

BIBLIOTECA WILSON POPERO
ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
APARTADO DE
TEGUCIGALPA HONDURAS

ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN CHIRIMOYA **(*Annona cherimola* Mill.)**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de licenciatura

por

Otto Manuel Escobar Solís

El Zamorano, Honduras
Diciembre, 1996

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso
para reproducir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

BIBLIOTECA WILSON POTENOR
ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
APARTADO 83
TEGUCIGALPA HONDURAS

Otto Escobar
Otto Escobar

Honduras, 7 de diciembre de 1996

DEDICATORIA

A mi padre, Otto Escobar, por su apoyo, cariño y su
confianza en mí.

A mi madre, Zoila, por su amor, comprensión y estímulos
recibidos.

A mis hermanos, Leslie y Omar, por hacerme sentir que
nunca me faltó amor y apoyo.

A Saul (Q.D.E.P), por ser mi guía desde el cielo.
A mi patria Guatemala.

AGRADECIMIENTO

A DIOS Todopoderoso, por darme la oportunidad de llegar a culminar mi carrera y a la Virgen Santísima por guiarme por el sendero correcto

A mi familia, por brindarme siempre desde la distancia su apoyo, cariño y el aliento permanente para alcanzar nuevos ideales y metas. A ellos gracias, por brindarme el regalo y herencia mas preciada: una buena educación.

Al Dr. Odilo Duarte, por el apoyo, amistad sincera y por transmitirme sus conocimientos y brindarme su consejo y orientación dentro y fuera de los aspectos académicos.

A mis consejeros, Ing. Huete, Ing. Rojas, Ing. Nieto e Ing. Cardona, por su ayuda incondicional.

Al personal del Departamento de Horticultura, Helga, Eva, Leonidas, Manuel y Nelson, por su ayuda, su tiempo y amistad compartida.

A la familia Olachea, por su cariño y finas atenciones.

A mis Amigos, compañeros y hermanos de lucha de los años en la E.A.P., por las innumerables horas compartidas, por brindarme su apoyo constante y su amistad sincera, muy especialmente a Luis Pedro, Fernando, Javier, Jorge S., Gerardo, Jorge H., Edwin, Boris, Raquel, Sara, Ixchel, Carlos, Alcides y Victor.

RESUMEN.

El presente ensayo tuvo por objeto mejorar el cuajado de frutos de chirimoyo 'Cumbe', una variedad que al igual que todas las chirimoyas, presenta el fenómeno de dicogamia, que impide un cuajado eficiente en forma natural. Se evaluó el efecto en el cuajado, de aplicaciones de polen de la misma variedad en la mañana (6:00 - 8:00 am) y en la tarde (4:00 - 6:00 pm); además se usó polen de la variedad 'Bronceada' aplicado en la tarde, para evaluar el factor genético. Los resultados obtenidos indican que esta variedad de chirimoya responde mejor a la aplicación de polen de la variedad 'Bronceada' en el cuajado de frutos que a su propio polen. Se obtuvo cuajados de 30.3 y 23.1 % en polinizaciones con polen de la misma variedad 'Cumbe' en la mañana y en la tarde respectivamente. Con polen de 'Bronceada' aplicado por la tarde se obtuvo 46.4 % de cuajado y con polen de atemoya sólo se obtuvo 4.7 %. Todos estos resultados con polen de chirimoya superaron por amplio margen numérico al 0.98 % de cuajado obtenido en forma natural en el testigo y al 4.7 % de cuajado obtenido con polen de atemoya, siendo la polinización con polen de 'Bronceada' la única que superó estadísticamente al testigo y al polen de atemoya. El peso de los frutos y el número de semillas por fruto tuvo un resultado paralelo al del porcentaje de cuajado, indicando una estrecha relación entre estos parámetros.

CONTENIDO

PORTADILLA.....	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
PAGINA DE FIRMAS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Generalidades sobre el chirimoyo.....	2
2.1.1 Características botánicas de la flor.....	3
2.1.2 Problemas de cuajado.....	5
2.2 La polinización artificial y el cuajado de los frutos.....	6
2.2.1 Etapas de la fecundación y cuajado de frutos.....	7
- Actividad en el androceo.....	7
- Actividad en el gineceo.....	7
- Fecundación.....	8
- Desarrollo del fruto.....	9
2.2.2 Requisitos para la polinización artificial.....	10
2.2.4 Tipos de polinización artificial en chirimoya.....	11
2.3 Antecedentes en la polinización artificial en chirimoya.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Localización del estudio.....	14
3.1.1 Clima.....	14
3.1.2 Suelo.....	15
3.2 Plantación de chirimoya.....	16
3.2.1 Prácticas realizadas en la plantación.....	16
3.3 Tratamientos.....	17
3.4 Diseño experimental.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Porcentaje de cuajado.....	20
4.2 Peso de frutos.....	22
4.3 Número de semillas.....	23
4.4 Análisis preliminar Beneficio / Costo de polinización artif.....	25

V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. BIBLIOGRAFÍA	29
VIII. ANEXOS	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. Efecto de origen del polen y hora de aplicación contra no aplicación de polen sobre el cuajado de frutos	20
Cuadro 3. Análisis preliminar de Beneficio / Costo de polinización artificial en chirimoya.	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estructura floral del chirimoyo	4
Gráfico 2. Curvas de temperaturas mínimas, máximas y promedio de enero a junio de 1996 en Zamorano.....	14
Gráfico 3. Precipitación en mm de enero a junio de 1996 en el valle del Zamorano.	15
Gráfico 4. Cuajado de frutos de chirimoya en el Zamorano en el período comprendido desde febrero hasta abril de 1996	21
Gráfico 5. Peso de los frutos de chirimoya por cada tratamiento	23
Gráfico 6. Número de semillas por fruto en cada tratamiento	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable cuajado de frutos.....	31
Anexo 2. Análisis de varianza de la variable peso de frutos	31
Anexo 3. Análisis de varianza de la variable número de semillas	32
Anexo 4. Correlación entre variables número de semillas y peso de fruto	32
Anexo 5. Cuadro de temperaturas mínimas, máximas y promedio de enero a junio de 1996	33
Anexo 6. Cuadro de precipitación en el valle del Zamorano, de enero a junio de 1996	34

I. INTRODUCCIÓN.

La chirimoya es una fruta poco conocida en Centroamérica, pero muy popular en Sudamérica, principalmente consumida como fruta fresca, aunque su pulpa es usada en helados, yoghurts, batidos, jugos y postres en general. La chirimoya es comercializada en los mercados urbanos de algunas ciudades de América latina y últimamente Chile esta exportando algo; sin embargo, para esto se necesita calidad y un gran volumen. Los productores de esta fruta tienen un problema de rendimientos bajos ya que normalmente las flores no se fecundan bien pues la polinización entomófila es muy ineficiente ya que las flores no son atractivas para los insectos y hay muy pocas especies que polinizan este frutal. Además debido a que los pistilos maduran antes que los estambres (dicogamia de tipo protoginea), se tiene un bajo cuajado lo que sumado a la ineficiencia de los agentes polinizadores, da lugar a formación de pocos frutos, pequeños y asimétricos, por lo que se ha hecho necesario desarrollar métodos de polinización artificial.

El fruto de chirimoya es un sincarpio en el cual los carpelos fecundados forman un solo cuerpo. El número de carpelos fecundados en una flor determina el tamaño y la forma del fruto, por lo que al momento de aplicar el polen en flores receptoras, este debe ser bien distribuido entre todos los estigmas.

Los primeros ensayos de polinización manual en chirimoya se realizaron en 1910 y en el transcurso del tiempo se han venido mejorando estas técnicas. Últimamente se ha encontrado que los factores genéticos, como polen de otra variedad y los factores ambientales, como temperatura y humedad relativa, juegan el papel más importante en el cuajado de los frutos cuando se usa polinización artificial.

El objetivo más importante de este estudio fue aumentar el cuajado de frutos, usando diferentes variantes de polinización artificial, así como lograr frutos con mayor peso y de forma más simétrica.

Un objetivo más específico fue determinar cual variante de polinización artificial era más eficiente; esto incluye el uso de polen de la misma variedad o de diferente variedad, aplicado en la mañana o en la tarde, así como determinar la rentabilidad de esta práctica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 GENERALIDADES SOBRE EL CHIRIMOYO.

Según Gardiazabal y Rosenberg (1993), el chirimoyo es originario de América, aunque ha habido una controversia en fijar con exactitud su punto de origen, pues crece en forma natural en México y Guatemala pero se han encontrado cerámicas con forma de chirimoya en tumbas precolombinas de Perú; la evidencia biológica a favor de la región andina de Ecuador y Perú es más aceptada (Popenoe, 1927), ya que aquí el frutal crece en estado espontáneo formando bosques naturales en los Andes, pero no hay seguridad absoluta ya que las especies de *Annona* tienden a naturalizarse fácilmente. En resumen, los datos arqueológicos se inclinan por el sur de América mientras que la evidencia histórica se inclina por Mesoamérica. Lo cierto es que fue llevado a España (De la Rocha, 1967, citado por Lizana y Reginato, 1990) de donde fue distribuido por el mediterráneo y ahora es cultivado en las Canarias, Argelia, Italia, India, Israel, Filipinas, Egipto y otras regiones del mundo.

El chirimoyo pertenece al género *Annona*, de la familia Anonacea, es una planta dicotiledónea, que alcanza una altura de 5 a 8 mts. Su sistema radicular es ramificado y poco profundo. El tallo es cilíndrico, de corteza gruesa, lisa, de color verde grisáceo, con ramas muy densas con tendencia a inclinarse. De las ramillas cilíndricas brotan hojas alternas, ovadas a elípticas, suaves y de 10 a 20 cm de largo por 4 a 8 cm de ancho, oscuras en la cara superior y con pubescencia fina en la cara inferior (León, 1987). Se renuevan una vez al año, considerándose como un frutal semi-caducifolio. La base del peciolo de la hoja es hueca en la zona de unión con el tallo, ocultando allí las yemas que darán origen a la próxima brotación. Si no cae la hoja, la yema tapada por el peciolo no brotará, de ahí la necesidad de que la hoja caiga en forma natural o artificial. Las yemas son compuestas y cada una tiene la posibilidad de producir 4 brotes, produciendo ya sea ramas, flores o ambas según el tipo. Las flores son poco vistosas y hermafroditas. El fruto es un sincarpio ovoideo o esférico de 5 a 20 cm de diámetro, formado por carpelos muy prominentes en la mayoría de los cultivares, de superficie verde oscura, cubierta al inicio de su formación por un polvo blancuzco (Lizana y Reginato, 1990).

