 – 4 pm).

### 3.4.2. Método de polinización: dos niveles

En cada horario escogido para la polinización se usó el método del (a) pincel y (b) insuflador **Cuadro 7**.

**Cuadro 7: Descripción de los tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Día del ciclo floral</b>	<b>Horarios de polinización manual</b>	<b>Modalidad de polinización manual</b>	<b>Número de flores total a polinizar</b>
<b>T0</b>	D1	Polinización natural	natural	64
<b>T1</b>	D1	6 – 7 am	insuflador	64
<b>T2</b>	D1	6 – 7 am	pincel	64
<b>T3</b>	D1	9 – 10 am	insuflador	64
<b>T4</b>	D1	9 – 10 am	pincel	64
<b>T5</b>	D1	12 m – 1 pm	insuflador	64
<b>T6</b>	D1	12 m – 1 pm	pincel	64
<b>T7</b>	D1	3 – 4 pm	insuflador	64
<b>T8</b>	D1	3 – 4 pm	pincel	64
<b>T9</b>	D2	6 – 7 am	insuflador	64
<b>T10</b>	D2	6 – 7 am	pincel	64
<b>T11</b>	D2	9 – 10 am	insuflador	64
<b>T12</b>	D2	9 – 10 am	pincel	64
<b>T13</b>	D2	12 m – 1 pm	insuflador	64
<b>T14</b>	D2	12 m – 1 pm	pincel	64
<b>T15</b>	D2	3 – 4 pm	insuflador	64
<b>T16</b>	D2	3 – 4 pm	pincel	64

**D1:** Primer día del ciclo floral; **D2:** Segundo día del ciclo floral

### **3.5. INSTALACIÓN DEL ENSAYO**

#### **3.5.1. Selección de plantas**

Se usaron 68 plantas aparentemente similares dentro del total de plantas del lote. En el momento de su uso para el ensayo los árboles de chirimoyo se encontraban en plena floración y con brotes vegetativos de más de 30 cm de longitud.

## **3.5.2. Aplicación de la polinización asistida**

### **3.5.2.1. Obtención de polen**

En la mañana anterior al día de polinización se colectaron flores en su segundo día de apertura como femeninas (**Figura 7 y 8**) y que por la tarde pasarían al estado masculino (**Figura 10**), momento en el cual se colectan los estambres con anteras en proceso de dehiscencia y en un envase de plástico herméticamente cerrado se guardó hasta el día siguiente en que fueron usados.

### **3.5.2.2. Selección de flores a polinizar**

Por la mañana (6 – 7 am) antes de iniciar la polinización para cada tratamiento según sus horarios de aplicación se marcaron 16 flores por árbol distribuidos equitativamente según la orientación cartesiana (este, oeste, norte y sur). Para los tratamientos que correspondieron al primer día del ciclo floral cada flor seleccionada se encontraba en estado pre hembra (inicio de separación de los pétalos, **Figura 3**), mientras que para los tratamientos que correspondieron al segundo día del ciclo floral las flores marcadas se encontraban en estado hembra (**Figura 7**). Cada flor se etiquetó con su respectivo tratamiento, repetición y orientación dentro de la planta; las ramas en las cuales se marcaron las flores fueron de un diámetro no menor de 0.7 cm, ni mayor de 1.5 cm que corresponden a ramas semivigorosas y vigorosas respectivamente (Cautín 2008). Las flores marcadas estuvieron a una altura promedio de 1.6 m a 1.8 m.

### **3.5.2.3. Preparación del polen a emplear**

Minutos antes de realizar las polinizaciones, se mezcló los estambres con anteras dehiscentes con talco en relación de 50:50, luego se procedió a tamizar (120 mesh) la mezcla para desechar los estambres, obteniendo así, una fracción de polen más talco que fue el producto finalmente utilizado.

#### **3.5.2.4. Detalles de las modalidades de polinización estudiadas**

- **Sin polinización asistida (polinización natural)**

Corresponde al tratamiento testigo (T0). Solo se etiquetaron las flores con el número correspondiente por planta (16 flores) al inicio de la apertura floral (6-7 am del primer día del ciclo floral).

- **Polinización con pincel**

Para cargar el pincel, las finas cerdas se pusieron en contacto con la mezcla polen-talco, para que este se impregne con ella, seguidamente se frotó suavemente el conglomerado de estigmas de la flor una o dos veces; una vez realizada la polinización para los tratamientos que corresponden al horario de 6 – 7 am se procedió a guardar el resto de polen y talco en la parte baja del refrigerador (5C°) en envase cerrado hasta ser usados en las siguientes horas según el horario de polinización de los respectivos tratamientos especificado en la **Cuadro 7**.

- **Polinización con insuflador**

Para realizar la polinización con el insuflador se colocó la mezcla de polen y talco en el pote de recepción del insuflador y luego se direccionó el pequeño micro tubo al centro de la flor para finalmente accionar una o dos veces la bombilla con lo cual se expulsa la mezcla. Una vez realizado la polinización para los tratamientos que corresponden al horario de 6 – 7 am se procedió a guardar el resto de polen y talco de manera similar al anotado para el método del pincel para ser usado en los demás tratamientos mencionados en la **Cuadro 7**.

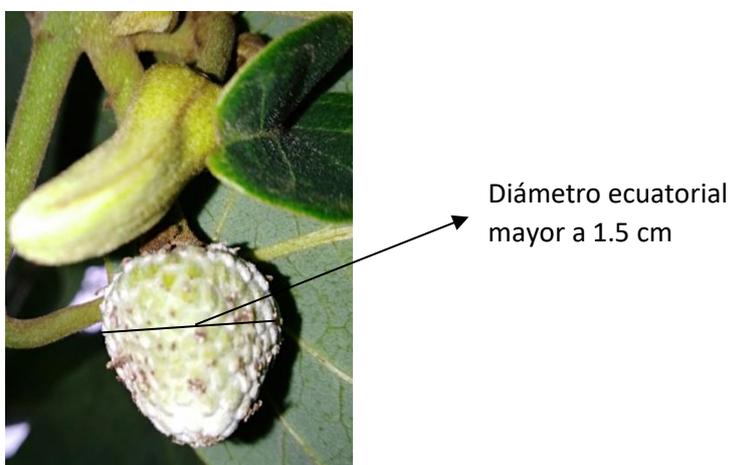
### **3.6. EVALUACIONES**

Un mes después de la polinización se realizó la evaluación del cuajado de los frutos y los otros parámetros considerados se evaluaron a la cosecha, la misma que se llevó a cabo en

cuatro momentos con intervalos de siete días, a excepción de la última que fue 16 días después de la anterior recolecta.

### 3.6.1. Porcentaje de cuajado del fruto

Al mes de haber realizado la polinización se contabilizó el número de frutos cuajados para todos los tratamientos. Se consideró que un fruto había cuajado cuando su diámetro ecuatorial inicial de 0.4 – 0.6 cm había aumentado a más de 1.5 cm en promedio, tal como se observa en la **Figura 11**.



**Figura 11:** fruto cuajado de un mes de edad.

### 3.6.2. Forma del fruto cosechado

Se evaluó cualitativamente la forma de los frutos el día en que se cosecharon, ubicándolos dentro de tres formas o categorías (**1, 2 y 3**). En los resultados se presentarán como grado de deformación, que será el promedio aritmético de los valores asignados a cada fruto evaluado.

