

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RELACION ENTRE LA POLINIZACION Y POLINIZADORES, CON LA ABCISION  
DE FLORES Y FRUTOS EN CACAO (Theobroma cacao L.)

TESIS

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL

PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

GUILLERMO EDUARDO PAZ REINA

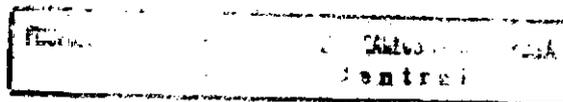
Al conferirle el título de

INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el Grado Académico de

LICENCIADO

Guatemala, enero de 1,988



DL  
01  
T(1207)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. Jorge Sandoval I.

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. Mario Melgar.

VOCAL CUARTO

Br. Antonio Hidalgo.

VOCAL QUINTO

T. U. Carlos E. Méndez.

SECRETARIO

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.



Referencia.....
Asunto.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1645

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

20 de noviembre de 1987

Señor Decano  
Ing. Agr. Anibal B. Martínez  
Facultad de Agronomía  
Su Despacho.

Señor Decano:

Tengo el agrado de informarle que el suscrito ha concluido la asesoría y la revisión del documento final del trabajo de tesis del universitario Guillermo Eduardo Paz Reina, titulado: "RELACION ENTRE LA POLINIZACION Y POLINIZADORES CON LA ABCISION DE FLORES Y FRUTOS EN CACAO (Theobroma cacao L.)".

El estudio constituye un valioso aporte al conocimiento del fenómeno de la abscisión en el cultivo del cacao, por lo que recomiendo su aprobación como trabajo de tesis, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

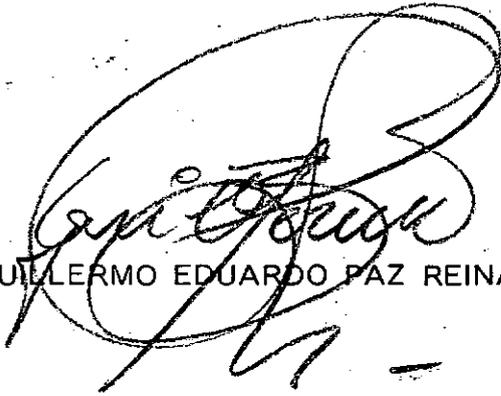
Ing. Agr. Carlos Fernández  
ASESOR

Guatemala, 13 de noviembre de 1,987.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "RELACION ENTRE LA POLINIZACION Y POLINIZADORES, CON LA ABSCISION DE FLORES Y FRUTOS EN CACAO (Theobroma cacao L.)" como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

En espera de que el mismo merezca vuestra aprobación, me es grato presentarles mi respetuoso saludo.



GUILLEMO EDUARDO PAZ REINA

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Con infinito amor.
- A MIS PADRES: FAUSTO NERY PAZ HERNANDEZ  
ELVA REINA DE PAZ  
Con mucho amor y como muestra de mi agradecimiento a sus esfuerzos.
- A MI ESPOSA: CLAUDIA REGINA BUESO DE PAZ  
Con todo mi amor.
- A MI HIJA: REGINA MARIA PAZ BUESO  
Con profundo amor.
- A MIS HERMANOS: VERNICK ALEXANDER  
SILVIA EVELIN  
CLAUDIA MARIA  
Cariñosamente.
- A MIS ABUELAS: MARIA OCTAVIA SPINOLA Vda. DE REINA  
MILAGRO HERNANDEZ Vda. DE PAZ  
Con amor.
- A MIS TIOS.
- A MIS PADRES POLITICOS: OSCAR GILBERTO BUESO  
CONSUELO PELAEZ DE BUESO  
Con todo cariño.
- A TODOS MIS AMIGOS.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mis sinceros agradecimientos a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización del presente estudio:

AL: Ing. Agr. CARLOS RENE FERNANDEZ

Por su valioso asesoramiento, revisión y corrección del presente trabajo de investigación.

AL: Sr. ALEXANDER BRUDERER

Por su valiosa colaboración brindada durante la realización de la presente investigación.

AL: PERSONAL DE LA FINCA "LAS ACACIAS, S.A."

Por la ayuda prestada.

A: CLAUDIA BUESO DE PAZ

Por su dedicación y esmero en el desarrollo mecanográfico de la presente tesis.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página	
I.	INTRODUCCION	1
II.	HIPOTESIS	3
III.	OBJETIVOS	4
IV.	REVISION DE BIBLIOGRAFIA	5
IV.1	Condiciones ecológicas en donde se desarrolla el cacao	5
IV.2	Descripción del grano de polen y crecimiento del tubo polínico	5
IV.3	Germinación del polen del cacao, crecimiento del tubo polínico y cuajamiento	6
IV.4	Fecundación	7
IV.5	Factores que intervienen en la fecundación y fructificación	7
IV.6	Problemas de incompatibilidad en el cacao	15
IV.7	Polinización y polinizadores del cultivo del cacao	18
IV.8	Ritmos poblacionales de los insectos	22
IV.9	Ritmos de polinización	22
V.	MATERIALES Y METODOS	24
V.1	Ubicación y características del área de estudio	24
V.2	Descripción del área experimental	25
V.3	Descripcion de tratamientos	25
V.4	Manejo del experimento	26
V.5	Variables de respuesta	27
V.6	Análisis de resultados	28
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	29
VII.	CONCLUSIONES	34
VIII.	RECOMENDACIONES	35
IX.	BIBLIOGRAFIA	36

## R E S U M E N

Guatemala posee climas y suelos con condiciones óptimas para el cultivo y desarrollo del cacao. En la actualidad uno de los principales problemas que presenta dicho cultivo es el bajo porcentaje de fructificación el cual es alrededor del 5%, ésto se debe al elevado índice de abscisión de flores y frutos jóvenes, lo cual según varios autores es ocasionado por el fenómeno de incompatibilidad que presentan la mayoría de plantaciones, así como a problemas relacionados con insectos polinizadores.

La presente investigación tiene como objetivos: Determinar si existe o no incompatibilidad entre los materiales genéticos de cacao existentes en la plantación. Así como establecer el orden y número de los posibles insectos polinizadores existentes en la plantación y además, establecer el período del día en el cual ocurre la mayor actividad de los posibles insectos polinizadores.

Esta investigación fue realizada en la finca "Las Acacias, S.A.", ubicada en el municipio de Nueva Concepción del departamento de Escuintla.

La metodología utilizada en la realización de esta investigación se dividió en 2 partes:

1) Polinización: Se seleccionaron al azar 40 árboles suponiendo uniformidad, en cada árbol se efectuaron 15 polinizaciones, 5 de las flores polinizadas se observaron en el microscopio, con el propósito de establecer el número de granos de polen presentes en el pistilo y el número de óvulos en el ovario, 10 flores polinizadas se dejaron en el árbol a efecto de determinar el porcentaje de fructificación. Se utilizaron 4 tratamientos, siendo estos: a) testigo, b) polen de la misma flor, c) polen de flores de otros árboles de la misma plantación, d) polen de flores de otros árboles de otra plantación.

2) Insectos Polinizadores: Para estudiar los insectos polinizadores, se realizó un muestreo en 40 árboles de la plantación, cada árbol a muestrear se dividió en 2 estratos (parte alta y parte baja), de cada estrato se recolectaron 6 flores a diferentes horas del día, se identificaron los diferentes insectos encontrados en las flores y se determinaron las horas en las cuales ocurre la mayor actividad de los

mismos.

Al analizar los resultados se estableció, que las flores testigo y las autopollinizadas no formaron frutos, mientras que las dos variantes de polinización cruzada, sí formaron frutos, siendo la variante de polinización cruzada con polen proveniente de otra plantación la que presentó mejores resultados, lográndose el 6% de formación de frutos.