Hay una gran diversidad de cultivares, diferenciándose por la forma del fruto, color de la pulpa y primordialmente por los carpelos que pueden ser tuberculados, mameionados o lisos. En este estudio se trabajó con los cultivares Cumbe y Bronceada de Perú y Chile respectivamente.

Respecto a la ecología del chirimoyo, según Ibar (1979), su cultivo se extiende hasta los 30° de latitud. Requiere de una estación seca y cálida de unos 5 meses y el resto un ambiente fresco y poco húmedo. Acepta temperaturas diurnas de 15 °C pudiendo resistir hasta -5 °C pero por poco tiempo. Es curiosa la respuesta del chirimoyo al frío, pues

se comporta como un árbol caducifolio y en zonas de invierno suave permanece con hojas, por lo que se le puede clasificar como un frutal semi-caducifolio (Lizana y Reginato, 1990). Es muy sensible al viento, pudiendo afectar tanto la forma del árbol como causar un menor cuajado por mala polinización.

Los suelos óptimos para su crecimiento son los franco-arenosos, con bastante materia orgánica, no alcalinos, con un pH que varía de 6.0 (ligeramente ácido) a 7.5 (ligeramente alcalino), con una proporción de carbonato de calcio inferior al 7 %, profundos, frescos y ligeros, de fácil drenaje, que eviten encharcamientos por lo que no deben tener niveles freáticos altos.

Según Duarte et al. (1974), citado por Lizana y Reginato (1990), el chirimoyo se propaga por medio de semillas y luego se injerta para obtener una plantación homogénea. También puede propagarse por acodo o por estaca, aunque es muy difícil y no es usado comercialmente.

La distancia de siembra va de 6 a 8 metros lo que representa 160 a 290 árboles por hectárea. Entre las labores del cultivo, aparte de riegos y fertilizaciones, predominan las podas de formación, de fructificación y de renovación.

En cuanto a las plagas que atacan al chirimoyo, predominan entre los insectos, los coqueños y la mosca de la fruta, esta última causa grandes daños en el fruto; además, existen dos plagas claves, una es un perforador de semillas: *Bephratelloides spp.*, y la otra, un perforador del fruto: *Cerconota anonella* Sepp (Bustillo y Peña, 1992) Entre las enfermedades predominantes se puede mencionar la tristeza o panizo del chirimoyo y la antracnosis del fruto, además de numerosos patógenos que lo atacan en la etapa de post-cosecha como *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Phomopsis* y *Alternaria*.

Según Ibar (1979), la cosecha se realiza cuando el fruto empieza a tomar un color verde-amarillento, esto se da de 5 a 8 meses después de producida la polinización de las flores, durando la cosecha 2 o 3 meses. Por ser un fruto climatérico, luego de su cosecha continúa madurando, ablandándose, cambiando de color, generando aroma y concentrando su dulzura lo que lo hace tan codiciado entre los conocedores del buen sabor de los frutos tropicales.

2.1.1 Características botánicas de la flor.

La descripción que da León (1987) es que las flores del chirimoyo son hermafroditas, poco aparentes, muy aromáticas y colgantes, con un pedúnculo un poco más corto que la flor. El periantio es trímero, heteroclamídeo.

El cáliz es dialisépalo formado por tres sépalos pequeños de unos 5 mm de ancho y cerca de 2.5 cm de largo, linear-oblongos y carnosos, están unidos y son de color café verdoso, pubescentes y de forma triangular.

La corola dialipétala esta formada por seis pétalos unidos en la base, provistos de un abultamiento en el dorso y en la base, tres de los pétalos se encuentran atrofiados. Las dos series de pétalos están insertas en un receptáculo ancho y carnososo. Los pétalos externos son largos, de 2.5 cm de largo, linear oblongos, carnosos y gruesos, de forma piramidal alargada, a veces elíptica, triangulares a elípticos en un corte transversal, con una depresión o cavidad basal interna que sirve de alojamiento a los órganos de la reproducción y los internos son cortos de 1.5 a 2.5 mm de largo. Los pétalos unidos en la base se insertan por medio de un rodete en el tálamo, el cual contiene helicoidalmente los estambres y pistilos que darán origen a un ovario súpero.

El androceo consta de numerosos estambres libres que van de 150 a 200 en cada flor. Los estambres en el período de desarrollo forman una masa compacta y blanca que se encuentra oprimida por los pétalos. Estos estambres son carnosos, aplanados y de filamento corto y al ser muy numerosos junto con los carpelos, y al estar insertos en espiral, forman en la parte interior un disco o toro. Cada estambre se compone de dos tecas largas, unidas por un tejido conectivo de color anaranjado en el ápice. Los carpelos forman un cono en el ápice del receptáculo

El gineceo es sincárpico y unilocular, consta de 70 a 100 carpelos, hasta un máximo de 300. Estos son concrecentes y monoespermos, se fecundan independientemente, y una vez efectuada la fecundación, se sueldan periféricamente entre sí por medio de tejido conectivo. Los pistilos se ubican en un ensanchamiento del tálamo, a continuación de los estambres. El estigma es carnososo y delgado mientras que el estilo y el ovario son abultados. Los carpelos del gineceo están dispuestos helicoidalmente al igual que los estambres. Además están separados y sólo se unen por la base. Una vez fecundados individualmente, se sueldan entre sí dando lugar a un agregado de frutos o eterio que al alcanzar su completo desarrollo puede considerarse una gran baya.

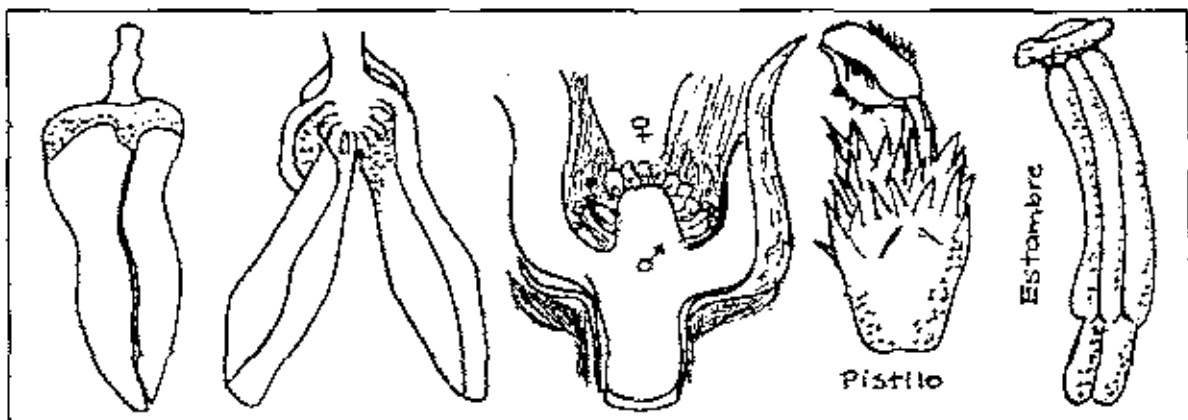


Figura 1. Estructura de la flor del chirimoyo.

Las flores aparecen generalmente en brotes de la madera de 1 o más años de edad, entre la primera y la quinta hoja, opuestas a ellas, formándose en las ramillas jóvenes o en las axilas formada por las hojas caídas en las ramas viejas; son de posición pendiente y de pedúnculo corto y curvo (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

La mayoría de las flores son producidas en ramillas desarrolladas en la misma temporada de crecimiento vegetativo, de forma solitaria, algunas se desarrollan en madera del año anterior y se dan ya sea solitarias o en grupos de dos o tres a lo largo de la ramilla y en la parte terminal. El resto de las flores se produce en madera de varios años de edad (León, 1987).

2.1.2 Problemas de cuajado.

Las primeras flores del chirimoyo aparecen cuando las plantas tienen de 3 a 4 años de edad, brotando una vez al año, en períodos variables según la localidad y la variedad. 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 (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

La flor del chirimoyo es hermafrodita presentando un gran problema de dicogamia de tipo protoginea (Schroeder, 1941 ; Chandler, 1964 ; De la Rocha, 1967, citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993). La dicogamia es un fenómeno en el cual no llegan a sazón al mismo tiempo los estambres y los pistilos de las flores, lo que trae como consecuencia una disminución de la capacidad de autofecundación. En el caso de las flores del chirimoyo, la dicogamia es de tipo protoginea, o sea que es el órgano femenino el primero en estar maduro, es decir, apto para recibir polen y ser fecundado, mientras que el órgano masculino se encuentra todavía inmaduro (Schroeder, 1941, citado por Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

Según Blumenfeld (1975), citado por Gardiazabal y Rosenberg, (1993), el día de la apertura de la flor, los pétalos comienzan a separarse en la mañana y en la misma tarde de ese día se da la mayor apertura de ésta, considerándose aquí el inicio de la etapa femenina. En este período los pistilos están receptivos y tienen los estigmas de un color blanco y brillantes pero las anteras aún no emiten polen. Al mediodía del día siguiente, los pétalos se abren, de forma que crean un ángulo más extendido que el anterior y mas o menos 26 horas después del inicio del estado femenino, la flor cambia al estado masculino. En el estado masculino, los pétalos se abren ampliamente. El anillo de estambres que hasta ese momento poseía un color blanco, se torna crema. Asimismo, las anteras se separan unas de otras y emiten polen por suturas o hendiduras longitudinales; Ya para ese entonces, los estigmas están marchitos y no pueden fertilizarse. Según Schroeder (1943), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993), la fase receptiva del pistilo dura de 2 a 7 horas.

Estudios realizados por VenKataratnam (1959), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993), indican que el máximo de flores se abren entre las 4:00 y 8:00 horas y luego entre las 16:00 y 20:00 horas.