Clasificación de los frutos cosechados según su forma:

- **Fruto bien formado (1):** fruto de forma acorazonada que guarda simetría **Figura 12**.

- **Fruto regularmente formado (2):** fruto de forma arriñonada con cierta simetría bilateral **Figura 13.**
- **Frutos deformado (3):** frutos de formas completamente irregulares, con bajo número de semillas a consecuencia de la pobre fecundación de sus óvulos **Figura 14.**



**Figura 12:** Fruto formado.



**Figura 13:** Fruto regularmente formado.



**Figura 14:** Fruto deformado.

### 3.6.3. Peso del fruto cosechado

Se obtuvo, pesando con una balanza electrónica cada fruto inmediatamente después de su cosecha, para cada tratamiento según su repetición.

### 3.6.4. Aspecto de la superficie del fruto cosechado

Se evaluó el aspecto superficial de manera cualitativa de acuerdo al aspecto de los alveolos y el tamaño o notoriedad de las protuberancias obteniendo así cuatro calificaciones, a las que se les asignó un valor numérico entero del 1 al 4 con la finalidad de facilitar el análisis de los resultados.

- **Fruto liso (1):** frutos con epidermis muy pareja sin protuberancias **Figura 15.**
- **Fruto medianamente liso (2):** frutos con algunos alveolos que presentan protuberancias ligeras **Figura 16.**

- **Fruto medianamente “tetudo” (3):** frutos con protuberancias ligeras en forma de punta roma **Figura 17**.
- **Fruto “tetudo” (4):** frutos con protuberancias muy pronunciadas en forma de punta roma **Figura 18**.



**Figura 15:** Fruto liso.



**Figura 16:** Fruto medianamente liso.



**Figura 17:** Fruto medianamente “tetudo”.



**Figura 18:** Fruto “tetudo”.

### 3.6.5. Clasificación comercial del fruto cosechado

Teniendo en cuenta el peso, forma y aspecto superficial, los frutos se clasificaron en cuatro categorías (Primera, Segunda, Tercera y Cuarta) que son las empleadas en la comercialización en la zona productora donde se ubicó la investigación (**Cuadro 8**).

**Cuadro 8: Características físicas según categoría o calibre de comercialización**

Categoría	Calibre	Características
Primera	1	Fruto sano con peso mayor a 700 gramos, bien formado y de textura lisa
Segunda	2	Fruto sano con peso desde 401 – 700 gramos, de textura lisa, bien formado y frutos regularmente formados con textura lisa o fruto formado medianamente liso de peso mayor a 700 gramos.
Tercera	3	Frutos sanos con peso entre 200 – 400g, de textura lisa bien formados; frutos de 401 – 700g regularmente formado con textura lisa o medianamente lisa de peso mayor a 500 g y frutos medianamente tetudo pero bien formado con peso mayor a 700 g.
Cuarta	4	Todos los frutos sanos que no fueron considerados en las categorías de primera, segunda y tercera. Frutos con ligeros daños por rozamiento o insolación.



**Figura 19: Cuatro frutos clasificados comercialmente**

### 3.6.6. Costo de polinización según método

Para referenciar el costo por flor polinizada, se consideró el precio individual por hora de trabajo de las actividades involucradas durante la polinización: recogida de flores para extracción de polen, extracción del polen de las flores y aplicación del polen según método de polinización, para ello se estandarizo el número de flores que se pudo manipular por hora de trabajo según actividad.

### **3.6.7. Gasto de la mezcla polen talco según la técnica de polinización**

La determinación de este parámetro, se realizó de la siguiente manera: Para cada modalidad (pincel e insuflador) de polinización asistida se midió 10 cc de la mezcla talco-polen, la misma que se utilizó para polinizar las 128 flores de los tratamientos de la cuarta repetición. Al final se midió el volumen de polen y talco que sobró y por diferencia se calculó el volumen que fue necesario para polinizar las 128 flores.

Para calcular la relación del número de flores donadoras de polen que se requiere para polinizar una flor, se contabilizó las flores requeridas para alcanzar el 50 por ciento de la mezcla (talco, polen y estambres) sin tamizar.

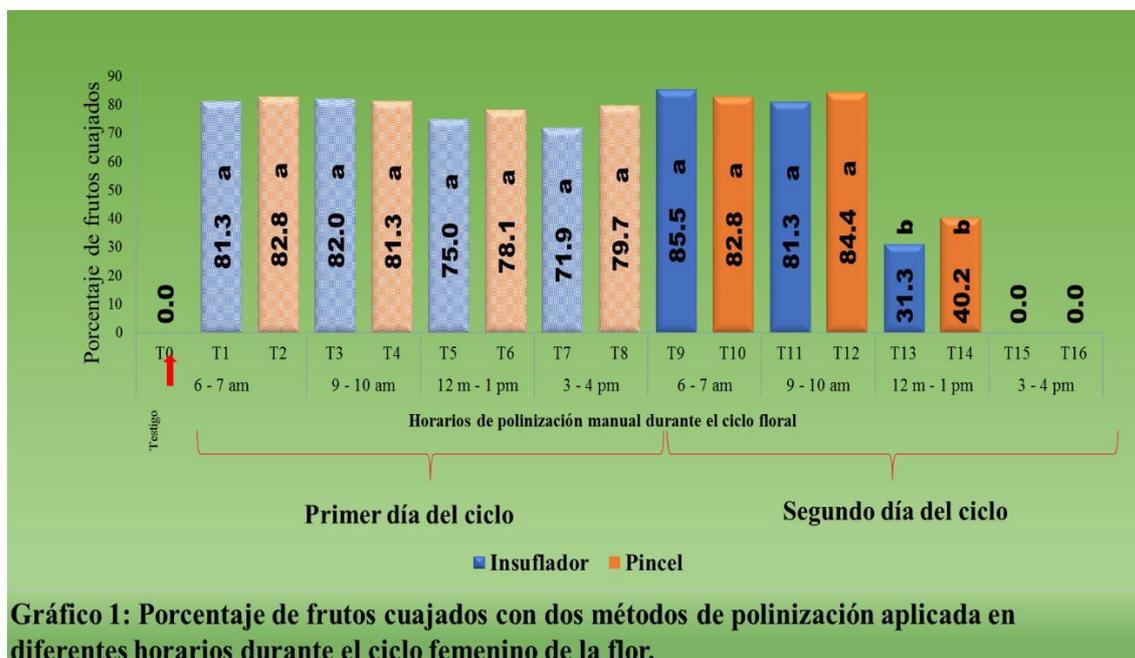
### **3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El modelo experimental empleado para el experimento fue de un Diseño completamente al azar (DCA) con 16 tratamientos más un testigo y 4 repeticiones con 16 unidades muestrales cada uno. Para el análisis de tratamientos con diferencias significativas se usó la prueba Duncan. Adicionalmente se aplicó la transformación de Box y Cox a las variables respuestas que no cumplían con los supuestos de normalidad de errores u homogeneidad de variancia. Para el análisis de pruebas no paramétricas se usó la prueba de Kruskal-Wallis.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PORCENTAJE DE CUAJADO DE FRUTOS

En la **Gráfico 1** se anotan los porcentajes de cuajados obtenidos con las polinizaciones del primer y segundo día del estado femenino. El tratamiento testigo (T0) y los tratamientos T15 y T16 presentan cero por ciento de cuajado, por lo cual no fueron considerados para el *Análisis de Varianza* ni las comparaciones múltiples de las pruebas de *Duncan*. Sin embargo, autores como Duran et al. 2006 y Apolonio et al. 2015, reportan entre 5 y 10 por ciento de cuajado de forma natural para el chirimoyo, atribuido entre otros factores a la acción de los insectos polinizadores.