En relación a número, orden y hora de mayor actividad de posibles polinizadores, se estableció que el número es insignificante, no llegando ni siquiera a obtenerse un insecto por flor recolectada. Los insectos encontrados en las flores fueron hormigas (Homoptera sp) y mosquitas o avispidas (Homoptera sp), siendo el período de 5:00 am., a 11:00 am., las horas de mayor actividad para estos insectos.

## I. INTRODUCCION

En la actualidad el cultivo del cacao (Theobroma cacao L.), está tomando gran auge en nuestro país debido al incremento de su precio en el mercado internacional, constituyéndose en una fuente generadora de divisas.

Guatemala posee climas y suelos propicios para el establecimiento y desarrollo de nuevas áreas dedicadas a este cultivo, las cuales se han incrementado.

En las áreas dedicadas a la explotación del cacao, además de una serie de problemas tales como: fertilización, plagas, enfermedades, malezas, beneficiado, se manifiesta el fenómeno de la excesiva abscisión de flores y frutos, reportándose en consecuencia una baja producción.

Según estudios realizados, se ha establecido que la causa que determina en gran parte el alto índice de abscisión de flores y frutos lo constituye el fenómeno de la incompatibilidad, al estudiar este fenómeno se ha podido establecer que del gran número de flores que produce el cultivo del cacao, menos del cinco por ciento son fecundadas lo cual se debe a que la planta es autoincompatible y por lo tanto, se necesita que exista la mayor cantidad posible de materiales genéticos para lograr una fecundación satisfactoria. Al mismo tiempo, los mecanismos de polinización son muy poco eficientes debido fundamentalmente a las características de los agentes transmisores del polen, y a la morfología de la flor.

La plantación de cacao instalada en el año de 1979, en la Finca "Las Acacias, S.A.", ubicada en el municipio de Nueva Concepción del departamento de Escuintla, presenta una excelente floración; sin embargo, el índice de fructificación es muy bajo (0.38 quintales por manzana).

El presente estudio se realizó en dicha finca y tuvo como propósito, determinar si la baja productividad se debía a que el material allí sembrado es incompatible. Para el efecto se realizaron polinizaciones, utilizando cuatro tratamientos, siendo éstos:

A) Polen de la misma planta,

- B) Polen de otras plantas,
- C) Polen de otra plantación,
- D) Testigo.

Al mismo tiempo, se determinaron los insectos polinizadores, así como las horas del día en que existe la mayor actividad de estos insectos. Para determinar lo anterior se colectaron flores dividiendo cada árbol a muestrear en dos estratos alto y bajo, a diferentes horas del día.

## II. HIPOTESIS

1. Existe incompatibilidad entre los materiales existentes en la plantación, debido a la poca variabilidad genética de los clones presentes en la misma, lo cual incide directamente en la caída de flores y frutos y por ende, en un bajo porcentaje de fructificación.
2. Existen bajas poblaciones de insectos polinizadores en la plantación de cacao, lo cual causa un bajo porcentaje de flores polinizadas.
3. La mayor actividad de los insectos polinizadores se realiza en las horas del día, en las cuales la flor de cacao ha sufrido antesis.

### III. OBJETIVOS

1. Determinar si existe o no, incompatibilidad entre los materiales de cacao existentes en la plantación.
2. Determinar orden y número de insectos polinizadores existentes en la plantación.
3. Establecer el período del día en el cual ocurre la mayor actividad de los insectos polinizadores.

## IV. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

### IV.1 Condiciones ecológicas en donde se desarrolla el Cacao:

Las zonas tradicionales de cultivo del Cacao están ubicadas en los lugares del trópico más caluroso y lluvioso, entre los paralelos 10° Norte y 10° Sur.

Con el tiempo se ha extendido el cultivo del Cacao ya hasta regiones entre los paralelos 20° Norte y Sur (1).

Esta zona ecológicamente corresponde a la tropical muy húmeda, con altas temperaturas y precipitaciones pluviométricas muy grandes.

El promedio de temperaturas oscila entre 22° y 26° C., con algunas excepciones. La cantidad de lluvia que cae en estas zonas es muy alta y está generalmente, bien distribuida durante todo el año (6).

El lugar óptimo para el cultivo del Cacao, es aquel que tenga menos época seca. Los promedios ideales de precipitación oscilan entre los 1500 y 2000 mm por año. Requiere buenas condiciones físicas del suelo. Buena capacidad de retención del agua, drenaje, aireación, y buenas posibilidades para el desarrollo de raíces.

El crecimiento de la joven planta de cacao y la productividad, dependen también de un sombreado óptimo de la plantación (1).

### IV.2 Descripción del grano de polen y crecimiento del tubo polínico:

Wodehouse, citado por Polania (7), hace la siguiente descripción del grano de polen de Cacao: "Un grano de polen es una partícula microscópica en la que, en un espacio muy reducido, se han acumulado todos los caracteres fitogenéticos".

La germinación del grano de polen se efectúa inmediatamente después de la polinización y desde este momento se inicia el crecimiento del tubo polínico, el cual cesa cuando los gametos se fusionan, alcanzando así su máxima longitud. Según

Polania, citado por Enríquez (3), el crecimiento del tubo polínico se debe a influencias quimiotrópicas y galvanotrópicas, encontrando que el mejor Ph es entre 5.0 - 6.0, Ph en el cual el número de almendras por mazorca también fue incrementado, y que los árboles con brotación tienen mejor cuajamiento que los en reposo, momento en el cual el tubo polínico es mayor que en el árbol sin brotación.

Chessman, citado por Polania (7), dice que el tiempo empleado por el tubo polínico en alcanzar el óvulo es de seis horas.

Mediante un fermento producido por el polen, o talvez por substancias con carácter de fermento producidas por el mismo, el tubo polínico se abre paso a través del estigma hasta alcanzar el óvulo (Straub y Buenning). También Buenning, citado por Polania (7), acepta que el crecimiento del tubo polínico está dirigido, en gran parte, por influencias quimiotrópicas suministradas por los tejidos del ovario, estilo y estigma, así como también dice que se tiene por cierto el hecho de las influencias galvanotrópicas sobre dicho crecimiento.

#### IV.3 Germinación del polen del Cacao, crecimiento del tubo polínico y cuajamiento:

Una gran parte de las investigaciones Agronómicas que se adelantan hoy día, respecto al cultivo del cacao, tienden a determinar los principales factores que, directa o indirectamente influyen en el proceso de fecundación de las flores, ya que de él depende en gran parte, la escasa o abundante producción de la plantación (7).

Entre la inmensa cantidad de flores que un árbol de cacao produce cada temporada y la cantidad de frutos que en él logran cuajar, hay una desproporción marcada desfavorable al rendimiento, fenómeno en el cual intervienen causas internas y externas; estas últimas son, en parte conocidas, fácilmente apreciables y en ciertos casos, evitables, a diferencia de las primeras que actúan directamente impidiendo la realización del proceso de la fecundación, tales son las causas genéticas peculiares a la variedad, las cuales se presentan con mayor frecuencia y llegan a ser inevitables (7).

Una fecundación deficiente ocasionada por una mala germinación del grano de polen o por un crecimiento demasiado lento del tubo polínico, es responsable, en gran parte, de la baja fructificación y de la reducida cantidad de almendras por mazorca de cacao, y por tanto de los bajos rendimientos del cultivo.