Bajo las circunstancias anteriormente descritas, la dicogamia impediría la autopolinización normal según lo exponen Schroeder (1941), Chandler (1964) y De la Rocha (1967), pero Farré et al. (1976) afirman que puede haber coincidencia en ambas fases produciéndose en ese caso autofecundación (todos citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

Por otro lado, Schroeder (1971) en California y Saavedra (1977) en Chile, citados por Gardiazabal y Rosenberg en 1993, han observado que los agentes polinizadores visitantes de las flores, son muy escasos, y la presencia de un solo insecto polinizador dentro de la flor da como resultado frutos deformes en la mayoría de los casos, por lo que se necesitan altas poblaciones de estos. Según Gazit et al. (1982) y Podoler et al. (1984 y 1985), citados por Lizana y Reginato (1990), en trabajos realizados en Israel, determinaron que los Coleópteros de la familia Nitidulidae son los más activos en la polinización natural del chirimoyo, pero no son tan eficientes y no se encuentran en todos los lugares del mundo en cantidades útiles para polinizar, además de que el género *Annona* no los atrae en forma natural por lo que se necesitaría usar atrayentes o trampas.

La protogineia marcada de la chirimoya y la ineficiencia de los agentes polinizadores causan un bajo cuajado de frutos, así como frutos pequeños y asimétricos, salvo en condiciones de clima óptimo donde se da cierto traslape de las fases masculinas y femeninas y existen altas poblaciones de estos insectos polinizadores (Sainte Marie, 1984; citado por Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

2.2 LA POLINIZACIÓN ARTIFICIAL Y EL CUAJADO DE LOS FRUTOS DE CHIRIMOYO.

La polinización artificial del chirimoyo o también llamada manual o dirigida la practicó por primera vez Wester en la Florida en 1910, según Schroeder (1941), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993). Como los pistilos maduran antes que los estambres (protogineia), tenía que obtener el polen de flores ya abiertas y traspasar artificialmente dicho polen a flores que recién iniciaban la separación de sus pétalos y con esta técnica, además de obtener más frutos, éstos salían de una forma más simétrica (Wester, 1910; Ahmed, 1936; Schroeder, 1943; Schwarzenberg, 1946; Saavedra, 1979; Pavez, 1985; Sainte Marie, 1987, citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

A pesar de que las primeras pruebas de esta técnica de traspasar polen de flores no receptivas a flores receptivas, se realizaron a inicios del siglo, estos resultados se quedaron como estudios y no fue sino hasta las décadas de transición de los 70's a los 80's en que se empezó a darle uso comercial a esta técnica en los huertos de producción de chirimoya.

El fruto de chirimoyo es un sincarpio compuesto por muchos pistilos individuales los que se fusionan para formar una sólida estructura. Cada uno de estos pistilos debe ser polinizado para producir la semilla dentro de él y enseguida desarrollará la pared del ovario. Si sólo unas pocas semillas se desarrollan, el fruto será pequeño y asimétrico, por lo que para asegurar un fruto grande y bien formado todos los pistilos deberían ser polinizados.

2.2.1 Etapas de la fecundación y del cuajado.

Para explicar el proceso de la fecundación, primero se describirá lo que pasa en el androceo y en el gineceo, donde el polen iniciará su camino hasta llegar al óvulo y realizar el fenómeno final que nos interesa.

• Actividad en el androceo:

Según Weier, Stocking y Barbour (1979), cada estambre consta de una antera sostenida por un filamento. La antera está formada por cuatro lóbulos largos que se encuentran unidos, denominados sacos polínicos. Durante las primeras etapas del desarrollo de la antera, cada saco polínico contiene una masa de células en proceso de división, denominadas microsporocitos (células madres de las microsporas). Cada microsporocito se divide por meiosis para formar cuatro microsporas haploides (n). Después, el núcleo de cada microspora se divide por mitosis para formar un grano de polen de dos células que contiene una célula tubo y una célula generatriz más pequeña. La función del gametofito masculino haploide de dos células es formar los núcleos espermáticos que se requieren durante la fecundación.

El grano de polen está rodeado por una pared celular elaborada y ornamentada. La pared celular del grano de polen se forma de un material bastante duro denominado esporopolenina.

Una vez que los granos de polen han madurado, la pared de la antera se abre, los deja en libertad y el polen tiene que llegar a los estigmas de la flor y a este proceso se le llama polinización. Al ser el polen y los estigmas genéticamente compatibles, el polen germina formando un tubo polínico. El crecimiento del grano de polen es altamente estimulado por cantidades adecuadas de calcio. Buenas concentraciones de calcio en el ovario pueden provocar estímulo chemotrópico que guiará el crecimiento y orientación del tubo polínico hacia el óvulo. La sacarosa y el boro también juegan un papel importante en la germinación del polen.

• Actividad en el gineceo:

Weier et al., (1979) explican que el gineceo está formado por el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es una estructura hueca que tiene una cámara o lóculo. En la

superficie estigmática hay unas proyecciones celulares cortas que ayudan a retener los granos de polen y secretan una solución viscosa y dulce conocida como fluido estigmático.

El óvulo es la estructura que se transforma en la semilla y que surge como una masa de células en forma de cúpula sobre la superficie de la placenta. Por regla general, tres de esas células se desintegran y desaparecen, en tanto que la más alejada del micrópilo aumenta su tamaño considerablemente. Esta megaspora se desarrolla en un saco embrionario maduro. Las etapas normales son las siguientes: a-) una serie de tres divisiones mitóticas que forman un saco embrionario de 8 núcleos, b-) la migración de los núcleos y c-) la formación de la pared celular en torno a los núcleos.

En el extremo micropilar del saco embrionario se encuentra 1 célula huevo asociada con 2 células sinérgidas. Los 2 núcleos que se desplazan hacia el centro, acercándose uno al otro se denominan núcleos polares. Los 3 núcleos restantes que se localizan en el extremo del saco embrionario forman las células antípodas. El saco embrionario al llegar a su madurez se encuentra listo para la fecundación.

• Fecundación:

La descripción que hacen Rost et al. (1979) sobre este proceso es la siguiente: Antes de que se efectúe la fecundación, el tubo polínico se ha desarrollado a través del estigma, el estilo y ha entrado al ovario. Varios granos de polen, al germinar, desarrollan tubos polínicos que crecen a través del pistilo, pero por lo común sólo uno de ellos entra al saco embrionario para efectuar la fecundación. Mientras crece el tubo polínico, la célula generatriz que se encuentra en su interior se divide por mitosis y forma dos células espermáticas.

Al llegar al ovario, el tubo polínico crece en dirección de uno de los óvulos, por lo común entra al micrópilo, penetra una o varias capas celulares de la nucela y se aproxima a la célula huevo y a la célula madre del endospermo. Todas estas etapas son difíciles de observar, pero es probable que el extremo del tubo polínico, al abrirse, permita que una de las células espermáticas entre a la célula huevo y la otra a la célula madre del endospermo. Dentro de la célula, el núcleo de ésta se fusiona con el de la célula espermática; mientras tanto, el núcleo de la otra célula espermática se fusiona con los dos núcleos polares dentro de la célula madre del endospermo.

El resultado de esas fusiones es el cigoto y la célula primaria del endospermo; posteriormente las células antípodas y sinérgidas degeneran y se establecen las condiciones para el desarrollo posterior de la semilla y del fruto.

Las fusiones que se llevan a cabo en el saco embrionario dan lugar a los siguientes cambios en todo el ovario:

■

- - Desarrollo del cigoto para formar una planta embrionaria o embrión.
- - Desarrollo de la célula primaria del endospermo para formar el endospermo.
- - Desarrollo de los integumentos para formar las cubiertas de la semilla.
- - Absorción de los tejidos de la nucela.
- - Desarrollo de los tejidos del ovario para formar el fruto.

La importancia de la fecundación es estimular el crecimiento de ciertas partes florales y propiciar la marchitez de otras. El resultado neto es el desarrollo de la pared del ovario en un fruto y del óvulo en una semilla.

• Desarrollo del fruto.

Cuando ocurre la polinización conjuntamente con la germinación del grano de polen, se produce crecimiento y desarrollo del ovario. Al mismo tiempo se inicia la marchitez de los pétalos y estambres, así como su abscisión. Estos cambios que establecen la transición de la flor en fruto constituyen lo que llamamos cuajado del fruto.

Rost et al. (1979) explican que la pared del ovario se divide en tres capas distintas: a-) epidermis externa, b-) epidermis interna y c-) una región media que se forma por varias capas de células. La fecundación da lugar a una serie de cambios en el saco embrionario y en otros tejidos del óvulo, que conducen al desarrollo de la semilla. Los tejidos de la pared del ovario sufren cambios notables en sus tres capas. A la pared del fruto se le denomina pericarpio y a las tres partes más o menos distintas, desde el exterior hacia el interior, se les denomina exocarpio, mesocarpio y endocarpio. Si se presentan óvulos pequeños y aún no desarrollados o abortivos es probable que esos óvulos no fueron fecundados. Si ninguno de ellos es fecundado en el ovario, este no crece, a no ser que haya cierto tipo de partenocarpía.

Para que se dé un desarrollo normal del fruto, se debe seguir la secuencia polinización - fecundación - y desarrollo de la semilla.

El estímulo de crecimiento después del cuajado del fruto puede ser relacionado con el contenido de auxinas. El estímulo de las auxinas no solamente proviene del polen sino también del ovario (Muir, 1942, citado por Montes, 1996).

El desarrollo de los frutos sigue una doble curva sigmoide similar a frutales de hueso. La primera fase de crecimiento dura aproximadamente 100 días después de la floración (Saavedra, 1979 ; Pavez, 1985, citados por Lizana y Reginato, 1990).

2.2.2 Requisitos para la polinización artificial y cuajado del chirimoyo.

De acuerdo a lo indicado por Ibar (1979), para que se realice una buena polinización, debe existir una floración homogénea en la plantación. En un lugar de clima semi-templado, el chirimoyo, después del reposo invernal donde ha botado las hojas, renace a la vida cuando alcanza los 11 - 16 ° C y aquí se inicia la brotación de las yemas y la floración uniforme que se desarrolla durante 2 meses. En un lugar más cálido, se induce la floración del chirimoyo defoliándolo para que broten las yemas.