De todos los tratamientos, solo resultaron estadísticamente diferentes a los demás, pero iguales entre sí, aquellos polinizados de 12 m a 1 pm (T13 y T14) del segundo día del ciclo floral femenino que muestran los porcentajes más bajos de frutos cuajados.

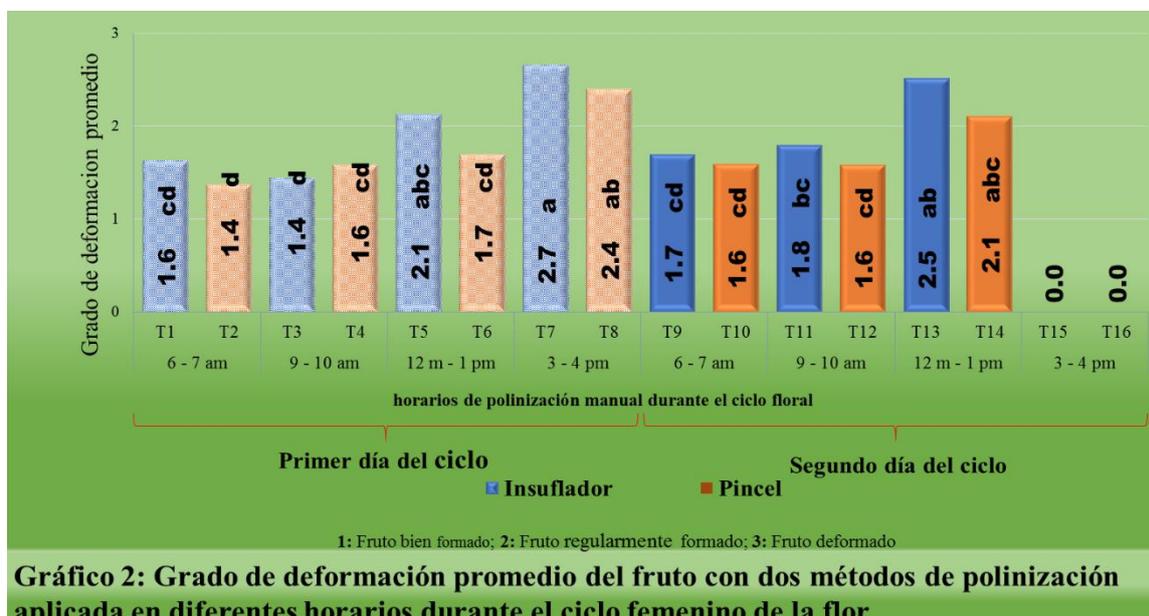
Para el primer día del ciclo floral femenino se puede observar que el porcentaje de frutos cuajados para ambos métodos (insuflador, pincel) de polinización son elevados (entre 71.9 y 82.8 %) y estadísticamente iguales en los diferentes horarios de aplicación, así mismo, esta igualdad estadística se mantiene hasta las 10 am del segundo día del ciclo femenino (en que se registran entre 81.3 y 85,5 %), sin embargo luego a partir de las 12 m hacia adelante el cuajado disminuye drásticamente hasta llegar a ser nulo a partir de las 3 pm. Según estos resultados, es posible obtener porcentajes de cuajado entre 71.9 y 85.5 por ciento, polinizando interrumpidamente desde el primer día del ciclo floral hasta las 10 am del segundo día. Sin embargo debe considerarse que muchas características de calidad que después se harán notorias en los frutos pueden estar relacionadas con el horario de la polinización.

Guirado *et al.* (2001), indica que el porcentaje de cuajado de la chirimoya es muy alto durante el primer día de apertura floral, y que puede descender de forma significativa a las 2 pm a consecuencia de la presencia de un ambiente cálido y seco. En efecto, en el **Gráfico 1** podemos observar que los valores más bajos de cuajado se dan en horas centrales del día, cuando el ambiente es seco a consecuencia del alza de temperaturas (**Anexo 8**). Por otro lado, Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2011), polinizando de 6:00 am a 18:00 pm del primer día del ciclo y de 6:00 am a 12:00 pm del segundo día del ciclo floral, se obtendría un amarre de frutas de 80 a 95 por ciento. De acuerdo a los resultados obtenidos, para ambos métodos de polinización, solo es posible obtener un porcentaje de cuajado mayor al 80 por ciento polinizando de 6 a 10 am, durante los dos días del ciclo floral.

Los horarios de polinización efectiva para un cuajado exitoso están en función de diferentes factores. De acuerdo a lo manifestado por Guirado et al. (2001), las fuentes más importantes para el cuajado de frutos en chirimoyo son los estados de apertura de la flor y las condiciones ambientales, ya que la interacción de estos dos factores condiciona la receptividad de la flor, por lo tanto es poco idóneo realizar polinización en horarios centrales del día así como tres horas antes de que la flor pase a estado macho. Sin embargo, para Rosell et al. (1997) y Apolonio et al. (2015) existen otros factores como el porcentaje de viabilidad del polen en el tiempo de acuerdo a su procedencia (cultivar o estado de la flor). Por otro lado, para Cautín (2008), el tiempo efectivo de polinización está en función al sistema de conducción y densidad de siembra. Cual sea el caso es

preciso analizar no solo el porcentaje de cuajado si no también la calidad de la fruta cosechada.

## 4.2. FORMA DEL FRUTO COSECHADO



**Gráfico 2: Grado de deformación promedio del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.**

En el **Gráfico 2**, se observa que para cada horario de polinización, con el método del pincel se lograron frutos mejor formados que el método del insuflador, en los dos días del ciclo, excepto en el horario de 9 – 10 am (primer día del ciclo) en donde el promedio del grado de deformación del método del pincel (1.6) fue mayor que la del insuflador (1.4), Sin embargo, las diferencias no alcanzaron significación estadística.

Para el método de polinización con pincel, en el primer día del ciclo floral, solo el tratamiento T8 (3 – 4 pm) resultó con un grado de deformación de frutos estadísticamente diferente a los demás, así mismo se puede observar que la tendencia a una mayor deformación aumenta con el transcurrir de las horas o momentos de polinización, siendo menor de 6 – 7 am (T2=1.4) y mayor de 3 – 4 pm (T8=2.4). Para la modalidad del insuflador, el tratamiento T3 (9 – 10 am) es estadísticamente mejor al T5 (12 m – 1 pm) y T7 (3 – 4 pm); la misma tendencia a una mayor deformación con las polinizaciones tardías anotada para el pincel se aprecia para el insuflador.