Observaciones realizadas en plantaciones de cacao en el Valle del Cauca, especialmente en la estación Experimental Agrícola de Palmira, han demostrado que de los frutos formados, solamente del 0.5% al 1.5% cuajan y que la cantidad de almendras por mazorca varía entre 12 y 22, dato demasiado estrecho, pues teóricamente puede aumentarse de 35 a 40, siempre y cuando se aseguren al máximo la germinación del grano del polen y el crecimiento del tubo polínico (7).

Uno de los requisitos indispensables que aseguran el proceso de la fecundación, está dado por el mayor o menor crecimiento que realice el tubo polínico, una vez que el grano de polen haya germinado sobre las papilas estigmáticas.

#### **IV.4 Fecundación:**

Alvarez, citado por Polania (7), refiriéndose a frutales en general, señala los siguientes puntos indispensables para que se realice una buena fecundación:

- 1) El contacto de diez granos de polen con la superficie estigmática en el momento en que ésta se encuentra en estado receptivo.
- 2) Que esos granos de polen germinen.
- 3) Que sus respectivos tubos polínicos desarrollen con la prontitud debida en el interior del pistilo y lleguen a ponerse en contacto cada uno con un óvulo antes de la marchitez de la flor.
- 4) Que en el interior de los sacos embrionarios, se realice la fusión de los núcleos gaméticos.

#### **IV.5 Factores que intervienen en la fecundación y fructificación:**

##### **IV.5.1 Factores Externos:**

##### **a) Temperatura:**

El cacao, al igual que todas las especies frutales, requiere para la iniciación de la florescencia una temperatura determinada, la cual debe mantenerse regularmente, sin bruscas ni pronunciadas variaciones hasta la finalización del proceso.

El tiempo que transcurre entre la germinación del grano de polen sobre el estigma de la flor y la fecundación, según Chessman, citado por Polania (7), es de seis horas. Si durante este tiempo se presentan cambios bruscos de temperatura, se puede interrumpir el proceso de la fecundación y aún provocar la destrucción de los gametos (7).

El cacao no soporta temperaturas bajo cero, aunque éstas sean por poco tiempo. Dependiendo de la localidad, el cacao puede ser rentable si se siembra en lugares donde la temperatura no baja de 15° a 15.5°C. Las temperaturas extremas muy altas pueden afectar momentáneamente alguna de las funciones de cualquiera de los órganos del árbol; pero en todo caso, nunca hay límite caliente, si se tiene en cuenta que es un cultivo que debe estar a la sombra y que por lo tanto, las altas temperaturas provenientes del contacto directo de los rayos solares disminuyen considerablemente (4).

En muchos de los lugares donde mejor se produce cacao, la temperatura media fluctúa entre 25° y 26°C. Pero se pueden encontrar plantaciones comerciales de buenos rendimientos en lugares cuyo promedio es de 23°C., a los 21°C., como media se le llama límite medio anual de temperatura, puesto que será difícil cultivar cacao por debajo de esta media (4).

Hay quienes consideran que la temperatura mínima media absoluta es de 10°C., pero en la práctica se puede ver que en Brasil, en el estado de Sao Paulo, con una latitud de casi 25°C., Sur, hay mínimas absolutas de 4° a 6°C., y en los meses más fríos se pueden alcanzar promedios mensuales de 10°C. (4).

La temperatura influye sobre algunos factores pertinentes al árbol de cacao, tales como la formación de flores y madurez del fruto.

La formación de flores depende mucho de la temperatura. Cuando ésta

fluctúa alrededor de 21°C., o menos, casi no hay formación de flores, mientras que cuando alcanza 25°C., las flores se forman normalmente. Esto hace que en algunos lugares como Urusca, Brasil, la producción de mazorcas sea estacional y que durante algunas semanas no se puedan cosechar mazorcas debido a que en los meses de julio, agosto y septiembre, los promedios mensuales están por debajo de los 22°C. Por el contrario en Pichilingue, Ecuador, donde las medias mensuales de temperatura nunca baja de 22.8°C., se pueden tener mazorcas durante todo el año, aunque durante algunos meses las cosechas son bastante bajas, pero eso se debe a otros factores.

El tiempo de maduración de los frutos también se ve afectado por la temperatura, pues durante los meses más calurosos, éstos maduran entre 140 y 175 días, mientras que cuando maduran en los meses más fríos y frescos, tardan entre 167 y 205 días (4).

La temperatura afecta la apertura de las yemas y las brotaciones foliares. Se estima que una diferencia de 9°C., entre la máxima y la mínima, durante las medias mensuales, provoca una brotación. En algunos lugares como Ecuador, estas diferencias se mantienen bastante bajas durante casi todo el año, aunque entre diciembre y abril durante algunos días pueden alcanzar estos niveles, provocando nuevas brotaciones durante esta época en la mayoría de los cacaotales. En La Lola, Costa Rica, estas diferencias se registran durante los meses de febrero y septiembre (4).

#### b) La Sequedad Atmosférica:

Cuando ésta se presenta con una elevación marcada de temperatura, puede afectarse la fecundación por el hecho de provocarse una rápida maduración de los granos de polen, en cuyo caso la ruptura del saco polínico es imprescindible, dificultándose el alcance del ovario por parte del tubo polínico (7).

#### c) La Humedad:

Acompañada de lluvia y de tiempo nublado, puede provocar el hinchamiento

y ruptura prematura del saco polínico perdiéndose, en gran parte, el polen por no hallar viable el órgano femenino (7).

En la mayoría de las regiones cacaoteras, la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración y por lo tanto, el agua debe ser eliminada por otros medios. Si los suelos no son suficientemente drenados, la planta de cacao puede sufrir algunos daños y la producción puede reducirse considerablemente. Por otro lado, la planta de cacao es extremadamente sensible a la falta de agua, pues los estomas de las hojas se cierran aún con pequeños cambios (3.3%) en el contenido de agua de ellos. El cierre de los estomas induce a una rápida baja del poder fotosintético de las hojas y por consiguiente, del poder de producción de la planta. Si la falta de agua es persistente, la muerte de los tejidos o "quema" sobreviene rápidamente, con la muerte y caída de las hojas (4).

En algunos lugares como Quevedo, Ecuador, Golfito, Costa Rica, San Agustín, Trinidad, o el TAFO en Ghana, algunos meses no cubren el déficit de evapotranspiración; sin embargo, los árboles no se ven afectados debido a varios factores: la baja temperatura de la época, la protección de la sombra y la alta humedad ambiental de la zona durante esos meses. En estos lugares, los picos de producción están asociados a la cantidad de lluvia.

Si la temperatura se eleva durante los días de sequía, sería desastroso para la planta de cacao (4).

La cantidad de lluvia que satisface al cultivo oscila entre 1,500 y 2,500 mm., en las zonas bajas más cálidas y en 1,000 y 1,500 mm., en las zonas más frescas o los valles altos como el del Cauca en Colombia. En aquellas zonas donde la lluvia es mayor a los 4,000 mm., por año, el cacao solamente podría ser económico en un suelo muy bien drenado o en suelos accidentados donde no haya acumulaciones de agua, pues un anegamiento por unos días provoca asfixia de las raíces y su muerte en muy pocos días, lo que redundaría en algunos casos extremos en la muerte de la planta.

La distribución de la lluvia mensualmente juega un papel muy importante,

tanto por su falta como por su exceso. En algunos lugares como Urucuca, Brasil y La Lola, Costa Rica, no hay ningún déficit mensual, lo que los hace ideales para el cultivo bajo muy poca sombra, con uso intensivo de fertilizantes y prácticas que permiten altos rendimientos.

Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos, mientras que en lugares donde no hay ese período seco muy largo, se puede tener una cosecha permanente durante todo el año, con dos o tres picos no muy pronunciados (4).

d) La Luz:

Además de tener influencias sobre el gusto, aroma y colorido de los frutos, la tiene también sobre el proceso de fecundación.