Para Gardiazabal y Rosenberg (1993), los factores más importantes para una buena polinización y cuajado son:

- *-Temperatura:* Las altas temperaturas traen consigo bajas en la producción, esto puede deberse a que acentúan la dicogamia o que a más calor hay una menor humedad relativa.
- *-Humedad relativa:* La humedad relativa al momento de la polinización artificial es muy importante y fundamental para obtener un buen cuajado. Tanto así que se han hecho investigaciones en Australia (George y Campbell, 1991, citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993) concluyendo que las mejores horas para polinizar son temprano en la mañana y cayendo la tarde, pues en estos momentos la humedad relativa es alta, mientras que al mediodía, puede bajar considerablemente el cuajado por una humedad relativa baja, ocasionando un resecamiento de los pistilos, dando como consecuencia un menor tiempo en la fase receptiva del estado femenino de la flor.
- *-Viento:* La acción constante del viento afecta negativamente la polinización al resecar los pistilos y también puede botar flores o frutos. La rápida deshidratación del estigma es considerada uno de los problemas más importantes para la polinización artificial, pues por la acción del viento, las hojas no protegen a las flores de la exposición directa del sol.
- *-Etapa de floración:* Cuando la polinización se efectúa en flores del inicio de la temporada de floración, se da un porcentaje de cuajado menor que si la polinización se realiza en flores de pleno crecimiento vegetativo. Saavedra en 1977 (citado por Gardiazabal y Rosenberg, 1993), comprobó que en las flores de inicio de floración, los granos de polen al principio forman una tétrada, no se separan y sus poros germinativos están orientados hacia el centro por lo que no habría germinación de éstos o ésta es muy baja.
- *-Tipo de variedad:* Algunas variedades logran un mayor porcentaje de cuajado debido a que tienen una alta tasa de secreción pistilar y esto evita resecamiento de los órganos reproductivos. Además por este mismo motivo, en variedades que tienen un mejor cuajado, se debe polinizar artificialmente menos flores o ralea frutos jóvenes, pues sino saldrían frutos muy pequeños.

- *-Tipo de rama:* Existen 2 factores a considerar con respecto al tipo de rama: Vigor de la ramilla y tipo de ramilla.

El vigor de la ramilla es fundamental tomarlo en cuenta, pues para tener frutos de buen calibre pueden polinizarse muchas flores en ramillas vigorosas, aunque después se tenga que hacer un raleo de frutos, dejando un fruto por cada 12 o 15 cm.

En ramillas débiles no deben polinizarse más de dos flores, pues caso contrario, las chirimoyas serán pequeñas, con una mala relación pulpa-semilla y además habrá una fuerte caída de frutos antes de la madurez pues la rama no soportará el peso de los frutos.

El tipo de ramilla es otro punto importante a tomar en cuenta. El cuajado de los frutos es deficiente cuando se polinizan flores provenientes de ramillas muy vigorosas y de crecimiento erecto. Por esto, se debe preferir polinizar flores en ramillas débiles y robustas que estén en posición horizontal.

- *-Nutrición de la planta:* Es importante y necesario realizar una abundante fertilización en los huertos en que se va a realizar polinización artificial, pues los árboles deben ser capaces de soportar la carga adicional de frutos y si no están bien nutridos, se notará un fuerte decaimiento de éstos.

Existen varios microelementos esenciales en el proceso de polinización. Uno de ellos es el calcio, el cual estimula el crecimiento del grano de polen y con adecuadas concentraciones de este elemento en el ovario, se provoca el estímulo de chemotropismo, único en fecundación, que se encarga de guiar el crecimiento y orientación del tubo polínico hacia el óvulo. Otros elementos importantes en la polinización son boro y sacarosa, los cuales estimulan la germinación del grano de polen.

2.2.4 Tipos de polinización artificial de chirimoyo.

Existen 2 tipos de polinización: cruzada y autopolinización. En el chirimoyo la polinización natural es difícil por la dicogamia como ya se ha discutido (León, 1987), por lo que se van a describir diferentes tipos de polinización artificial.

1- Schroeder (1941, citado por Gardiazabal y Rosenberg, 1993) propuso la siguiente técnica: Primero se recolectan las flores en las cuales los pétalos empiezan a abrirse, observando que los estigmas tengan un color blanco brillante. Estas flores se colocan en un recipiente tapado con un paño húmedo para conservarlas con alta humedad relativa. Al día siguiente, estas flores han abierto sus pétalos completamente y las tecas están abiertas. Se sacuden las flores tratando de que el polen quede dentro de un frasco junto con las anteras y luego se puede aplicar este polen a flores en el huerto, que estén en el mismo estado en que fueron cosechadas las anteriores.

La aplicación del polen puede hacerse con un pincel, introduciéndolo en la flor y esparciendo el polen sobre los estigmas con un movimiento circular. También se puede aplicar el polen con un espolvoreador con bomba de aire.

2- Otro método de esta técnica de polinización sería hacer lo mismo que en el anterior, pero en el momento de recolectar el polen con las anteras en el frasco, se pasa éstos por una malla para cerrarlos y así se separa las anteras del polen y el polen puro se puede mezclar con material inerte como talco o licopodio, para aumentar su volumen y superficie de contacto (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

3- Una técnica muy usada actualmente es la recolección del polen directamente en el huerto en el momento en el que las flores se han abierto completamente, y se le mete en frascos sacudiendo las flores y luego se aplica ese mismo polen en flores que estén en estado femenino, pues en el huerto existen flores en todas las etapas de maduración.

La polinización se puede realizar igualmente al día siguiente y subsiguiente, siempre y cuando el polen sea almacenado de una manera adecuada con una humedad relativa cercana al 100 % (Gazit et al., 1984, citado por Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

2.3 ANTECEDENTES EN LA POLINIZACIÓN ARTIFICIAL DE CHIRIMOYO.

A continuación se describirá en orden cronológico, los diferentes estudios que se han realizado en polinización artificial con chirimoya, presentando brevemente sus resultados de acuerdo a Gardiazabal y Rosenberg (1993):

- 1910; De acuerdo con Schroeder (1941), Wester practicó los primeros ensayos de polinización artificial de chirimoya en la Florida.

- 1936; Ahmed (citado también por Schroeder, 1941), en Egipto, corroboró lo anterior publicando un artículo donde concluía que se debía transportar polen a flores recién abiertas de flores completamente abiertas.

- 1941; Schroeder indicó que los problemas del chirimoyo en el cuajado se debían a que las flores presentaban el fenómeno de dicogamia de tipo protoginea. Esto fue corroborado por Chandler en 1964 y De la Rocha en 1967.

- 1943; Schroeder ensayó su método, encontrando que existe un mayor cuajado en árboles polinizados artificialmente.

- 1944; Rosenberg ensayó en el jardín botánico de La Serena con polinización artificial encontrando que era más ventajoso emplear polen de distintas variedades para lograr mayor cuajado. Este estudio duró hasta 1958.

- 1946; En La Cruz (Quillota), Schwarzenberg encontró que se lograban mejores resultados cuando se polinizaba con polen de la misma variedad, lo que contrastaba con lo encontrado por Rosenberg (1944).

- 1977; Saavedra comprobó en Chile que en flores del inicio de floración, al realizarse la polinización artificial, el cuajado de los frutos era bajo, sin embargo Herrera en 1985, determinó que un alto porcentaje de las tétradas formadas por el polen, germinaban antes de 20 minutos por lo que no debería haber problema en la obtención de buenos resultados de cuajado.

- 1979; Saavedra y Campbell, en diferentes lugares usaron ácido giberélico y ácido indol acético para producir cuajado de frutos en chirimoya, obteniendo resultados negativos por respuestas erráticas del frutal. Obtuvieron resultados positivos con atemoya pero esto no ha sido usado comercialmente.

- 1981 y 1982; Carter, en Quillota y Gazit et al., en Israel, respectivamente, emplearon bioreguladores en flores del chirimoyo, obteniendo frutos sin semillas o partenocárpicos.

- 1984; En la zona de la Cruz, Sainte Marie corroboró estudios anteriores, midiendo el efecto de la polinización artificial, utilizando polen de diferentes fuentes, encontrando que son los factores climáticos los que causan diferencias y contradicciones en este punto pues en algunas variedades se obtenía mejores resultados con polen de otras fuentes y en otras variedades era lo contrario. En este mismo año determinó que había diferencias entre los sistemas de polinización artificial en relación a las variables: cantidad cosechada, peso y forma de los frutos, uso de distintos instrumentos (pincel o espolvoreador) y uso de diferentes mezclas de polen.

- 1985; En España, Lopez-Cazar reportó que cuando los granos de polen forman una tétrada en inicios de floración, germinan y son capaces de fecundar a los pistilos de las flores.

- 1987; En Israel, Gazit et al., probaron el efecto de la temperatura y de la humedad relativa en la viabilidad del polen, concluyendo que conservando el polen a -4°C ., no se obtenía cuajado. Conservándolo a 15°C . se obtenía un cuajado adecuado (sobre el 70 %) y con temperaturas de $21 - 26^{\circ}\text{C}$. y una humedad relativa del 100 %, se obtenía un buen cuajado hasta 36 horas después de recolectado el polen.

- 1989; En España, García del Corral logró un 80 % de cuajado con polinizaciones realizadas entre las 9:00 y 12:00 horas, bajando a menos de 20 % entre las 14:00 y 16:00 horas, volviendo a subir a 70 % al realizar la práctica a las 19:00 horas.

A pesar de que los primeros ensayos de polinización artificial realizados por Schroeder en California y por Schwarzenberg en Chile corresponden a 1941 y 1946 respectivamente, no fue sino hasta fines de los 70's y comienzos de los 80's que se empezó a hacer uso comercial en altas proporciones de esta útil y eficaz práctica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.

El experimento se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, en el valle del río Yeguare, a 30 km. al este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 14°00 de latitud norte y 87°02 de longitud oeste y a una altitud sobre el nivel del mar de 800 metros.

Se trabajó en una plantación de chirimoya ubicada en los terrenos del Departamento de Horticultura. El estudio se inició en enero de 1996 y finalizó en agosto del mismo año.

3.1.1 Clima.

El total de precipitación para el año de 1996 en el valle (enero - agosto) fue de 629 mm, concentrándose estas en los meses de mayo, junio y septiembre. Las temperaturas mínimas y máximas se presentan en el gráfico 2 y las precipitaciones de este período en el gráfico 3.

Gráfico 2. Temperaturas (°C) de enero a junio de 1996 en Zamorano.