En el segundo día del ciclo, las deformaciones de los frutos polinizando con el pincel no alcanzaron diferencias estadísticas significativas en los horarios (6 am – 1 pm) en que se

realizaron, aun cuando numéricamente fueron más notorias con las polinizaciones de 12 m a 1 pm. Utilizando el insuflador, la mayor deformación de los frutos se presentaron con las polinizaciones realizadas entre 12 m y 1 pm (T13) aunque solo alcanzó diferencias significativas con las efectuadas entre 6 y 7 am (T9). Por otro lado, como en el primer día, los frutos cuajados mostraron tendencia a ser más deformes en tanto se polinizó más próximo al estado masculino.

Las zonas deformadas de los frutos corresponden a sectores donde no hubo desarrollo de carpelos debido a un fracaso en la fecundación de los óvulos, el cual puede originarse por problemas en el polen o en el pistilo. Para Richardson y Anderson (1996), así como para Apolonio et al. (2015), la viabilidad del polen es más limitante que la receptividad de los pistilos en la polinización. La viabilidad máxima del polen en el momento de la dehiscencia de las anteras parece estar entre 52 y 64 %, para luego ir disminuyendo progresivamente hasta hacerse nulo en pocas horas o días según la temperatura y humedad del almacenamiento (Lora et al., 2006; Rosell et al., 2006; Lora et al., 2007). Por otro lado, Guirado et al., (2001) señalan que para la germinación del polen es necesario que los estigmas presenten cierto grado de humedad, el cual dependerá de la temperatura, humedad relativa y viento. Según lo observado en campo, los estigmas amanecen húmedos pero se resecan progresivamente con el transcurrir de las horas.

#### **4.3. PESO DEL FRUTO COSECHADO.**

De acuerdo con el **Gráfico 3**, las polinizaciones con el pincel en el primer día del ciclo femenino entre las 6 am y la 1 pm, resultaron en frutos con pesos finales estadísticamente iguales, aun cuando numéricamente los frutos de polinizaciones más tempranas fueron más grandes (675.1 y 624.7 gramos para 6-7 am y 9-10 am, respectivamente) en comparación con 477.9 g registrado para 12m-1 pm. Las polinizaciones entre 3 y 4 de la tarde produjeron frutos con pesos significativamente más pequeños (217.2 g) que en los otros tres horarios. Con el insuflador, los resultados tuvieron las mismas características que con el pincel: sin diferencias significativas entre 6 am y 1 pm pese a que numéricamente los frutos fueron de mayor tamaño entre 6-7 am y 9-10 am (640.4 y 563.4 gramos) que de 12 m a 1 pm (437.6 g); polinizando entre 3 y 4 pm los frutos fueron

estadísticamente más pequeños (213 g) que en las otras horas más tempranas de polinización (6-7 am y 9-10 am).

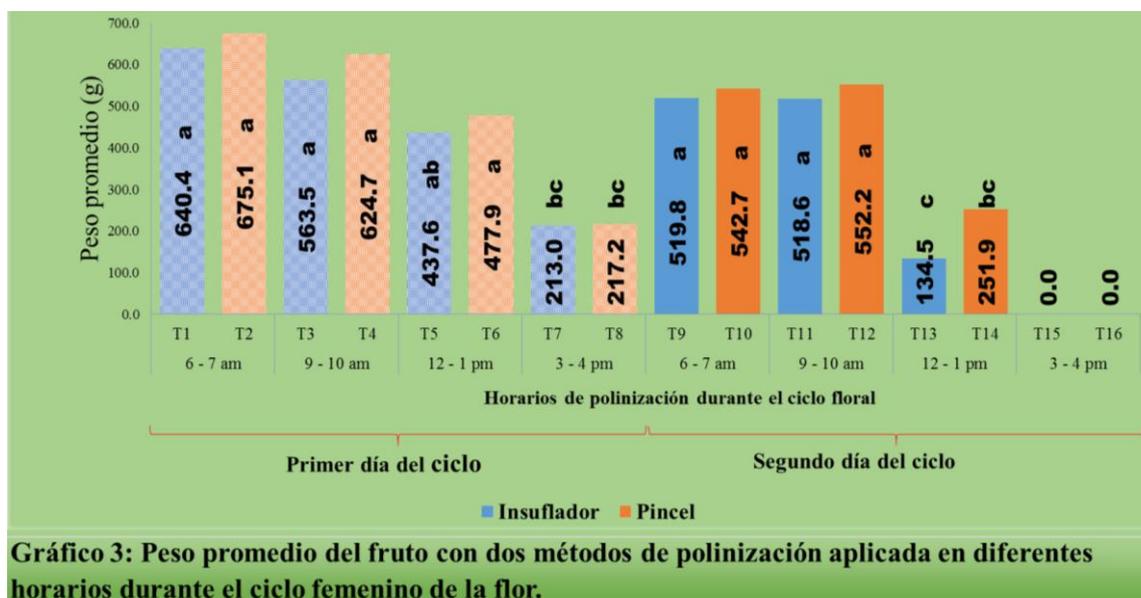
En el segundo día de la apertura femenina, el efecto de la polinización con insuflador e pincel en el tamaño de los frutos fue igual cuando se realizó entre 6 y 10 am, entre 12 m y 1 pm las polinizaciones dieron lugar a los frutos más pequeños (134.5 g y 251.9 g) alcanzando diferencias significativas con las polinizaciones de horarios más tempranos. La polinización entre 3-4 pm en el segundo día de flor en estado femenino no formó ningún fruto.

Para las dos modalidades de aplicación, insuflador y pincel, no se encontraron diferencias significativas entre las aplicaciones del primer y segundo día en cada horario de polinización, aun cuando numéricamente son mejores los resultados del pincel. Guirado et al., (2001) menciona, que independientemente del polen utilizado, la flor polinizada en el primer día de su ciclo de apertura produce frutos de mayor tamaño que cuando se poliniza en el segundo día de su ciclo polinizando a la misma hora; en efecto en la **Gráfico 3** se observa, para un mismo método dentro de un mismo horario de polinización, numéricamente mejores resultados polinizando en el primer día del ciclo femenino.

Autores como Gonzales y Cueva (2008), indican que el número de frutos por árbol y rama, así como su posición dentro de la planta afectan su peso final, Según Escobar (1996) existe una relación directa entre el número de carpelos por flor y el tamaño del fruto, siempre y cuando, exista un alto porcentaje de fecundación. La fecundación es un factor que depende de las condiciones medioambientales, receptividad de los estigmas, viabilidad y poder germinativo del grano de polen (Richardson y Anderson 1996; Guirado et al., 2001; Apolonio et al., 2015), cual sea el factor más importante existe un efecto del horario de polinización con respecto al peso final del fruto **Gráfico 3**.

Teniendo en cuenta la clasificación propuesta por García (1965), quien considera cuatro categorías de frutos de chirimoya: extra (mayor de 1 kilo), primera (0.5-1.0 kilo), segunda (0.3-0.5 kilo) y tercera (menores de 0.3 kilo), los resultados obtenidos indican que polinizando en horas de la mañana (6-10 am) bien sea en el primer o segundo día de la

apertura femenina de las flores, es posible obtener frutos exclusivamente de categoría extra y de primera.