La intensidad provoca, asimismo, la dehiscencia de las anteras y acelera la maduración del grano de polen. Posnette, citado por Polania, afirma que las primeras horas de la mañana aseguran un mayor porcentaje de fecundación, debido a la menor intensidad de luz (7).

e) El Suelo:

A pesar de tener influencia indirecta, el balanceo adecuado de nutrientes y su disponibilidad, hacen que este factor intervenga en la fecundación y cuajamiento de los frutos (7).

Uno de los factores esenciales para el crecimiento de las raíces del cacao es una buena aireación, es decir, una renovación permanente de oxígeno del suelo. La mayor parte del oxígeno es consumido por los organismos que viven en el suelo; por esto, una aireación facilitará las acciones de estos organismos también (4).

El intercambio gaseoso se efectúa por medio de poros intercomunicados del suelo. Si estos poros están llenos o parcialmente llenos de agua, el intercambio gaseoso es nulo. En un suelo donde el agua no puede evacuar rápidamente y dejar

libres los poros, el cacao se ahoga y las plantas mueren. Los suelos buenos tienen suficiente aireamiento para que las raíces se profundicen más de un metro.

Cuando por condiciones excepcionales en una localidad, pese a que la capa freática sea bastante alta pero el suelo superficial sea rico, el cacao puede crecer y producir satisfactoriamente, con un buen crecimiento de raíces, pero cambios relativamente insignificantes en el régimen de humedad del suelo o si desciende la capa freática, el sistema radical que está alto se queda sin agua y puede secarse rápidamente. El árbol, entonces, se marchita y muere (4).

En general, las raíces del cacao toleran inundaciones por períodos cortos de tiempo; así, una capa freática rápidamente fluctuante no afecta mayormente el crecimiento de las raíces, siempre que se restituya la oxidación en tiempo más o menos corto.

El tamaño de la raíz del cacao está influenciado por el material de que está constituido el suelo. Si es material arcilloso, las raíces pueden ser profundas, pero en general delgadas. Si es suelo arenoso, que seca rápidamente, las raíces son bastante profundas y gruesas, con muchas ramificaciones.

Los mejores suelos para cacao comprenden desde suelos arcillosos agregados, hasta franco arenosos (4).

El cacao es un cultivo bastante exigente en lo que se refiere a la fertilidad del suelo, razón por la cual se debe poner especial atención a este aspecto con el fin de corregir oportunamente cualquier deficiencia. Esto debe considerarse especialmente cuando es cultivado con muy poca sombra o a plena exposición. Sin embargo, cuando su cultivo se hace sombrío, el rendimiento puede ser satisfactorio aún en suelos relativamente pobres, sin llegar a ser muy altos, pero puede llegar a su equilibrio debido al natural recirculamiento de los elementos minerales y la lenta descomposición de la materia orgánica, debido al control de la temperatura. En una situación como ésta, el manejo de la plantación debe llevarse con mucho cuidado (4).

La presencia de sales nutricias en el suelo estimula la producción de flores y por lo tanto, es mayor la probabilidad de la fecundación, a pesar de que no todas ellas actúan del mismo modo (7).

Las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados al suelo, han aumentado la floración y la capacidad de retención del fruto en manzanas y otros árboles (7).

#### IV.5.2 Factores Internos:

##### a) La falta de simultaneidad entre la maduración del grano de polen y la receptibilidad del estigma:

Tal cosa ocurre generalmente cuando dicha maduración se lleva a cabo antes o después de efectuarse la del ovario y en este caso, las condiciones ambientales pueden ejercer su influencia, especialmente si se trata de una elevada y prolongada temperatura (7).

##### b) La capacidad germinativa del polen:

Se considera que un polen es bueno en árboles frutales, cuando la reducción cromática es normal, es decir, cuando los cromosomas pueden aparearse convenientemente de modo que los gametos contengan el número fundamental de cromosomas (7).

El mismo autor considera que "muchas variedades frutales en cultivo, son formas más o menos híbridas que tienen con frecuencia su polen defectuoso e infértil (a pesar de proceder muchas veces de formas originalmente fértiles), ya que los padres pueden contener distintos números cromosómicos o bien por una mala división reduccional de las células sexuales".

De los estudios de Knight y Rogers, citados por Enríquez (3), vemos que para el cacao hay cinco alelos envueltos en la incompatibilidad, todos son localizados en el mismo Locus, éstos son:  $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$ , estos alelos difieren en potencia y siguen la secuencia del 1,2=3,4,5. La constitución diploide del padre o la madre

determina el fracaso o el éxito en el cruce.

Según ellos el cacao no tiene localizada la autoincompatibilidad en el tejido estaminal (estilo), pues el fracaso ocurre en un estado posterior, posiblemente después de la fertilización de los óvulos.

Según Cope, citado por Enríquez (3), la incompatibilidad en cacao tiene dos aspectos: esporofítica y gametofítica.

El encuentra tres tipos de cacao autoincompatible que tienen 25, 50 y cerca del 100% sin fusión de las células en el ovario, los gametos iguales que llevan como determinante un gen de incompatibilidad determinado, no pueden unirse.

El Locus "S" parece tener acción antes y después de la meiosis. Otros Locus que los llaman "A" y "B", conciernen a la reacción de incompatibilidad, cuyo posible rol es seguramente la producción de un precursor específico para lo no fusión, en el cual el alelo "S" es específico.

De ésto vemos que genotipos homocigotos para alelos inactivos (S), para uno o más de A, B y S Locus, serán autoincompatibles.

#### c) El Ph del Estigma:

Conjuntamente con Naundorf, citado por Polania (7), se hallaron amplias oscilaciones en cuanto al Ph del estigma, y es probable que dichas oscilaciones tengan influencias en el proceso de la fecundación.

#### d) La vida breve de la Flor:

A pesar de que la planta de cacao permanece floreciendo durante gran parte del año, la vida de la flor es demasiado efímera (12 a 48 horas). Sin embargo, Gardner, Naundorf y García, citados por Polania, han prolongado la vida y período de permanencia de la flor en el árbol (6 a 7 días) mediante pulverizaciones hormonales de ácido para-clorofenoxi-acético, en concentraciones de 10 a 100 ppm.

#### IV.6 Problemas de Incompatibilidad en el Cacao:

En todas las zonas de cultivo del cacao, encontramos ejemplos típicos del fenómeno, de que un gran número de árboles de cacao son estériles mientras son polinizados por su propio polen y en cambio son fértiles y fructifican algunas veces abundantemente, cuando son polinizados por polen proveniente de otros árboles de la misma especie (8).

Es un fenómeno de autoincompatibilidad y no de esterilidad como se creyó equivocadamente durante algún tiempo, ya que el mismo proceso de la fructificación demuestra que los óvulos y el polen son funcionales.

Observaciones y reconocimientos de zonas cacaotaleras en el Valle del Cauca, mostraron que en muchas plantaciones se encuentra hasta 50% de árboles incompatibles y prácticamente no existe plantación que no contenga por lo menos 10% de árboles autoincompatibles. Naturalmente este fenómeno en alto grado, reduce los rendimientos en las cosechas (8).

Este fenómeno de la autoincompatibilidad y de la autoesterilidad parece ser (según muchos trabajos científicos), un efecto debido a causas químicas y fisiológicas.

Este problema de la autoincompatibilidad es aún más grave en cacao que en otros árboles frutales, porque los polinizadores son pocos insectos que solamente a cierto tiempo trasladan el polen de un árbol de cacao a otro (8).