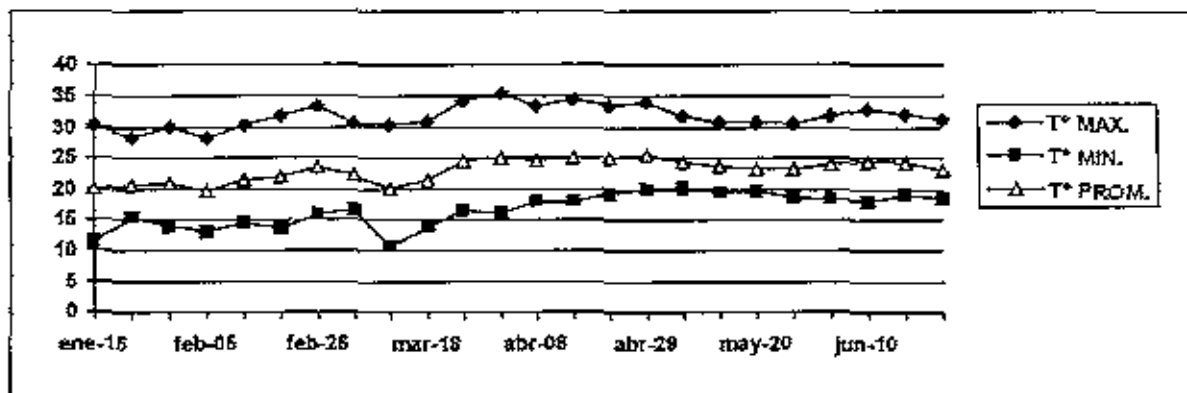
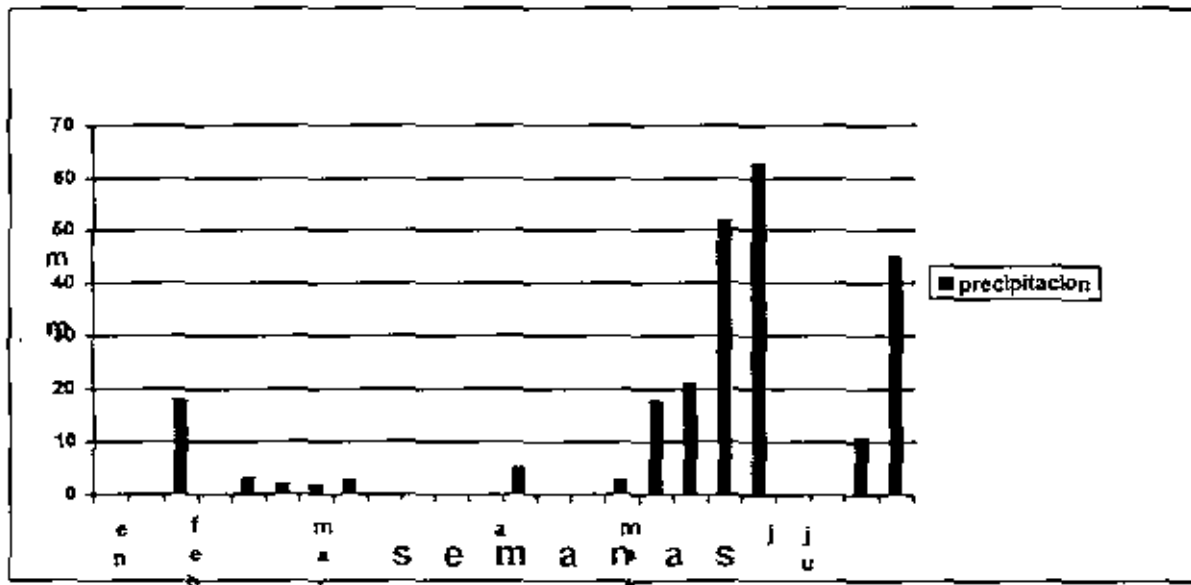


Gráfico 3. Precipitaciones (mm) de enero a junio de 1996 en Zamorano.



3.1.2 Suelo.

Para analizar los datos de cuajado y producción del chirimoyo se tenía que conocer el historial del suelo así como su estructura, textura y pH, para saber como respondería el frutal bajo estas restricciones. Se tomaron 10 submuestras en el lote 3 a una profundidad de 0 - 15 cm y de 15 - 30 cm en base a un muestreo al azar, de manera que fueran representativas para todo el lote donde estaba la plantación. Se analizaron las muestras de suelos en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana encontrándose que tenían una textura franco arenosa y un pH de 4,8, lo cual es muy ácido para el frutal.

3.2 PLANTACIÓN DE CHIRIMOYA.

El estudio se llevó a cabo en la pequeña plantación de 43 árboles de chirimoya de cuatro y medio años y aproximadamente 2 metros de altura, plantados a una distancia de 4 x 5 metros.

Para los tratamientos de polinización se escogieron 6 árboles, del cultivar 'cumbe', que es uno de los más populares de Perú y para un tratamiento se utilizó flores de un cultivar chileno llamado 'bronceada', a las cuales se les extrajo el polen. El cultivar 'bronceada' es un árbol de tamaño grande, buen cargador de frutos, tiene flores con gran cantidad de polen y responde muy bien a la polinización artificial (Gardiazabal y Rosenberg, 1993).

Además en un tratamiento se utilizó polen de flores de atemoya que se extrajo de árboles plantados junto a los chirimoyos.

La floración en los árboles ocurrió de manera desuniforme y escasa.. Esto afectó la realización del estudio, pues no se tenían muchas flores en el estado requerido para llevar a cabo la polinización, por lo que no se hicieron igual número de aplicaciones de polen de cada tratamiento en un bloque determinado.

3.2.1 Prácticas realizadas a la plantación.

Se realizaron varias prácticas culturales en la plantación, antes de que se empezara el experimento así como en el transcurso de éste. Estas prácticas afectaban tanto directa como indirectamente los resultados buscados en el experimento como cuajado de frutos y desarrollo de estos.

- **Defoliación y poda.** Se realizó una poda el 19 de enero de 1996, defoliando y despuntando los árboles de toda la plantación para así ayudar a que las yemas escondidas dentro de los peciolas de las hojas, quedaran descubiertas e iniciaran su brotación, esperando que 6 semanas después de realizada esta práctica ocurriera la floración de chirimoya. El objetivo del despunte era incitar a que las ramas perdieran su dominancia apical y brotaran las yemas reproductivas de éstas.

• **Fertilización.** En base a los requerimientos del cultivo, se hizo una primera fertilización el 26 de enero, una semana después de la defoliación, aplicándose 500 gms de urea por árbol, siendo esto aproximadamente 230 gms de nitrógeno por planta. En la literatura se recomienda aplicar 150 gms por planta 3 veces al año (Ibar, 1979). El 19 de marzo del 96 se realizó la segunda fertilización coincidiendo esta con la floración de los árboles. Esta vez se incluyó en la mezcla fósforo, potasio, magnesio y boro. Se aplicaron 500 gms de 20 - 7 - 12 con 3 % de magnesio y 1,2 % de boro.

• **Riegos.** Se contó con riego por gravedad durante los primeros meses. Después de la defoliación los requerimientos de agua del chirimoyo bajan por lo que no eran necesarios los riegos frecuentes del inicio. Ya en época de floración se debía mantener mas húmedo el suelo y esto coincidió con el inicio de las lluvias y se complementó con riego por gravedad.

• **Deshierbas.** Para el combate de malezas dentro de la plantación se utilizó únicamente control mecánico. Las malezas que causaron más problemas fueron *Cenchrus sp.*, *Chloris sp.*, *Digitaria sp.*, *Bidens pilosa* y *Sorghum halepense*.

• **Control fitosanitario.** El único problema fitosanitario que causó daños de consideración fue una larva identificada como *Cerconota anonella* Sepp. (Lepidoptera : Oecophoridae ; Stenomatinae). Este lepidoptero de la familia Oecophoridae barrena los frutos y causa pudriciones al permitir la entrada de bacterias y hongos (Bustillo y Peña, 1992). Esta plaga fue identificada por el Centro de Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal. En algún caso se presentó el ataque de *Bephratelloides spp.* (Hymenoptera : Eurytomidae), una avispa que también perfora el fruto para llegar a la semilla (Bustillo y Peña, 1992).

El 19 de marzo de 1996 se aplicó a las flores y frutos "Lannate" al 2 por mil y "Javelin" al 2 por mil. Al final de la cosecha, no se controló esta larva por lo que dañó gran cantidad de frutos.

3.3 TRATAMIENTOS.

El objetivo del estudio fue aumentar el cuajado de frutos por medios artificiales. Para ello se realizaron varios tratamientos para polinizar flores en estado femenino. En todos los tratamientos se aplicó el polen con pincel.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Aplicación de polen puro de la misma variedad por la tarde.
2. Aplicación de polen puro de otra variedad por la tarde.
3. Aplicación de polen puro de la misma variedad por la mañana.
4. Aplicación de polen puro de atemoya.
5. Testigo o control con polinización natural.

La variación entre los diferentes tratamientos radicaba en hora del día en la cual se llevaba a cabo la polinización y las fuentes de origen del polen. En los tratamientos que se usó polen de la misma variedad, éste provino del cultivar 'cumbe' y en el tratamiento en el cual se aplicó polen de otra variedad, éste fue extraído de flores del cultivar 'bronceada'.

Los instrumentos que se utilizaron para llevar a cabo la práctica de polinización artificial no eran sofisticados ni difíciles de obtener, básicamente consistían en: frascos, paños de tela, pinceles delgados, pinzas, botes pequeños con tapadera, etiquetas, hilo plástico y marcador de tinda indeleble.

Los pinceles preferiblemente debían tener cerdas finas de camello para una eficaz distribución del polen en las flores a polinizar.