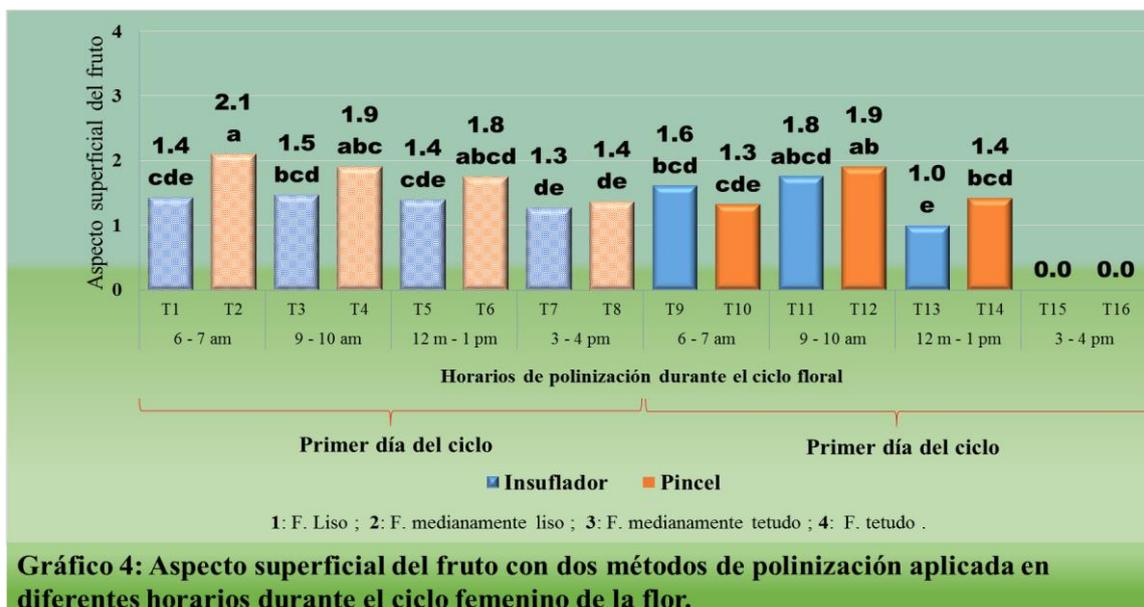
**Gráfico 3: Peso promedio del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.**

#### 4.4.ASPECTO SUPERFICIAL DEL FRUTO COSECHADO

De manera general en el primer y segundo día del estado femenino, dentro de todos los horarios de polinización y con los dos tipos de polinización manual, se obtuvo frutos de aspecto superficial promedio entre lisos (1) y medianamente lisos (2), como se observa en el **Gráfico 4**.

En el primer día, con la modalidad del pincel en todas las horas de aplicación los resultados fueron estadísticamente similares, a excepción de la polinización más tardía (3-4 pm) que arrojó una cifra significativamente mejor que de 6-7 am y 9-10 am. Con el insuflador, todos los tratamientos horarios del primer día dieron resultados similares, sin diferencias significativas entre ellos.

En las polinizaciones del segundo día, los resultados con pincel entre 6 y 7 am fue significativamente mejor a los obtenidos entre 9 y 10 am y similares a los de 12 m – 1 pm. Con el insuflador los frutos fueron significativamente más lisos cuando se polinizó entre 12 m- 1 pm comparados con los polinizados de 6 – 10 am.



**Gráfico 4: Aspecto superficial del fruto con dos métodos de polinización aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.**

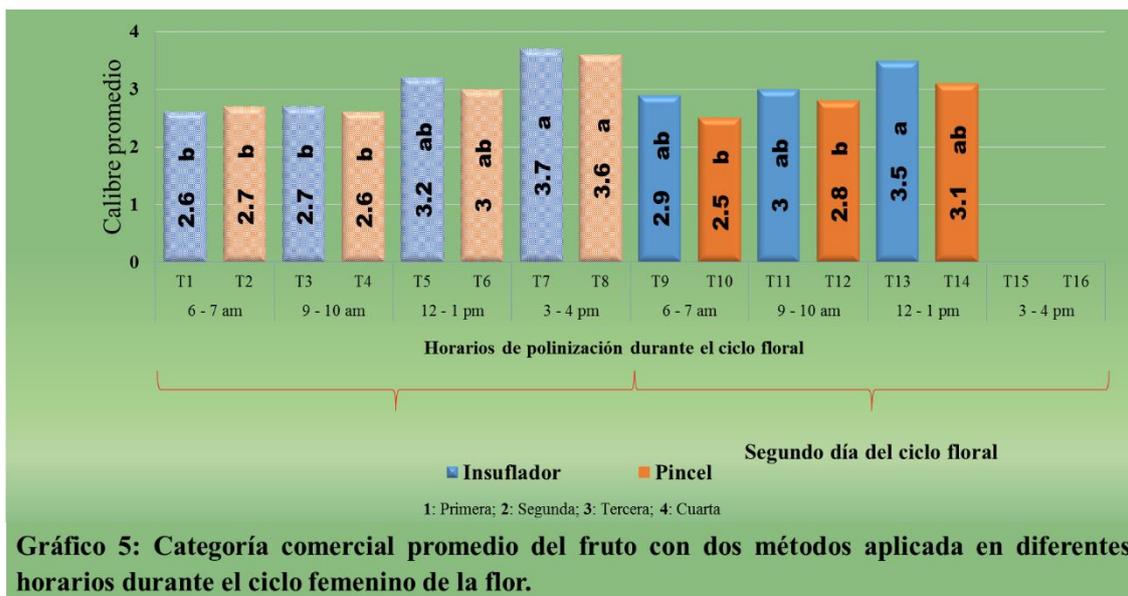
Realizando una comparación entre ambos métodos dentro de un mismo horario de polinización, solo se halló diferencias estadísticas favorables al insuflador en horas de 6 – 7 am del primer día y 12 m – 1 pm del segundo día del ciclo femenino.

A pesar de una ligera tendencia numérica hacia la obtención de frutos lisos polinizando en horarios más tardíos del primer día del ciclo floral femenino, los datos obtenidos no permiten identificar con claridad el efecto de las horas de polinización en el aspecto superficial de los frutos, posiblemente sean otros los factores que determinan el aspecto de los alveolos y el tamaño o notoriedad de las protuberancias o mamelones.

#### 4.5. CLASIFICACIÓN COMERCIAL DEL FRUTO COSECHADO

De acuerdo al **Gráfico 5**, para un mismo horario de aplicación durante el ciclo floral, no existen diferencias estadísticas de calibre entre ambos métodos de polinización. Los frutos resultantes de polinizaciones realizadas entre 6 y 10 am del primer día de la apertura femenina de la flor fueron significativamente de mejor categoría comercial que los frutos de polinizaciones efectuadas entre 3 y 4 pm.

En las aplicaciones del segundo día, para cada técnica de polinización, no hubo diferencias en la categoría comercial de frutos obtenidos en los diferentes horarios trabajados, tampoco las hubo entre las dos modalidades de polinización.