Según Sanclemente (8), el primero en estudiar los fenómenos de la autoincompatibilidad fue Osterwalder, en el año de 1910. Observó que el polen del mismo árbol (en ensayos realizados con manzanas y perales) empezó a germinar sobre el estigma, pero después el crecimiento del tubo polínico fue fuertemente inhibido, mientras que polen extraño y de otra variedad germinó, y el tubo polínico alcanzó rápidamente el saco embrional.

En el año de 1936 Zederbauer, citado por Sanclemente (8), menciona que

en variedades autoestériles y autoincompatibles, el crecimiento del tubo polínico es inhibido por causas fisiológico-químicas o por la falta de ciertas sustancias estimulantes para el crecimiento del tubo polínico que empieza a germinar, entrando en el tejido del estigma sin alcanzar el saco embrional, o llega demasiado tarde por la lentitud del crecimiento causado por la inhibición.

Sobre los problemas de autoincompatibilidad en cacao, existen bastantes trabajos, pero los autores de dichos trabajos se ocupan muy poco en encontrar explicaciones sobre el fenómeno de la autoincompatibilidad y las probables causas fisiológico-químicas y es así, que solamente algunos mencionan cuáles pueden ser las probables causas de este fenómeno. Pound, citado por Sanclemente (8), en colaboración con de Verteuil, estudió detenidamente la autoincompatibilidad y la relación de este fenómeno con la caída prematura de los frutos jóvenes de cacao, y hace observaciones sobre la fecundación entre árboles vecinos autoincompatibles, notando que en estos árboles existe también incompatibilidad al hacer cruces con polen de diferentes árboles, mostrando con estas observaciones que entre árboles autoincompatibles, tampoco es posible una fecundación cruzada.

Un dato interesante sobre los trabajos de Chessman, citado por Sanclemente (8), es el fenómeno de que la autoincompatibilidad no tiene que ser un hecho permanente, porque bajo ciertas condiciones, los árboles autoincompatibles pueden transformarse en árboles autocompatibles; más sin embargo Voelcker, citado por Enríquez, cree que un árbol autoincompatible, no demuestra ser reversible a autocompatibles.

Chessman, citado por Sanclemente, también menciona que la autoincompatibilidad puede ser, probablemente, influenciada por la nutrición.

En el año de 1937, el autor antes mencionado, da un resumen respecto a la incompatibilidad e incompatibilidad de los árboles y los clasifica de la siguiente manera:

- 1) Árboles autocompatibles que cuajan polinizados por su propio polen en polinización natural, o en polinización a mano.
- 2) Árboles clasificados como autocompatibles, que fructifican al ser polinizados

con polen de árboles autoincompatibles, o árboles autocompatibles.

- 3) Árboles clasificados como autoincompatibles, que no fructifican al ser polinizados con polen de otros árboles autoincompatibles.
- 4) Árboles clasificados como autoincompatibles, que fructifican al ser polinizados con polen de árboles autocompatibles.

En varios trabajos, Posnette, citado por Sanclemente (8), menciona las probables causas de la autoincompatibilidad en cacao, y cree que los siguientes factores influyen en este fenómeno: Incapacidad de germinación del polen, crecimiento demasiado lento del tubo polínico, falta del gameto masculino para fecundar el óvulo, falta del núcleo masculino y femenino para fusionarse y presencia de otros factores.

Cope, citado por Sanclemente (8), se ocupa también de la autoincompatibilidad de árboles de cacao y sus experiencias demostraron, que árboles autocompatibles tienen una formación superior de frutos con un porcentaje mayor de caída prematura de éstos, en tanto que en los árboles autoincompatibles hay una mayor producción de flores y un menor porcentaje de marchitamiento y caída prematura de frutos jóvenes con una menor producción de mazorcas.

En sus ensayos con fertilizantes, pudo observar que los árboles autoincompatibles aprovechan mejor el abono que los árboles autocompatibles.

Observa además, que en los árboles autocompatibles la fecundación artificial no siempre da resultados satisfactorios.

En otro trabajo, Cope, citado por Sanclemente, encontró que los tubos polínicos sean de árboles autocompatibles o autoincompatibles, tienen la facultad de germinar sobre cualquier estigma, sea de un árbol autocompatible o autoincompatible y el crecimiento del tubo polínico en el estilo, no es inhibido en los dos grupos de árboles (parece según Cope, que el crecimiento del tubo polínico es más rápido en el estilo de un árbol autoincompatible), pero probablemente ocurre la inhibición del crecimiento del tubo, en árboles autoincompatibles al salir del estilo y alcanzar el ovario.

En el año de 1940 Cope, citado por Sanclemente (8), supone a base de numerosos ensayos, que la recepción tardía y el bajo nivel de la actividad nuclear en varios árboles autoincompatibles, son responsables para la abscisión.

Voelcker, citado por Enríquez (3), desde 1937, se dio cuenta que la producción del cacao está controlada entre otros factores por el número de flores producidas, el número de flores polinizadas, y el número de mazórcas perdidas sin madurar.

Posnette citado por Enríquez (3), cree que aquellos frutos que no desarrollan y luego se secan, se debe a que un polen incompatible, germina y crece más rápidamente que otros polenes y que llega al ovario y fecunda un óvulo, pero sólo sirve de estímulo, puesto que la substancia inhibidora no permite el desarrollo normal del fruto.

Knaap citado por Enríquez (3), cree que un alto porcentaje de flores polinizadas, se pierde en los árboles autoincompatibles por autopolinización y que este factor se vuelve muy interesante, considerando la potencialidad y producción total del árbol, estos factores junto con la escasa polinización natural, son los factores que causan la baja producción.

#### IV.7 Polinización y polinizadores del cultivo del Cacao:

Del gran número de flores que produce el cultivo del cacao, menos del 5% son fecundadas y llegan a dar fruto. Esto se debe a dos factores: primero que es muy frecuente que la planta sea autoestéril y por lo tanto, necesite de polen extraño para su fecundación. Segundo, que los mecanismos de polinizadores son muy poco eficientes. Esto último depende de los agentes de transmisión del polen, la estructura de la flor, y su biología. Las flores del cacao se comienzan a abrir por la tarde, y a las primeras horas de la mañana siguiente, emiten el polen y presentan estilos receptivos.

Pero la estructura de la flor parece impedir la autopolinización, pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas de los pétalos y separadas del pistilo por los estaminodios. Además, el polen es pegajoso y por lo

tanto la polinización por el viento no puede ocurrir, normalmente.

Son entonces ciertos insectos diminutos, afidos y otros, los que al andar por las flores, pueden recoger el polen y depositarlo en los estigmas, sea de la misma flor, en otras del mismo árbol o llevarlo a otra planta.

El proceso descrito, determina que en los trabajos de polinización artificial las flores se emasculen y polinicen la noche antes de abrirse. Se cubren luego para evitar la contaminación con polen extraño por insectos en la mañana siguiente. Las flores que no han sido fecundadas se desprenden los sépalos, pétalos y estambres, y el ovario inicia su crecimiento. Muchos de los ovarios fecundados se caen por diversas causas y sólo un porcentaje muy bajo llega a la maduración.

La falta de polinización natural constituye un factor limitante en la producción de cacao en muchas regiones de América Central y del Sur (4).

La carencia de polinizadores, parece ser un factor limitante en la producción de cacao durante ciertos períodos del año en Bahía, Brasil (3).

La determinación del desenvolvimiento, reproducción y crecimiento de esos insectos, es fundamental para planear su manipulación en vista a aumentar su población y consecuentemente, su acción polinizadora (11).

La polinización natural de cacao expresada en términos de fertilización, ocurre en tasas que no superan el 4% en las épocas de floración más intensa en la región cacaotera en Bahía (10).