Para el caso específico del tratamiento de aplicación de polen de la misma variedad por la tarde, se recolectaron flores recién abiertas que estaban en estado femenino y a punto de pasar al estado masculino. La recolección se hizo en la tarde. Se llevaron estas flores a una habitación cerrada, luego se colocaron en un frasco tapándose con un paño húmedo para conservar una alta humedad relativa. Al día siguiente se observaba el cambio de la flor al estado masculino expresado en una separación mas amplia de sus pétalos y se procedía a inmovilizar las flores con una pinza y se sacudían en un bote pequeño donde se recolectaba el polen junto con las anteras. Aquellas flores que no abrían bien, ya que no habían alcanzado a plenitud el estado masculino, podían ser forzadas sacándoles los estambres inmaduros, guardándose estos a temperatura ambiente para ser utilizados en la polinización del día siguiente. Con el polen recolectado en el frasco, el cual estaba identificado, se procedía con la práctica de polinización artificial, llevándose ésta a cabo entre las 4:00 y las 6:00 p.m. La práctica consistía en introducir el pincel en el bote que contenía el polen y se recogía el polen junto con las anteras entre las cerdas del pincel, luego se buscaba al azar en el árbol seleccionado para el tratamiento alguna flor en estado femenino, con los pétalos recién abiertos y los pistilos de color cremoso y brillantes y se introducía el pincel en la flor moviéndolo en forma circular y tratando de pasarlo dos veces para cubrir bien todos los estigmas y esparcir adecuadamente el polen para lograr una exitosa polinización.

En el segundo tratamiento, los pasos seguidos fueron básicamente los mismos, variando únicamente en que la recolección de las flores se hacía de otro cultivar ('bronceada'). Se tuvo cuidado en rotular los botes donde se guardaba el polen para evitar equivocaciones al momento de la aplicación del polen, así como de limpiar bien el pincel

cuando se cambiaba de un bote de polen a otro con diferente fuente de origen. La aplicación del polen se realizó igualmente en la tarde,

El tercer tratamiento consistió en llevar a cabo los mismos pasos del tratamiento 1 pero la polinización ya no se llevaba a cabo en la tarde sino que de 6:00 a 8:00 de la mañana, esto para ver los efectos de diferentes horas del día.

Un último tratamiento (4) fue añadido al experimento y para él se obtuvo polen de atemoya cv. 'Gefner' y se aplicó de la misma manera que los tratamientos anteriores.

El tratamiento 5 fue el testigo, en el cual se identificaron las flores que no se les había realizado ninguna aplicación de polen.

Las flores en las cuales se había llevado a cabo un tratamiento específico fueron identificadas con una etiqueta resistente al agua y al viento. Estas etiquetas se colgaron de los pedúnculos de las flores con un hilo de plástico, teniendo cuidado de no ahorcar las flores por lo que se hicieron nudos corredizos para evitar caídas prematuras de los frutos por degollamiento. En estas etiquetas se marcó el número del tratamiento usado, así como su fecha de realización.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con 5 tratamientos y se usaron 6 bloques o 6 árboles adultos de chirimoya (Steel y Torrie, 1985), ya que cada árbol cumplía la función de un bloque en el cual se encontraban todos los tratamientos; las unidades experimentales que eran las flores, se encontraban dispersas al azar en el árbol.

El análisis estadístico fue realizado por computadora usando un programa estadístico llamado "MSTAT", en el cual se realizó un análisis de varianzas (andeva) en las siguientes variables: - Porcentaje de cuajado de frutos.

- Peso de los frutos en gramos.
- Número de semillas por fruto.

Además se realizó una correlación entre el peso de los frutos y el número de semillas por fruto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 PORCENTAJE DE CUAJADO.

Al analizar los datos obtenidos para esta variable, el análisis de varianza detectó una diferencia significativa entre los tratamientos ($P = 0.05$), con un nivel de significancia del 5 %. El análisis se presenta en el Anexo 1.

Los tratamientos de aplicación de polen en la mañana o en la tarde, usando polen de la misma variedad o de otras, resultaron numéricamente superiores a aplicar polen de atemoya y no aplicar nada. El aplicar polen de otra variedad por la tarde resultó ser más efectivo respecto al cuajado de frutos que los otros tratamientos y fue el único significativamente superior al testigo.

Cuadro 1. Efecto de origen del polen y hora de aplicación en el cuajado de frutos de Chirimoya, El Zamorano, 1996

TRATAMIENTOS	% DE CUAJADO
1. Polen de la misma variedad. (tarde)	23.1 ab *
2. Polen de otra variedad. (tarde)	46.4 a
3. Polen de la misma variedad. (mañana)	30.3 ab
4. Polen de atemoya.	4.7 b
5. Polinización natural. (T)	0.98 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$), según la prueba "Duncan" de separación de medias.

Se pudo observar que aplicar polen distinto al de la variedad a polinizar, resultó en un mayor cuajado, esto aparentemente se debió a que la variedad de la cual se sacó el polen (Bronceada) tiene flores con gran cantidad de polen (Gardiazabal y Rosenberg, 1993) y éste aparentemente es más compatible con 'Cumbe' que su propio polen.

Los resultados obtenidos contradicen lo reportado por Schwarzenberg (1946) de que resultaba más ventajoso usar polen de la misma variedad, pero concuerdan con lo obtenido por Rosenberg (1944), el cual logró un mayor cuajado empleando polen de distintas variedades (ambos citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993), y es una comprobación de que existen diferencias en estos aspectos según el lugar en que se hagan los ensayos y la combinación de variedades que se use.

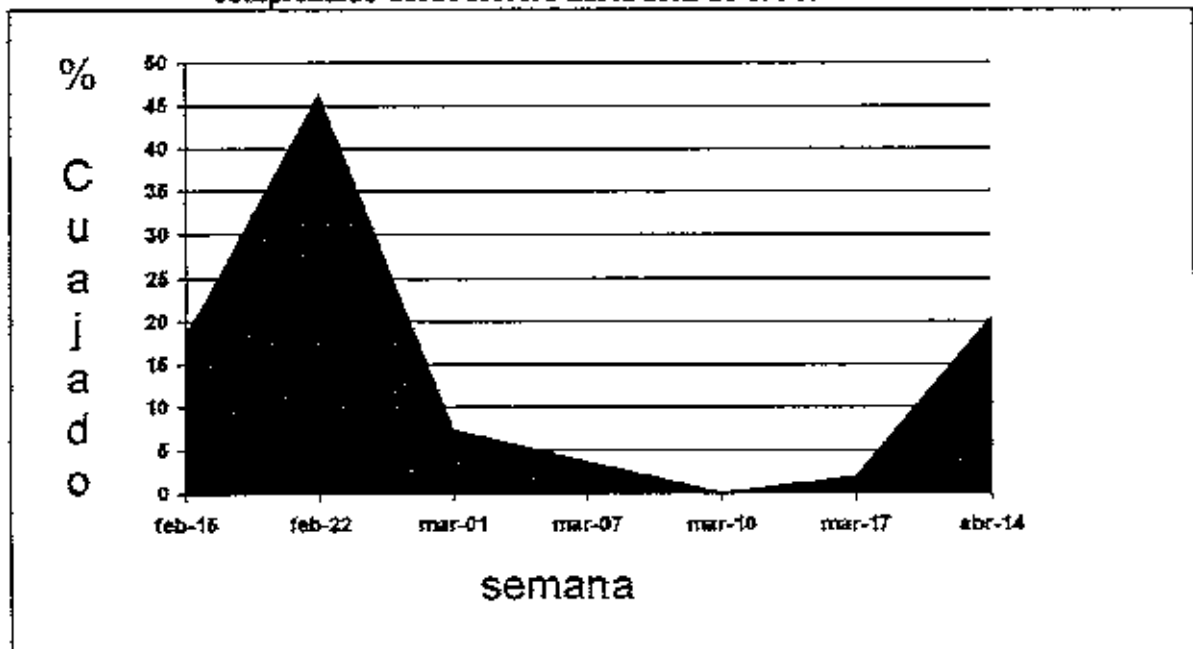
Si bien el polen de 'Bronceada' dio el mejor cuajado, por el hecho de haber sido aplicado solo por las tardes, no se sabe si hubiera sido mejor aplicado por la mañana. En el caso del polen de la misma 'Cumbe', se logró un cuajado numéricamente mayor al aplicarlo por

la mañana. Esto podría indicar que la mañana es el mejor momento de polinizar en esta zona y que quizás 'Bronceada' hubiera dado más cuajado si su polen se hubiera usado por la mañana. Estos resultados coinciden con la literatura de que el mejor momento de polinizar es temprano o tarde en el día. (García del Corral, 1989; George y Campbell, 1991, todos citados por Gardiazabal y Rosenberg, 1993). En la zona del ensayo, la mañana y la tarde son frescas y algo húmedas lo que permitió un buen cuajado, superando 'Bronceada' al polen de 'Cumbe' probablemente por razones genéticas de compatibilidad.

El obtener mejor cuajado con polen de diferente variedad no se puede generalizar, ya que los factores climáticos y la combinación de variedades, pueden modificar los resultados en otros casos. Esto es apoyado igualmente por Sainte Marie (1984), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993) y otros resultados vistos anteriormente donde no siempre el cruzamiento funciona mejor que el propio polen.

Un fenómeno que es importante notar, es que en el estudio, en el cual se observó el cuajado de los frutos obtenidos desde el inicio hasta el fin de la floración, se encontró primero un alza en el cuajado, luego un descenso seguido por un nuevo alza y este fenómeno es difícil de explicar, pues Saavedra (1977) comprobó que en flores del inicio de floración, el cuajado de frutos era bajo cuando se realizaba la polinización, mientras que Herrera (1985) y Lopez-Cazar (1985) reportaron que el polen de inicio de floración era capaz de germinar rápidamente por lo que no debería haber problema en la obtención de buenos resultados. A continuación se presenta el Gráfico 4 que relaciona el porcentaje de cuajado y la época de floración, donde se aprecia que el cuajado fue mejor a inicios de la temporada. Esto parece deberse a que las temperaturas son más frescas en esa época que en marzo y abril.

Gráfico 4. Cuajado de frutos de chirimoya en el Zamorano en el periodo comprendido desde febrero hasta abril de 1996.



El tratamiento en el cual se aplicó polen de atemoya tuvo un porcentaje de cuajado muy bajo. Aparentemente se puede explicar este resultado notando que la floración de los árboles de atemoya se dio en diferente época a la floración de la chirimoya, por lo que se utilizó polen de atemoya de inicios de floración y si relacionamos esto con lo indicado por Saavedra (1977), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993), de que en las flores del inicio de floración los granos de polen al principio forman una tétrada, no se separan y sus poros germinativos se orientan hacia el centro por lo que no se lleva a cabo la germinación de éstos, o es muy baja. De todas formas se pudo comprobar que existe cierta compatibilidad entre atemoya y chirimoya.