**Gráfico 5: Categoría comercial promedio del fruto con dos métodos aplicada en diferentes horarios durante el ciclo femenino de la flor.**

## 4.6. COSTOS DE POLINIZACIÓN

### 4.6.1. Colecta de flores para extraer polen

La cantidad de flores que puede recolectar un operario, está determinado por el tipo de conducción del árbol, estado fenológico y número de flores emitidas por rama. Cuando los brotes tienen más de 30 cm de longitud y los árboles de alturas de hasta 2.5 metros se encuentran en su máxima floración, un operario puede cosechar 402 flores en promedio por hora. La hora de trabajo para esta actividad es de ocho soles, siendo el costo por flor colectada de 1.992 céntimos de sol en promedio **Cuadro 9**.

**Cuadro 9: Costo de colecta de flores para obtención de polen**

Operario	Numero de flores cosechadas por hora	Costo por hora de trabajo (S/)	Costo de cosecha por flor (céntimos de sol)	Costo promedio por flor colectada (céntimos de sol).
1	392	8	2.041	1.992
2	383	8	2.089	
3	410	8	1.951	
4	424	8	1.887	

### 4.6.2. Extracción del polen

Según el **Cuadro 10**, un operario extrae los estambres en dehiscencia (**Figura 10**) de 1080 a 1215 flores por hora de trabajo con remuneración de 10 soles, costando 0.827 céntimos de sol en promedio la extracción de polen de una flor.

**Cuadro 10: Costo de extracción de polen por flor**

Operario	Cantidad de flores con estambres extraídos por hora	Costo por hora de trabajo (S/)	Costo de extracción de polen por flor (céntimos de sol).	Costo promedio de extracción de polen por flor (céntimos de sol).
1	1260	10	0.794	0.827
2	1080	10	0.926	
3	1260	10	0.794	
4	1260	10	0.794	

Desestimando el coste de dilución, tamizado y refrigerado, y Estimando el costo de las actividades de colecta de flor y extracción de polen (Cuadro 9 y 10) el costo total del polen de una flor listo para ser usado en la aplicación es de 2.819 céntimos.

#### 4.6.3. Otras actividades

El tiempo que requiere las actividades de mezclar, tamizar y refrigerar el polen es menor a 10 minutos. El total de tiempo empleado para estas actividades es poco significativo, por lo cual, su costo está incluido como parte de las actividades de recolección de flores, extracción de polen y su aplicación.

#### 4.6.4. Costos de aplicación con el método del insuflador

Según el Cuadro 11, un operario puede polinizar de 288 a 316 flores por hora de trabajo. El costo de aplicación por flor es de 2.651 céntimos.

**Cuadro 11: Costo de aplicación por flor con el método del insuflador**

Operario	Número de flores polinizadas por hora	Costo por hora (S/)	Costo de polinización por flor (céntimos de sol)	Costo promedio por flor (céntimos de sol).
1	295	8	2.712	2.651
2	310	8	2.581	
3	288	8	2.778	
4	316	8	2.532	

#### 4.6.5. Costo de aplicación con el método del pincel

De acuerdo con el **Cuadro 12**, un operario aplica de 193 a 210 flores por hora de trabajo, promediando un costo de aplicación de 3.990 céntimos por flor.

**Cuadro 12: Costo de aplicación por flor con el método del pincel**

Operario	Cantidad de flores polinizadas por hora	Costo por hora (S/)	Costo de polinización por flor (céntimos de sol)	Costo promedio por flor (céntimos de sol)
1	210	8	3.810	3.990
2	195	8	4.103	
3	193	8	4.145	
4	205	8	3.902	

#### 4.6.6. Costo total de polinización según método

**Cuadro 13: Resumen de Costos promedio de polinización por flor para cada método de polinización.**

Método	actividades	Manipulación por hora	Costo por hora de trabajo	Costo por flor según actividad	Costo por flor polinizada	Costo final por flor polinizada
<b>Insuflador</b>	Recogida de flor	402 flores	8 soles	1.990 céntimos	1.990 céntimos	5.463 céntimos
	Extracción de polen	1215 flores	10 soles	0.823 céntimos	0.823 céntimos	
	Aplicación del polen	302 flores	8 soles	2.650 céntimos	2.650 céntimos	
<b>Pincel</b>	Recogida de flor	402 flores	8 soles	1.990 céntimos	1.326 céntimos	5.875 céntimos
	Extracción de polen	1215 flores	10 soles	0.823 céntimos	0.549 céntimos	
	Aplicación del polen	200 flores	8 soles	4 céntimos	4 céntimos	

Para el método del pincel, el costo (costo de recolección y extracción) del polen usado en la polinización de una flor es de 33.37 por ciento menos que la del insuflador, debido a que el pincel es 50 por ciento más eficiente en el uso del polen **Cuadro 13** (costo por flor polinizada) y **Cuadro 14** (equivalencia de flor polen flor polinizada); la practicidad del método del insuflador permite polinizar 50.56 por ciento más flores que el método del pincel en una misma unidad de tiempo, por ello, el costo de polinización con el método del insuflador es menor en 33.75 por ciento con respecto al pincel. El costo por flor polinizada del método del insuflador es de 5.463 céntimos y del método del pincel es de 5.875 céntimos (**Cuadro 13**).

#### 4.6.7. Gasto de polen

**Cuadro 14: Número de flores que se polinizan con el polen de una flor**

Método	Flores donadoras de polen	Mezcla de polen y talco en relación 1:1	flores polinizadas	Equivalencia de flor polen flor polinizada
<b>Insuflador</b>	128	5 ml	128	1:1
<b>Pincel</b>	85	3.3 ml	128	1:1.5

Del **Cuadro 14**, se observa que el método del insuflador gasta 50 por ciento más polen que el método del pincel y que con una misma unidad de polen con el método del pincel podría polinizar 50 por ciento más flores que con el método del insuflador.

## V. CONCLUSIONES

- La polinización natural bajo las condiciones ambientales del campo de investigación, fueron nulas, esto indica, la baja o nula presencia de polinizadores naturales y el estricto funcionamiento dicogámico de las flores.
- Estadísticamente se obtienen los mejores porcentajes de cuajado polinizando todo el primer día del ciclo floral (6 am a 4 pm) y de 6-10 am del segundo día. En horario de 3 – 4 pm del segundo día el porcentaje de cuajado es nulo.
- De acuerdo a los resultados, un alto porcentaje de cuajado, no asegura, un porcentaje alto de frutos grandes y formados, ya que, estos dependen del número de óvulos fecundados.
- Estadísticamente da igual polinizar con el método del insuflador o pincel dentro de condiciones ambientales similares.
- Independientemente del método de polinización que se use, se obtendrán frutos más formados cuando la polinización no se realice en horas centrales del día o cercanas al estado masculino de la flor.
- Con pincel e insuflador, se obtienen pesos estadísticamente mejores en horarios de 6 am a 1 pm del primer día del estado femenino de la flor y de 6-10 am del segundo día, sin embargo, con el insuflador es conveniente polinizar solo de 6-10 am para los dos días, debido a que, de 12 m a 1 pm del primer día, cabe la probabilidad de obtener estadísticamente pesos inferiores a los polinizados en horarios más tempranos.
- A pesar de una ligera tendencia numérica hacia la obtención de frutos lisos polinizando en horarios más tardíos del primer día del ciclo floral femenino, los

datos obtenidos no permiten identificar con claridad el efecto de las horas de polinización en el aspecto superficial de los frutos, posiblemente sean otros los factores que determinan el aspecto de los alveolos y el tamaño o notoriedad de las protuberancias o mamelones.