Tasas de polinización equivalentes y/o inferiores, se tienen registradas en otras áreas neotropicales productoras de cacao. Tales hechos llevan a admitir que es teóricamente posible elevar el índice de polinización natural por el incremento natural y/o artificial de las poblaciones de polinizadoras y/o utilizándose métodos mecánicos de polinización de cacao (10).

La polinización de cacao es entomófila. Tal hecho se debe a la estructura de

la flor, pentamera y hermafrodita, con los órganos reproductivos separados entre sí por una doble barrera física (una concha petaloide y los estaminoídes), que dificultan el proceso de autofertilización (10).

Por lo tanto, es necesaria la interferencia de un pequeño insecto alado, que transporte el polen para el estilo y/o estigma, para que haya fertilización (10).

El papel de las abejas en la polinización de las flores de cultivos perennes o anuales, así como el manejo de las abejas silvestres para la polinización de cultivos, han permitido aprovechar de una manera inteligente las poblaciones de estos insectos en la agricultura (10).

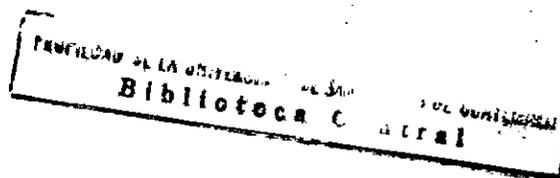
Silva, citado por Soria (10) menciona que, realizando colectas sistemáticas de apídeos en la región cacaotera de Bahía en 1945, tuvo la oportunidad de registrar la ocurrencia de pequeñas abejas denominadas regionalmente "jitai mirim", visitando flores de cacao.

Estos apídeos visitan las flores para coleccionar polen, hecho comprobado por el examen de la corbícula en las patas posteriores de centenas de individuos. Sin embargo, otros insectos tales como trips, hormigas y áfidos, pueden realizar polinización accidental; algunas especies de mosquitas *Forcipomya*, han sido últimamente reconocidas como los polinizadores más eficientes de este cultivo (14).

Tomando en consideración que estas mosquitas eran poco conocidas en Costa Rica y otras partes de América Central, se iniciaron estudios para determinar la clase y número de mosquitas que visitan las flores de cacao en condiciones naturales (14).

En base a estos estudios, fueron determinadas las siguientes especies de *Forcipomya* polinizadoras, agrupadas en orden descendente de importancia:

- F. (*Euprojoannisia*) *blantoni*.
- F. (*Warmkea*) *tuberculata*.
- F. (*Thyridomia*) spp.



F. (*Microhelea*) *fuliginosa*.

F. (*Forcipomya*) spp.

Mosquitas no polinizadoras colectadas de las flores, algunas dentro de las especies y grupos mencionados, fueron 10 veces más numerosas que las polinizadoras; de tal observación se concluye que las especies polinizadoras mencionadas, deben ser protegidas y su reproducción natural estimulada para que niveles crecientes de población y correspondientes a niveles crecientes de polinización, resulten en niveles más altos de producción de cacao (14).

Las mosquitas del género *Forcipomya* Meigen (Diptera, Ceratopogonidae), particularmente aquellas del subgénero *Euprojoannisia*, han sido reconocidas en la literatura como los más importantes polinizadores del cacaotero; Ciferri, citado por Vello (15), observó que son las hembras de *Forcipomya* las que polinizan; los machos no polinizan.

La determinación taxonómica de las mosquitas asociadas con la polinización del cacao, permite su diferenciación de aquellas de menor importancia económica. Un diagnóstico seguro en el campo, es necesario para proteger las mosquitas de los efectos de las prácticas agrícolas rutinarias, particularmente el uso de pesticidas agrícolas es válido para programar el establecimiento de sistemas de manejo racionales para las plantaciones de cacao (13).

Los estudios de fluctuación estacional de poblaciones de insectos, es importante para la ejecución racional de cualquier programa de control de plagas y/o manejo de insectos benéficos al cultivo (10).

Las referencias sobre estudios de fluctuaciones de poblaciones de Ceratopogonideos polinizadores de cacao, son escasas.

En Ghana, Entwistle, citado por Soria (12), verificó que las poblaciones de estos insectos decrecen bruscamente con la llegada de la época seca.

Estudios realizados por Winder y Silva, citados por Soria (12), revelaron

que en Bahía, en los meses en que hay exceso de agua en el suelo (junio, julio y agosto), ocurre un aumento de la densidad poblacional de Ceratopogonideos. En los meses en que ocurre un déficit prolongado de agua (diciembre y enero), esta población permanece relativamente baja.

#### **IV.8 Ritmos Poblacionales de los Insectos:**

Existen varios trabajos que discuten las relaciones entre las variables climáticas y las fluctuaciones poblacionales de los insectos.

Dentro de las primeras, el calor ha sido mencionado como factor determinante de los ritmos poblacionales (9).

El fotoperiodismo también ha sido otro factor climático determinante de los ritmos poblacionales de los insectos, particularmente en las regiones templadas, donde su variación es más marcada (9).

La humedad relativa es también un parámetro meteorológico relacionado con el desenvolvimiento de los insectos. Su efecto sobre las poblaciones se da por medio de optimización del ambiente para su reproducción.

El balance hídrico también ha sido reconocido como una variable climática, que determina ciertas poblaciones de *Forcipomya* spp.

La naturaleza del balance hídrico también ha sido reconocido como una medida agrometeorológica, se basa en medidas simples de precipitación pluviométrica y temperatura media.

#### **IV.9 Ritmos de Polinización:**

Los ritmos de floración y población de insectos polinizadores, están asociados por el hecho de que los insectos y las plantas están más o menos influenciados por los mismos factores climáticos.

La polinización de esta manera se presenta como un fenómeno natural de sensibilidad multidireccional, siendo que los factores que afectan al hospedero y al insecto, influyen en la polinización (9).

La producción de cacao es asimismo, un fenómeno que debe ser conducido con mucho criterio. Un manejo que considere el sincronismo de los ritmos vegetativos y poblacionales de los insectos polinizadores, será indispensable para garantizar una producción deseable (9).

## V. MATERIALES Y METODOS

### V.1 Ubicación y características del área de estudio:

#### V.1.1 Ubicación:

El presente estudio, se llevó a cabo en la finca "Las Acacias, S.A.", ubicada en el municipio de Nueva Concepción del departamento de Escuintla, en el paralelo 14° Norte, y en las coordenadas Latitud Norte 14° 12', Longitud Este 91° 18', estando a una altura sobre el nivel del mar de 70 metros.

#### V.1.2 Características:

##### V.1.2.1 Ecología:

Según la clasificación de Holdrige, la finca "Las Acacias, S.A.", se encuentra ubicada en la zona de vida bosque húmedo subtropical (cálido).

##### V.1.2.2 Clima:

Las condiciones climáticas (2) de esta zona de vida, son las siguientes:

- Precipitación de 1200 a 2000 mm., al año.
- Biotemperatura promedio 27°C.
- Evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.95.
- Altitud varía desde 0 a 80 msnm.

##### V.1.2.3 Suelos:

Según la clasificación de "Simmons", la finca "Las Acacias, S.A.", se encuentra ubicada dentro del grupo de suelos del litoral pacífico, perteneciendo a la serie de suelos Tiquisate Franco.

## V.2 Descripción del área experimental:

El área seleccionada para el presente estudio, está constituida por árboles de cacao de 6 años de edad, material proveniente de la Estación de Fomento "Los Brillantes", el material es homogéneo en cuanto a su crecimiento y desarrollo, con una distancia de siembra de 4.27 metros al cuadro.