En el testigo era evidente que el porcentaje de cuajado obtenido tenía que ser bajo, ya que en esta región las etapas femenina y masculina se superponen menor tiempo que en otras regiones en las cuales se da un mejor cuajado sin polinización artificial según explican Farré et al. (1976), citados por Gardiazabal y Rosenberg (1993), pero el objetivo del estudio no era comprobar la superioridad de la polinización artificial sobre la fecundación natural, sino los métodos más eficientes para polinizar artificialmente.

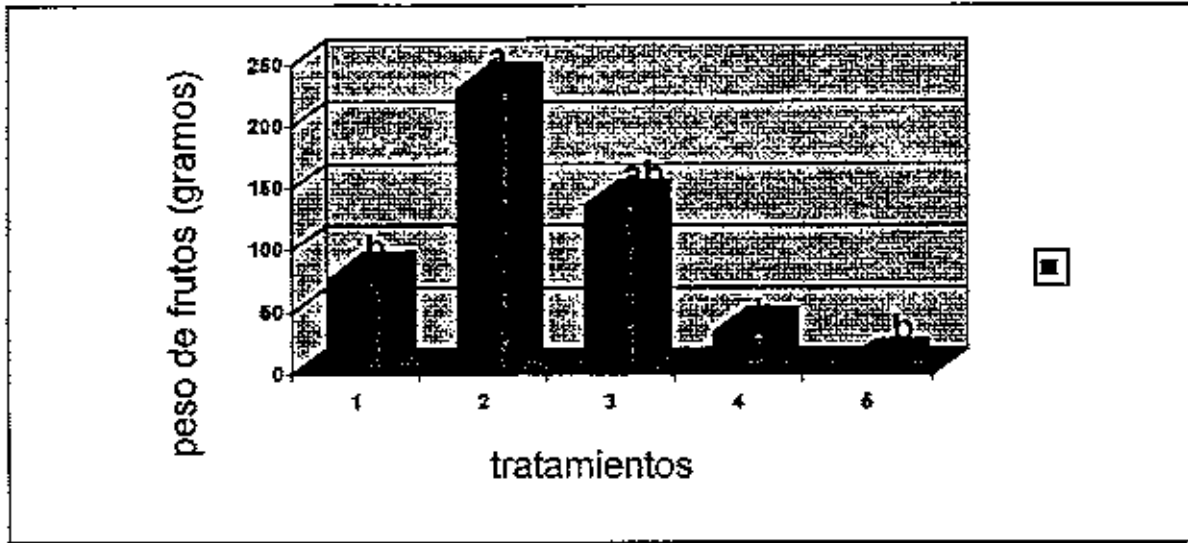
4.2 PESO DE FRUTOS.

El análisis de varianza para esta variable detectó diferencias significativas ($P=0.04$) entre los tratamientos con un nivel de significación del 5 %. Se presenta el andeva en el Anexo 2. Se puede notar claramente que el aplicar polen de otra variedad por la tarde resultó estadísticamente superior a los demás tratamientos, excepto al uso de polen de la misma variedad por la tarde, al que sólo superó numéricamente. El promedio general para todo el ensayo fue de 150.73 gramos por fruto. En el Gráfico 5 se presentan las medias para todos los tratamientos.

Según Gardiazabal y Rosenberg (1993), el fruto de chirimoya es un sincarpio compuesto por muchos pistilos individuales los cuales al ser fertilizados se fusionan para formar una sólida estructura que es el fruto compuesto y entre mejor haya sido distribuido el polen entre los pistilos, el fruto se va a desarrollar de un mayor tamaño y de una forma más simétrica. Entonces el mayor tamaño de fruto en el tratamiento utilizando el polen de 'Bronceada' se debió en gran parte a que hubo una mayor fecundación de pistilos y por ende más pistilos formaron un fruto más grande y más pesado.

Con los otros tratamientos en los cuales se aplicó polen de la misma variedad o de atemoya, el peso de los frutos fue significativamente menor, aparentemente causado por factores genéticos y no porque hayan sido polinizados inadecuadamente, pero siempre existe una relación entre número de carpelos y peso del fruto, que implicaría que el polen de la misma variedad fue menos eficiente tanto en lograr cuajado como en producir un alto número de pistilos en desarrollo por fruto.

Gráfico 5. Peso de los frutos por cada tratamiento.



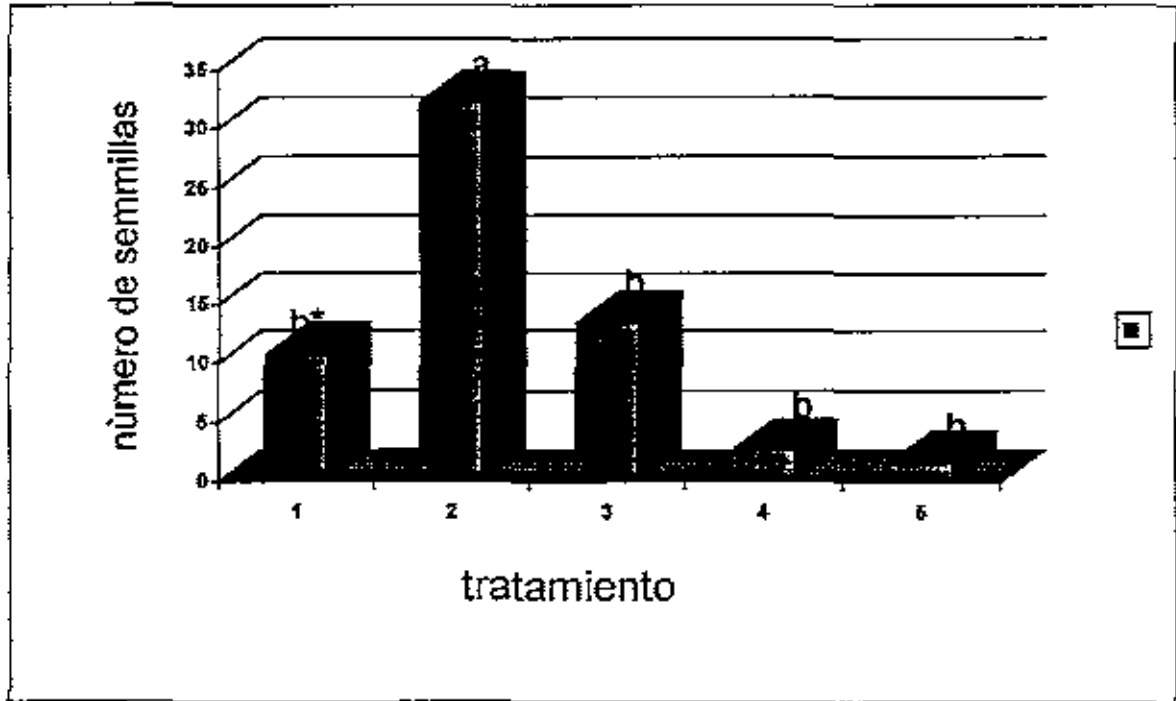
1. Polen de la misma variedad. (tarde)
2. Polen de otra variedad. (tarde)
3. Polen de la misma variedad. (mañana)
4. Polen de atemoya.
5. Polinización natural.

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente según la prueba "Duncan" de separación de medias al 5 %.

4.3 NÚMERO DE SEMILLAS.

Con el análisis de varianza de la variable número de semillas se detectó una diferencia significativa entre el tratamiento de aplicar polen de otra variedad y los demás tratamientos ($P=0.01$), con un nivel de significancia del 5 %. El andeva se presenta en el Anexo 3. El promedio general de este ensayo para esta variable fue de 18.7 semillas por fruto. En el Gráfico 6 se presentan las medias de el número de semillas por fruto para todos los tratamientos.

Gráfico 6. Número de semillas de los frutos por cada tratamiento.



1. Polen de la misma variedad. (tarde)
2. Polen de otra variedad. (tarde)
3. Polen de la misma variedad. (mañana)
4. Polen de atemoya.
5. Polinización natural.

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente según la prueba "Duncan" de separación de medias al 5 %.

Como se puede observar, con la aplicación de polen de 'Bronceada' por la tarde, se obtuvo un mayor número de semillas por fruto y esto se relaciona directamente con el cuajado obtenido con este mismo tratamiento. Esto significó que hubo más óvulos fecundados y más ovarios se desarrollaron, lo que causó, por un lado un mayor cuajado, al haber más óvulos en fase de desarrollo produciendo hormonas que evitan que caiga el fruto; por otro lado, esto podría significar que el polen de 'Bronceada' es más fértil o más compatible con 'Cumbe' que el de la misma 'Cumbe', por lo que produce mejor fecundación, que resulta en mayor peso de frutos al haber más carpelos en desarrollo. Se realizó en este ensayo un análisis de correlación entre el número de semillas y el peso de los frutos (ver Anexo 4), en el cual se obtuvo una alta correlación positiva.

Lo anterior confirma la teoría de Schwarzenberg (1946), que el incremento en el peso medio del fruto se puede atribuir a la facultad de las semillas de rodearse de una mayor o menor masa de pulpa, y en este caso hubo más semillas rodeadas de pulpa, pero esto contradice lo afirmado por Pavez (1985), citado por Gardiazabal y Rosenberg (1993), que el peso del fruto no se debe tanto al número de carpelos sino al tamaño de éstos y que existe una baja correlación entre el peso de los frutos y el número de semillas, cosa que no ocurrió en este ensayo. Según Gardiazabal y Rosenberg (1993), el fruto está formado por una fusión de carpelos simples y todos o casi todos los carpelos tienen una semilla. Si el óvulo no es fertilizado, el carpelo correspondiente no se desarrollará y se presentará una depresión en la superficie del fruto. En este caso obviamente hubo más pistilos fecundados, ya que hubo más semillas con el polen de 'Bronceada' lo que se tradujo en un mayor cuajado, mayor peso y más semillas por fruto.