- Polinizando con el método del pincel de 6 am a 1 pm durante la apertura floral se obtienen los mejores calibres promedios. Con el insuflador los mejores resultados se obtienen de 6 am a 1 pm del primer día y de 6-10 pm del segundo día.
- El costo de polinización con el método del pincel es de 5.875 céntimos de sol por flor, mientras que, del insuflador es de 5.463 céntimos de sol. Por otro lado, el método del insuflador gasta 33.3 por ciento más polen que el pincel por flor polinizada.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Repetir el ensayo durante las diferentes estaciones del año, con la finalidad de corroborar el dato de, porcentaje de cuajado, ya que este, dependen de las condiciones medioambientales, así mismo, se debe analizar de forma conjunta, con el peso y forma del fruto, con la finalidad de establecer los horarios oportunos de polinización para el chirimoyo.
- Realizar trabajos específicos para la evaluación de polinización natural ampliando el tamaño de la muestra.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Andino, F. 2014. “Determinación de la eficiencia de cuatro niveles de flores polinizadas, utilizando dos métodos de polinización manual, en chirimoya (*Annona cherimola* Mill), Guachapala-Azuay-Ecuador”. Tesis Ing. Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca. 106 p.
2. Apolonio, I; Castañeda, A; Franco, O; Morales, E; González, A. 2015. Influencia de la fuente de polen y su efectividad en la calidad de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Agronomía Costarricense* 39(1): 61-69.
3. Calzada, J. 1993. 143 frutales nativos. Lima, Perú. P. 85-88.
4. Castro, J. 2007. Cultivo de la Anona (*Annona cherimola*, Mill). San José, Costa Rica. 54 p.
5. Cautín, R. 2008. Propuesta de un nuevo sistema de conducción en alta densidad de cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* M.). Sus efectos sobre factores microambientales, fisiológicos y productivos. Tesis Dr. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. 180 p.
6. CONAFRUT (Comisión Nacional de Fruticultores, Perú); INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú). 1997. El Cultivo del Chirimoyo. Lima, Perú. Boletín técnico N°11. 28 p.
7. Delgado, C. 2005. El cultivo de la Chirimoya. Colombia. 16 p.
8. Durán, V; Rodríguez, C.; Tarifa, D; Martín, F. 2006. El Cultivo del Chirimoyo (*Annona cherimola* Mil.). España. 105 p.
9. Escobar, O. 1996. Polinización artificial en chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Tesis Ing. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 45 p.
10. Flores, D. 2013. Cultivo de chirimoyo: Manual práctico para productores. Pérez, R (ed.). Lima, Perú, Imprenta Irma e hijos. 45 p.
11. García, G.1965. Cultivo de la chirimoya. Lima, Perú, SIPA. 23 p.
12. García, W; Guzmán, B; Lino, V; Rojas, J; Hermoso, J; Guirado, E; González, J; Scheldeman, X; Hermoso, I. 2010. Manual de Manejo Integrado del cultivo de Chirimoyo. Alemán A; Cabrera S. (ed.).Cochabamba, Bolivia, POLIGRAF. 53 p.

13. George, A; Nissen, R; Howitt, C. 1990. Effects of environmental variables and cropping on leaf conductance of custard apple (*Annona cherimolla* x *Annona squamosa*) “African Pride”. *Scopus Scientia Horticulturae* 45(1-2):137-147.
14. George, A; Nissen, R; Ironside, D; Anderson, P. 1989. Effects of nitidulid beetles on pollination and fruit set of *Annona* spp. Hybrids. *Scopus (Scientia Horticulturae)* 39(4): 289-299.
15. George, A; Nissen, RJ. 1988. The effects of temperature, vapour pressure deficit and soil moisture stress on growth, flowering and fruit set of custard apple (*Annona cherimola* x *Annona squamosa*) “African Pride”. *Scopus (Scientia Horticulturae)* 34(3-4):183-191.
16. Gonzales, M; Cuevas, J. 2006. Sistema incompatible en chirimoyo. Almería, España. 6p.
17. González, M. 2013. Chirimoya (*Annona cherimola* Miller), Frutal tropical y subtropical de valores promisorios. *Cultivos tropicales* 34(3): 52-63.
18. González, M; Baeza, E; Lao, J; Cuevas, J. 2006. Pollen load affects fruit set, size, and shape in chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *ScienceDirect (Scientia Horticulturae)* 110(1):51-56.
19. González, M; Cuevas, J. 2008. Optimal crop load and positioning of fruit in chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) trees. *ScienceDirect (Scientia Horticulturae)* 115(2):129-134.
20. González, M; Hueso, J; Alonso, F; Pinillos, V. 2009?. Diferencias en la viabilidad del polen de chirimoyo extraído en distintos momentos del ciclo de la flor. *Actas de Horticultura* (60):430-433.
21. Guirado, E; Hermoso, J; Pérez de Oteyza, M; García-Tapia Bello, J; Farré, J. 2001. Polinización del Chirimoyo. Andalucía, España, Imprenta Novograf. 48 p. (Serie Fruticultura).
22. Guzmán B, V.1951. Informe del viaje de explotación sobre la chirimoya y otros frutos tropicales: Otras explotaciones sobre la chirimoya. Lima, Perú. 25 p.
23. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú). 2011. Técnica Polinización manual de chirimoya. Plegable N°2. Lima, Perú.
24. Lora, J, Herrero, M; Hormaza, I. 2007. Germinación de polen de chirimoyo. Implicaciones para la optimización de la polinización manual. *Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (Actas de Horticultura)* (48): 134-136.

25. Lora, J; Pérez de Oteyza, M; Fuentetaja, P; Hormaza, J. 2006. Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollen. *Scopus (Scientia Horticulturae)* 108(1):91-94.
26. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2018. MINAGRI: sistemas de abastecimientos y precios (en línea, sitio web). Consultado 25 oct. Disponible en <http://sistemas.minagri.gob.pe/sisap/portal2/mayorista/>.
27. Pino, G. 2008. Obtención de frutos partenocarpicos de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) mediante el uso de reguladores de crecimiento. Tesis Ing. Quillota, Chile. Pontifica Universidad Católica de Valparaíso. 51 p.
28. Razeto, M; Díaz de Valdés, E. 1999. Forced production of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) by defoliation and pruning of shoots. *Agricultura Técnica* 60(2).
29. Richardson, A; Anderson, P. 1996. Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit in a humid climate. *Scopus (Scientia Horticulturae)* 65(4):273-281.
30. Rosell, P; Galán, V; Hernández, P. (s.f). cultivo del chirimoyo en canarias (sitio web).<http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/doc/otros/publicaciones/cuadernos/hiri.pdf>.
31. Rosell, P; Galán, V; Herrero, M. 2006. La germinación del polen como afectado por la edad polen en chirimoya. *ScienceDirect (Scientia Horticulturae)* 109(1): 97-100.
32. Rosell, P; Herrero, M; Galán, V. 1999. Germinación del polen de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.): En la caracterización in vivo y la optimización de la germinación in vitro. *ScienceDirect (Scientia Horticulturae)* 81(3): 251-265.
33. Soler, L; Cuevas, J. 2009. Early flower initiation allows ample manipulation of flowering time in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *ScienceDirect (Scientia Horticulturae)* 121(3):327-332.
34. Tineo, J; Cisneros, W; UNALM (Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú). 2012. Simposio de mejoramiento de los cultivos subutilizados. Manejo de la producción de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) frente al cambio climático en los valles interandinos. Lima, Perú. p. 23-24.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Análisis de variancia del Porcentaje de frutos cuajados de ocho diferentes horarios de polinización durante el ciclo floral femenino, aplicando dos métodos de polinización manual (insuflador, pincel).**