La floración ocurre durante todo el año, siendo las épocas de mayor floración durante los meses de mayo a junio y de octubre a noviembre.

El terreno presenta una topografía plana.

## V.3 Descripción de tratamientos:

Se trabajó con cuatro tratamientos y 10 repeticiones; los tratamientos utilizados fueron:

### V.3.1 Testigo:

Fueron todas aquellas flores, que no fueron protegidas ni polinizadas en forma artificial, sino que simplemente fueron identificadas.

### V.3.2 Autopolinización:

Polinizaciones efectuadas utilizando polen de flores del mismo árbol.

### V.3.3 Polinización Cruzada:

Polinizaciones efectuadas utilizando polen de flores procedentes de otros árboles, de la misma plantación.

### V.3.4 Polinización Cruzada:

Polinizaciones efectuadas utilizando polen de flores de árboles de otra planta-

ción.

Todos los tratamientos exceptuando el testigo, fueron hechos manualmente, protegiendo las flores receptoras de polen antes y después de efectuadas las polinizaciones, con tubos plásticos.

#### V.4 Manejo del Experimento:

##### V.4.1 Polinizaciones:

Se seleccionaron 40 árboles al azar, dentro del área experimental, suponiendo homogeneidad (40 árboles de características similares), se procedió a asignar al azar, 10 árboles para cada tratamiento, en cada árbol se seleccionaron 15 flores, las cuales fueron marcadas y protegidas antes y después de ser polinizadas.

Las flores que se utilizaron como receptoras de polen para los tratamientos polinización cruzada, antes de efectuarse la polinización manual se les eliminaron las anteras con el propósito de evitar que éstas se autofecundaran.

De las 15 flores polinizadas en cada árbol, 5 fueron llevadas al laboratorio, en donde se observaron montajes en el microscopio, a efecto de contar el número de granos de polen que se encontraban en el pistilo y el número de óvulos que se hallaban en el ovario.

Las 10 flores restantes, que se dejaron en el árbol, se utilizaron con el propósito de observar los diferentes grados en que alcanzaban su crecimiento.

En total, se polinizaron 450 flores (las del tratamiento testigo no fueron polinizadas artificialmente), se observaron al microscopio 200 montajes (50 flores por tratamiento).

Cada persona que participó en las polinizaciones, polinizó un número determinado de flores por tratamiento, identificando los árboles polinizados por la misma persona.

#### V.4.2 Insectos Polinizadores:

En los mismos árboles en donde se realizaron las polinizaciones, se procedió a muestrear 12 flores por árbol, recolectadas 6 del estrato alto y 6 del estrato bajo, las flores de cada estrato se colocaron dentro de bolsas plásticas, con su identificación respectiva.

Estas bolsas se conservaron en refrigeración (para matar los insectos y facilitar su conteo), posteriormente se abrieron en el laboratorio, a efecto de separar y contar los insectos presentes.

Dichos insectos se colocaron en frascos, conteniendo alcohol etílico al 70% para su posterior determinación.

El muestreo de flores en cada árbol se realizó en las siguientes horas:

5:00 a.m.

8:00 a.m.

11:00 a.m.

14:00 p.m.

17:00 p.m.

El número de muestreos fue de 3, cada uno con intervalo de 15 días.

#### V.5 Variables de Respuesta:

V.5.1 Se considera un mínimo de 10 granos de polen germinados (con el tubo polínico formado), dentro del ovario para que exista formación del fruto.

V.5.2 Porcentajes de flores polinizadas, que finalmente se transformaron en fruto.

V.5.3 Número de insectos polinizadores encontrados en las flores.

**V.6 Análisis de resultados:**

Los resultados de las variables anteriormente descritas, se ordenaron en cuadros para facilitar su interpretación, en dichos cuadros podemos observar promedios de los resultados obtenidos, siendo éstos:

**V.6.1** Promedio del número de granos de polen y de óvulos de las cinco flores observadas por cada árbol por tratamiento.

**V.6.2** Promedio del tiempo de permanencia de cien flores por tratamiento.

**V.6.3** Promedio de insectos recolectados en 40 árboles por cada tratamiento.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los montajes observados al microscopio, en donde se cuantificaron el número de granos de polen encontrados en el pistilo, así como el número de óvulos encontrados en el ovario (Cuadro No. 1).

Posteriormente, en el Cuadro No. 2, se pueden observar los diferentes tiempos, en que permanecieron las flores adheridas al árbol de acuerdo al tratamiento, el tiempo se consideró desde un día (24) horas, hasta 3 meses.

Finalmente en el Cuadro No. 3, se resumen los resultados obtenidos en relación al número de insectos y horas de mayor actividad, así como el nombre común de los mismos.

Al proceder al análisis de los resultados obtenidos, en el Cuadro No. 1, se observa que el número de granos de polen fue prácticamente nulo en el tratamiento testigo, aumentando significativamente, la cantidad de los mismos en los tratamientos posteriores, mientras que el número de óvulos siempre se mantuvo en una proporción adecuada (más de 10 óvulos por flor).

De lo anterior se infiere que la polinización natural es muy baja, necesitándose de agentes polinizadores para que ésta alcance los niveles deseados para este cultivo.

El análisis del tiempo de permanencia de las flores en el árbol, con los cuatro tratamientos (Cuadro No. 2), muestra que en las flores testigo, a las 24 horas, el porcentaje de abscisión llegó al 100%.

En las flores autopolinizadas, sólo el 25% llega a las 24 horas, el 22% a las 48 horas y el 15% a las 72 horas, siendo este último el tiempo máximo de permanencia de las flores para este tratamiento.

En lo que respecta a las flores del tratamiento polinización cruzada con

polen de la misma plantación, el 31% llega a las 24 horas, el 20% a las 48 horas, el 17% a las 72 horas, 4% a la semana y solamente el 1% forma fruto.

En relación a la polinización cruzada con polen proveniente de otra plantación, se establece que el 89% de las flores permanece 24 horas, el 88% 48 horas, el 80% 72 horas, 47% una semana, el 31% 2 semanas, el 14% 3 semanas, el 7% un mes, y finalmente a los 3 meses se logra cosechar el 6%.

Del anterior análisis, se concluye que a partir del tratamiento autopolinización, se incrementa el porcentaje y tiempo de permanencia de las flores en el árbol, sobresaliendo el tratamiento polinización cruzada, con polen de otra plantación, ya que en éste se logra cosechar un porcentaje del 6%, el cual se considera aceptable.

Los anteriores resultados son muestra evidente que en dicha plantación, existe un alto porcentaje de materiales autoincompatibles, siendo a juicio del autor de la presente tesis, el principal problema que incide en la baja producción de frutos.

En el Cuadro No. 3, se observan los resultados obtenidos del muestreo de insectos así como las horas de mayor actividad de los mismos, estableciéndose que la población es sumamente baja o casi nula, no llegando a encontrar ni un insecto por flor del total de las flores muestreadas, obteniéndose un promedio entre 5 y 7 insectos en 60 flores muestreadas por árbol.

Los insectos encontrados en las flores en orden de importancia, tomando en cuenta la cantidad de los mismos, fue el siguiente:

- 1) Mosquitas (Hymenóptera).
- 2) Hormigas (Hymenóptera).

Se observó en otras partes de los árboles áfidos (Homóptera), y algunos arácnidos.

La hora de mayor actividad de estos posibles insectos polinizadores, estuvo comprendida en el período de las 5:00 a las 11:00 a.m.