4.4 ANÁLISIS PRELIMINAR BENEFICIO / COSTO DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN CHIRIMOYA.

Debido a que en el chirimoyo se da un bajo cuajado con polinización natural, siempre va a ser rentable utilizar polinización artificial. Como se puede observar en el Cuadro 2, el único costo adicional que se tiene entre polinizar y no polinizar es la mano de obra. Los costos del pincel y de los frascos son no significativos, razón por la cual no se los incluye. Se calcula que un obrero poliniza 500 flores por día de trabajo y el retorno a la inversión dependerá del porcentaje de cuajado que se obtenga. El costo adicional de polinizar es bajo, aunque algunas veces puede ser antieconómico polinizar, como es el caso de la aplicación de polen de atemoya en este ensayo, en el cual, por tener un bajo cuajado, se polinizaron muchas flores y se obtuvieron pocos frutos, pero al aplicar polen de chirimoya, por cada unidad monetaria de inversión, se obtuvo hasta 12 unidades, obteniendo el mejor resultado al aplicar el polen de 'Bronceada' en este caso.

Cuadro 2. Análisis preliminar Beneficio/Costo de polinización artificial en chirimoya

TRATAMIENTOS	NUMERO DE POLINIZAC.	FRUTOS COSECHADOS	% DE CUAJADO	Kg. COSECHADOS	PRECIO / Kg (Lps) *	TOTAL INGRESO POR VENTAS (Lps)	COSTO DE POLINIZAR **	BENEFICIO NETO	Ben / Co
1	47	11	23,1	0,77	13,00	10,00	4,70	5,30	1,13
2	50	23	46,4	5,29	13,00	68,80	5,00	63,80	12,76
3	54	16	30,3	2,19	13,00	28,50	5,40	23,10	4,27
4	64	3	4,7	0,099	13,00	1,30	6,40	-5,10	-0,8
TESTIGO		1	0,98	0,008	13,00	0,10	0,00	0,10	

* Precio estimado en base a un sondeo realizado con el personal docente y administrativo de la E.A.P. y de información obtenida del Perú.

** Costo calculado en base a que un hombre poliniza 500 flores por día. El jornal por día de trabajo es 25,00 Lps. Los costos de equipo no se incluyen por ser no significativos.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 VENEZUELA

V. CONCLUSIONES.

- La aplicación de polen de la misma variedad o de otra variedad, ya sea en la mañana o en la tarde, aumentó el cuajado de frutos; y dentro de estas variantes, el aplicar polen de otra variedad ('Bronceada') por la tarde, fue más efectivo que las aplicaciones de polen de la misma variedad, superando estadísticamente al testigo..
- Se presume que el efecto de un mayor cuajado de frutos obtenido al aplicar el polen de otra variedad ('Bronceada'), no solamente está ligado a factores genéticos de la variedad, sino también a factores ambientales, principalmente temperatura y humedad relativa, a la que éste polen estaba más adaptado, o se pudo deber a una mejor compatibilidad de éste polen con el de la receptora 'Cumbe'.
- La aplicación de polen de atemoya (*A. squamosa* x *A. cherimola*) en flores de chírimoya resultó en un reducido cuajado de frutos así como menor peso de estos, pero es evidente que existe cierta compatibilidad, no tan buena como con la misma chírimoya.
- Al realizar una eficiente distribución de los granos de polen sobre los estigmas se obtiene más frutos de un mayor peso y con una forma más deseable de estos.
- Para lograr resultados exitosos en el cuajado de frutos hay que balancear el factor genético (origen del polen) y el factor ambiental (temperatura, humedad relativa = hora de aplicación) resultando más influyente el factor genético (polen de distinta variedad) en este caso.

VI. RECOMENDACIONES.

- Comparar la aplicación de polen de 'Bronceada' por la mañana con la aplicación por la tarde para ver cual es superior.
- Estudiar el desarrollo de la floración de la chirimoya en el Zamorano pues se realiza de forma anormal y tomar en cuenta para estudios posteriores la floración desuniforme y escasa de la chirimoya en el Zamorano.
- Tratar de hacer florecer los chirimoyos dos veces al año mediante poda y defoliación y evaluar efectos de polinización artificial en ambos ciclos y que uno de ellos coincida con la época fría ya que las altas temperaturas acentúan la dicogamia en la flor del chirimoyo.
- Probar el efecto de diferentes concentraciones de fitoreguladores para aumentar el cuajado de frutos (giberelinas, auxinas, etc.), así como el efecto de diferentes instrumentos (pincel, espolvoreador, etc.) con los que se realiza la polinización artificial, sobre el cuajado..

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.

BUSTILLO, A.E.; PEÑA, J.E. 1992. Biology and control of the Annona fruit borer: *Cerconota anonella* (Lepidoptera: Oecophoridae). *Fruits*. (Fra). 47(1) : 81 - 84.

GARDIAZABAL, F.; ROSENBERG, G. 1993. El cultivo del chirimoyo. Valparaíso, Chile, Universidad Católica de Valparaíso. 145 p.

IBAR, L. 1979. Cultivo del chirimoyo. 3 ed. Barcelona, España, AEDOS.

LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Ed. por Michael Snarskis. 2 ed. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.

LIZANA, L.A.; REGINATO, G. 1990. In: Fruit of tropical and subtropical origin: composition properties and uses: Cherimoya. Ed. por Nagy, S.; Shaw, P.; Wardowski, W. Florida, E.E.U.U., Florida Science Source.

POPENOE, W. 1927. Manual of tropical and subtropical fruits. New York, EE.UU., Macmillan and Co.

ROSSELL, P.; GALÁN, V. 1995. Notes on rhythms observed in the duration of flower anthesis throughout flowering in cherimoya on the island of Tenerife. *Fruits* (Fra). 50(3) : 233 - 237.

ROST, T.; BARBOUR, M.; THORNTON, R.; WEIER, T.; STOCKING, C. 1992. Botánica: Introducción a la Biología Vegetal. California, EE.UU., Universidad de California-Davis.

STEEL, R.; TORRJE, J.H. 1985. Bioestadística. Trad del inglés por Ricardo Martínez B. 2 ed, México, D.F., McGraw-Hill. 622 p.

WEIER, T.; STOCKING, G.; BARBOUR, M. 1979. Botánica. 5 ed. California, EE.UU., Universidad de California- Davis.

VIL ANEXOS.

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable cuajado de frutos.

Source	G.L.	suma de cuadrados	C.M.	valor f	prob.
BLOQUES	5	4512.50	902.500	1.55	0.2199
TRATAMIE.	4	6462.35	1615.587	2.77	0.0554
ERROR	20	11653.29	582.665		
NO ADIT.	1	5637.05	5637.05	17.80	0.0005
RESIDUAL	19	6016.24	316.644		
TOTAL	29	22628.14			

Grand Mean = 20.507

Grand Sum = 615.210

Total Count = 30

Coefficiente de variación = 117.71 %

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable peso de frutos.

Source	G.L.	suma de cuadrados	C.M.	valor f	prob.
BLOQUES	5	45002.62	9000.525	0.57	0.7188
TRATAMIE.	4	192063.39	48015.847	3.07	0.0403
ERROR	20	313289.21	15664.461		
NO ADIT.	1	113725.83	113725.827	10.83	0.0038
RESIDUAL	19	6016.24	316.644		
TOTAL	29	550355.22			

Grand Mean = 95.929

Grand Sum = 2877.880

Total Count = 30

Coefficiente de variación = 130.47 %

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de semillas.

Source	G.L.	suma de cuadrados	C.M.	valor f	prob.
BLOQUES	5	925.81	185.161	0.78	0.5745
TRATAMIE.	4	4072.27	1018.069	4.30	0.0114
ERROR	20	4735.58	236.779		
NO ADIT.	1	2044.12	2044.123	14.43	0.0012
RESIDUAL	19	6016.24	316.644		
TOTAL	29	9733.66			

Grand Mean = 12.670

Grand Sum = 380,100

Total Count = 30

Coeficiente de variación = 121.45 %

Anexo 4. Correlación entre número de semillas y peso de fruto.**NÚMERO DE SEMILLAS.**

Variables = 5
 Promedio = 12.50
 Varianza = 339.68

PESO DE FRUTO.

Variables = 4
 Promedio = 95.93
 Varianza = 18977.77

NUMERO = 30
 COVARIANZA = 2304.43
 CORRELACIÓN = 0.908
 INTERCEPTO = 11.12
 SLOPE = 6.784
 ERROR ESTÁNDAR = 0.593
 VALOR T DE STUDENT = 11.440
 PROBABILIDAD = 0.000

FECHA	TEMP. MAX.	TEMP. MIN.	TEMP. PROM.
ENERO 15 - 21	30.50	11.65	20.16
ENERO 22 - 28	28.40	15.40	20.58
ENE 29 - FEB 4	30.11	14.06	20.99
FEBRERO 5 - 11	28.20	13.11	19.74
FEBRERO 12 - 18	30.51	14.39	21.50
FEBRERO 19 - 25	31.86	13.62	21.90
FEB 26 - MAR 3	33.42	15.84	23.45
MARZO 4 - 10	30.60	16.66	22.36
MARZO 11 - 17	30.44	10.73	20.11
MARZO 18 - 24	31.00	13.82	21.47
MARZO 25 - 31	34.16	16.57	24.47
ABRIL 1 - 7	35.37	15.96	25.08
ABRIL 8 - 14	33.40	17.87	24.51
ABRIL 15 - 21	34.43	17.82	25.10
ABRIL 22 - 28	33.51	19.15	25.00
ABR 29 - MAY 5	33.98	19.93	25.56
JUNIO 24 - 30	31.31	18.62	23.15

ANEXO 5. Temperatura máxima, mínima y promedio de enero a junio de 1996 en el Zamorano

ANEXO 6. Precipitación en mm en el valle del Zamorano en los meses de enero - junio de 1996.

FECHA	mm	FECHA	mm
ENERO 15 - 21	0	ABRIL 8 - 14	5
ENERO 22 - 28	0	ABRIL 15 - 21	0
ENE 29 - FEB 4	16	ABRIL 22 - 28	0
FEBRERO 5 - 11	0	ABR 29 - MAY 5	3
FEBRERO 12 - 18	3	MAYO 6 - 12	18
FEBRERO 19 - 25	2	MAYO 13 - 19	21
FEB 26 - MAR 3	2	MAYO 20 - 26	51
MARZO 4 - 10	3	MAY 27 - JUN 2	63
MARZO 11 - 17	0	JUNIO 3 - 9	0
MARZO 18 - 24	0	JUNIO 10 - 16	0
MARZO 25 - 31	0	JUNIO 17 - 23	11
ABRIL 1 - 7	0	JUNIO 24 - 30	45