Fuente de variación	G. L	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fcal.	Prob. Pr>F	Signif .
Tratamiento	13	786202	60477	4.740 7	0.0000563 7	***
Error experimental	42	535790	12757			
Total	55	1321992				

Significativo al nivel  $P=0.001$ ;  $CV\%= 25.78111$

**Anexo 2: Prueba de Duncan del Porcentaje de frutos cuajados de ocho diferentes horarios de polinización durante el ciclo floral femenino, aplicando dos métodos de polinización manual (insuflador, pincel).**

COMPARACIONES	TRATAMIENTOS	MEDIA TRANSFORMADA	Sig.	MEDIA ORIGINAL
	T1	488.127	a	81.25
	T2	507.303	a	82.81
	T3	495.396	a	82.03
	T4	487.989	a	81.25
	T5	435.169	a	75.00
	T6	459.966	a	78.13
	T7	411.744	a	71.88
	T8	482.899	a	79.69
	T9	532.223	a	85.55
	T10	503.001	a	82.81
	T11	493.019	a	81.25
	T12	518.458	a	84.38
	T13	127.386	b	31.25
	T14	190.692	b	40.23

Significativo al nivel  $p=0.05$

**Anexo 3: Análisis de la “variable forma del fruto” mediante la prueba de Kruskal-Wallis.**

		Prueba Kruskal-Wallis	Forma del fruto			
KRUSKAL-WALLIS	Prueba Chi-Cuadrado		Estadístico		P valor	Sig.
			30.595		0.004	**
			<b>COMPARACIONES</b>			
COMPARACIONES	Tratamientos		Rangos	media	Mediana	Sig.
	T1		22.0	1.6	1.5	cd
	T2		11.0	1.4	1.4	d
	T3		12.1	1.4	1.4	d
	T4		21.5	1.6	1.6	cd
	T5		34.25	2.1	2.1	abc
	T6		26.625	1.7	1.9	cd
	T7		49.875	2.7	2.7	a
	T8		45.25	2.4	2.5	ab
	T9		25.25	1.7	1.6	cd
	T10		20.125	1.6	1.6	cd
	T11		31.875	1.8	1.8	bc
	T12		18	1.6	1.5	cd
	T13		47.625	2.5	2.9	ab
	T14		33.5	2.1	1.8	abc

Significativo al nivel P=0.01

**Anexo 4: Análisis de variancia del peso del fruto cosechado.**

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fcal.	p-valor	Signif.
tratamientos	13	1634791.82	125753.22	10.16	<0.0001	**
Error	42	519835.09	12377.03			
Total	55	2154626.92				

Significativo al nivel P=0.01; CV%= 24.45

**Anexo 5: Prueba de Duncan del peso del fruto cosechado.**

<b>COMPARACIONES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIA</b>	<b>Sig.</b>
	<b>T1</b>	<b>640.44</b>	<b>a</b>
	<b>T2</b>	<b>675.08</b>	<b>a</b>
	<b>T3</b>	<b>563.46</b>	<b>a</b>
	<b>T4</b>	<b>624.71</b>	<b>a</b>
	<b>T5</b>	<b>437.58</b>	<b>ab</b>
	<b>T6</b>	<b>477.89</b>	<b>a</b>
	<b>T7</b>	<b>212.97</b>	<b>bc</b>
	<b>T8</b>	<b>217.22</b>	<b>bc</b>
	<b>T9</b>	<b>519.79</b>	<b>a</b>
	<b>T10</b>	<b>542.71</b>	<b>a</b>
	<b>T11</b>	<b>518.56</b>	<b>a</b>
	<b>T12</b>	<b>552.2</b>	<b>a</b>
	<b>T13</b>	<b>134.47</b>	<b>c</b>
	<b>T14</b>	<b>251.9</b>	<b>bc</b>

Significativo al nivel  $p= 0.01$

**Anexo 6: análisis de la variable “textura superficial del fruto” mediante la prueba de Kruskal - Wallis.**

<b>KRUSKAL-WALLIS</b>	<b>Prueba Kruskal-Wallis</b>	<b>Textura del fruto</b>		
	<b>Prueba Chi-Cuadrado</b>	<b>Estadístico</b>	<b>P valor</b>	<b>Sig.</b>
			25.64117	0.019
	<b>tratamientos</b>	<b>Rangos</b>	<b>mediana</b>	<b>Sig.</b>
	T1	23.8	1.43	cde
	T2	48.4	2.10	a
	T3	28.3	1.47	bcd
	T4	40.875	1.91	abc
	T5	22	1.39	cde
	T6	35.25	1.75	abcd
	T7	20.5	1.27	de
	T8	20.875	1.37	de
	T9	25.875	1.61	bcd
	T10	22.25	1.32	cde
	T11	35	1.75	abcd
T12	44.375	1.90	ab	
T13	4.5	1.00	e	
T14	27.125	1.42	bcd	

Significativo al nivel  $P=0.05$

**Anexo 7: Análisis de la variable “clasificación comercial del fruto cosechado”  
mediante la prueba de Kruskal-Wallis.**

<b>KRUSKAL- WALLIS</b>	<b>Prueba Kruskal-Wallis</b>		<b>Calidad del fruto</b>		
	<b>Prueba Chi-Cuadrado</b>	<b>Estadístico</b>		<b>P valor</b>	<b>Sig.</b>
		24.20453		0.0293	*
<b>COMPARACIONES</b>					
<b>COMPARACIONES</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Rangos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Sig.</b>
	T1	16.3	2.6	2.54	b
	T2	19.6	2.7	2.77	b
	T3	19.0	2.7	2.68	b
	T4	15.5	2.6	2.62	b
	T5	31.75	3.2	3.09	ab
	T6	29	3.0	3.15	ab
	T7	45.75	3.7	3.69	a
	T8	46.5	3.6	3.77	a
	T9	28	2.9	2.82	ab
	T10	16.25	2.5	2.57	b
	T11	31.5	3.0	3.00	ab
	T12	21	2.8	2.78	b
	T13	43.5	3.5	3.94	a
	T14	35.375	3.1	3.25	ab

Significativo al nivel P=0.05

**Anexo 8: temperatura y humedad relativa bajo sombra durante los horarios de polinización.**

Repetición	Factor	hora			
		6-7 am	9-10 am	12-1 pm	3-4 pm
<b>R1</b>	%HR	55	36	35	35
	Temperatura C°	11.05	23.95	23.45	23.1
<b>R2</b>	%HR	54	32	37	33
	Temperatura C°	11.2	24.35	22.85	24.4
<b>R3</b>	%HR	57	46	37	37
	Temperatura C°	11.35	19.75	22.3	22.85
<b>R4</b>	%HR	76.5	58	46	44
	Temperatura C°	11.2	19.25	21.8	22.5