**CUADRO No. 1**

**PROMEDIO DEL NUMERO DE GRANOS DE POLEN Y DE OVULOS OBSERVADOS EN EL PISTILO Y OVARIO DE LAS FLORES EN CADA ARBOL POR TRATAMIENTO**

TRATAMIENTO ARBOL	TESTIGO		AUTOPOLINIZACION		POLINIZACION CRUZADA CON FLORES DE LA PLANTACION		POLINIZACION CRUZADA CON FLORES DE OTRA PLANTACION	
	granos de polen	óvulos	granos de polen	óvulos	granos de polen	óvulos	granos de polen	óvulos
1	1	33	31	38	43	33	40	35
2	0	33	32	35	40	39	49	37
3	0	32	36	31	37	39	39	34
4	0	32	36	34	44	36	44	33
5	0	32	13	33	45	37	44	33
6	0	30	46	39	24	28	45	40
7	0	31	43	36	33	29	44	30
8	0	33	42	36	39	35	44	37
9	0	35	26	31	38	36	44	29
10	0	37	29	29	37	31	46	37

CUADRO No. 2  
PROMEDIO DEL TIEMPO DE PERMANENCIA DE LAS FLORES POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	TOTAL FLORES POR TRATAMIENTO	TOTAL DE FLORES PRESENTES A DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO								
		24 Hrs.	48 Hrs.	72 Hrs.	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	2 meses	3 meses
TESTIGO	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTOPOLINIZACION	100	25	22	15	0	0	0	0	0	0
POLINIZACION CRU- ZADA CON FLORES DE LA MISMA PLAN- TACION	100	31	20	17	4	2	2	2	1	1
POLINIZACION CRU- ZADA CON FLORES DE OTRA PLANTA- CION	100	89	88	80	47	31	14	7	6	6

CUADRO No. 3

PROMEDIO DEL NUMERO DE INSECTOS RECOLECTADOS EN 40 ARBOLES PARA LOS 3 MUESTREOS  
REALIZADOS EN DIFERENTES HORAS DEL DIA

MUESTREO	HORAS DE MUESTREO	ESTRATO				TOTAL DE INSECTOS	PROMEDIO POR ARBOL
		ALTO		BAJO			
		HORMIGA	MOSQUITOS	HORMIGAS	MOSQUITOS		
1	5:00	0	56	0	91	147	
	8:00	2	28	4	35	69	
	11:00	2	28	0	36	66	
	14:00	3	0	1	4	8	
	17:00	3	0	2	0	5	7
2	5:00	0	13	0	37	50	
	8:00	0	44	0	19	63	
	11:00	0	45	0	32	77	
	14:00	0	0	0	4	4	
	17:00	0	0	0	0	0	5
3	5:00	0	0	0	0	0	
	8:00	0	0	0	0	0	
	11:00	0	0	0	0	0	
	14:00	0	0	0	0	0	
	17:00	0	0	0	0	0	0

## VII. CONCLUSIONES

1. De los tratamientos evaluados, el tratamiento número 4 (polinización utilizando polen de otra plantación), fue el que mejores resultados presentó, lográndose finalmente un 6% de fructificación. En contraposición el tratamiento 1 (testigo) y el tratamiento 2 (polen de la misma planta), no presentaron fructificación alguna, mientras que en el tratamiento 3 (polen de otros árboles de la misma plantación), la fructificación fue del 1%, lo que evidencia la existencia de un alto porcentaje de materiales incompatibles.
2. Se manifestó un bajo número en las poblaciones de insectos, lo cual es un factor que aunado a la incompatibilidad de los materiales, determina el bajo porcentaje de fructificación.
3. El período en donde existe mayor actividad de los posibles insectos polinizadores, está comprendido en el lapso de las 5:00 a.m. a las 11:00 a.m., período de tiempo en el cual se observó que las flores de cacao habían sufrido antesis, por lo cual se encontraban en estado receptivo.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la variabilidad del material genético aumentando el número de clones con el propósito de superar la incompatibilidad, usando de preferencia material de cacao del tipo híbrido.
2. Seleccionar del material ya existente, aquel que demuestre el mayor porcentaje de fructificación, para propagarlo dentro de la plantación, eliminando aquellas plantas improductivas.
3. Crear un habitat favorable para el crecimiento de posibles insectos polinizadores, sembrando plantas que favorezcan el establecimiento y crecimiento de poblaciones de insectos polinizadores.
4. Evitar el uso de insecticidas, ya que el uso de los mismos no es aconsejable en las plantaciones de cacao.

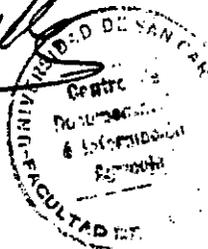
## IX. BIBLIOGRAFIA

1. EL CACAO y su protección fitosanitaria. 1983. Correo Fitosanitario (Alemania) 2:2-5.
2. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificaciones de zonas de vida de Guatemala a nivel reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. ENRIQUEZ, G.A. 1964. Revisión de literatura de citogenética en cacao; Turrialba, C.R., IICA. 9 p.
4. \_\_\_\_\_, 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, C.R., CATIE. p.45-47.
5. FISH, D.; SORIA, S. DE J. 1978. Water-holding plants (phytotelmata) as larval habitats for ceratopogonid pollinators of cacao in Bahia, Brazil. Revista Theobroma (Bra.) 8(4):133-146.
6. KODERA, Y.; ENRIQUEZ, G.A. 1983. Combate de epifitas del tronco de cacao (Theobroma cacao L.). Turrialba, C.R., CATIE. 13 p.
7. POLANIA, H. 1953. Germinación del polen del cacao, crecimiento del tubo polínico y cuajamiento. Acta Agronómica (Col.) 3:9-34.
8. SANCLEMENTE, M. 1953. Problemas de incompatibilidad en el cacao. Acta Agronómica (Col.) 3:65-87.
9. SORIA, S. DE J. 1977. Dinámica populacional de Forcypomia Spp. (Díptera, Ceratopogonidae) Na Bahia, Brasil. III Variáveis climáticas relacionadas com a polinização do cacauero. Revista Theobroma (Bra.) 7(2):69-84.
10. \_\_\_\_\_. 1975. O papel dos abelhas sem ferrão (meliponinae) na polinização do cacauero na América Tropical. Revista Theobroma (Bra.) 5(1):12-20.
11. \_\_\_\_\_.; WIRTH, W.W. 1975. Ciclos de vida dos polinizadores do cacauero Forcypomia Spp. (Díptera, Ceratopogonidae) E algumas anotaciones sobre o comportamento das larvas no laboratorio. Revista Theobroma (Bra.) 5(4):3-22.
12. \_\_\_\_\_.; ABREU, J.M. 1976. Dinámica populacional de Forcipomya Spp. (Díptera, Ceratopogonidae) Na Bahia, I-fluctuacao estacional dos polinizadores do cacauero relacionada con chuva e balanço de água (Thorntwaite). Revista Theobroma (Bra.) 6(2):47-54.
13. \_\_\_\_\_.; WIRTH, W.W.; FLORES, J.D. 1976. Identidad de las mosquitas Forcipomya Spp. (Díptera, Ceratopogonidae) relacionadas con la polinización del cacaoero en Ecuador. Revista Theobroma (Bra.) 6(4): 101-108.

14. \_\_\_\_\_.; WIRTH, W.W.; CHAPMAN, R.K. 1980. Insecto pollination of cacao in Costa Rica 1. Preliminary list of the Ceratopogonid midges collected from flowers. Revista Theobroma (Bra.) 10(2):61-68.
15. VELLO, F.; NASCIMENTO, I.F. 1971. Influencia de origem do pólen na produção do cacauero. Revista Theobroma (Bra.) 1(1):7-14.

10 130.

Fathallah



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	.....
Asunto	.....

I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Anibal B. Martínez M.  
D E C A N O

