

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"LA FLOR, POLINIZACION Y POLINIZADORES DEL CARDAMOMO
(Elettaria cardamomum M.) EN COBAN, ALTA VERAPAZ".

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

FRITZ PAUL LANG OVALLE

En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, noviembre de 1,982.

01
T(653)
c 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Oscar R. Leiva.
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez R.
Vocal 3o.	Ing. Agr. Fernando Vargas N.
Vocal 4o.	Prof. Leonel Enríquez Durán.
Vocal 5o.	Prof. Francisco Muñoz Navichoque.
SECRETARIO a.i.	Ing. Agr. Carlos R. Fernández P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Examinador	Ing. Agr. Amílcar Gutiérrez.
Examinador	Ing. Agr. Salvador Castillo.
Examinador	Ing. Agr. Carlos H. Aguirre.
SECRETARIO a.i.	Ing. Agr. Carlos R. Fernández P.

Guatemala,
noviembre de 1982.

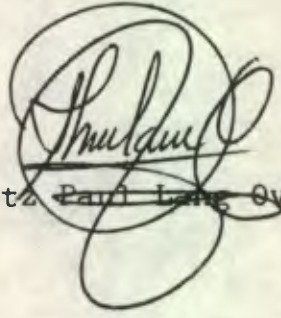
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
P R E S E N T E.

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

"LA FLOR, POLINIZACION Y POLINIZADORES DEL CARDAMOMO (Elettaria cardamomum M.) EN COBAN, ALTA VERAPAZ".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en - Ciencias Agrícolas, esperando merezca su aprobación.

Respetuosamente,



Fritz Paul Lang Ovalle



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

16 de noviembre de 1982.

Señor Decano
Dr. Antonio Sandoval S.
Facultad de Agronomía
Guatemala.

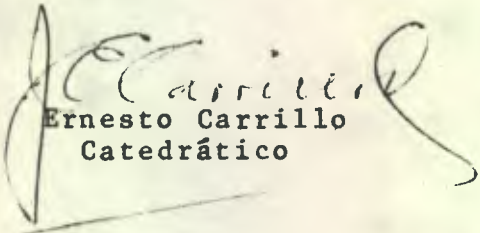
Señor Decano:

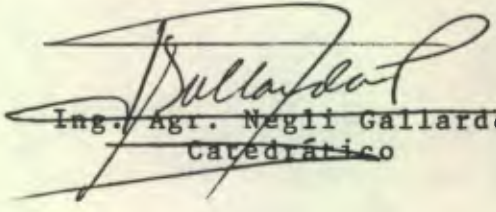
En atención a la designación que esa Decanatura nos hiciera, comunicamos a usted que hemos asesorado al estudiante Fritz Paul Lang Ovalle, en la ejecución del trabajo de tesis titulado:

"LA FLOR, POLINIZACION Y POLINIZADORES DEL CARDAMOMO (Elettaria cardamomum M.) EN COBAN, ALTA VERAPAZ"

Consideramos que dicho trabajo es un aporte sumamente importante que vendrá a enriquecer las investigaciones básicas que en el cultivo del cardamomo son muy escasas. De esta forma, recomendamos a su persona la autorización para su impresión, ya que cumple con los requisitos que establece la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,


Ernesto Carrillo
Catedrático


Ing. Agr. Negii Gallardo
Catedrático

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible que este trabajo se realizará en especial a mis asesores, P. A. Ernesto Carrillo e Ing. - Agr. Negli Gallardo y al Lic. Estuardo Duarte, a ellos por - sus valiosas sugerencias y críticas durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Romeo Martínez, por sus sugerencias al iniciar este trabajo de tesis.

A los Ings. Carlos Letona y Guillermo Méndez, quienes me brindaron valiosa ayuda en el trabajo de campo, así como a - sus esposas y a la Sra. Erlinda Alfaro, por sus atenciones du - rante nuestra estancia en Cobán.

A Rosa Carlota Hurtarte, por el eficiente y arduo trabajo mecanográfico desarrollado.

Mi reconocimiento a don Aroldo Wellman, propietario de - la finca Choval, así como a las personas que en la misma nos prestaron su colaboración.

Al Centro Universitario del Norte, especialmente a su - ex-Director, Ing. Rodolfo Albizúres, por la colaboración económica brindada por dicha institución, en la implementación - del trabajo de campo.

A los Ings. Luis Reyes y Mario Melgar, así como al Prof. Sergio González, por su colaboración en el análisis estadísti - co.

Al Ing. Hugo A. de la Cruz y familia, quienes hicieron - posible nuestra visita a la finca "El Carmen", Sacristal.

Al Personal Docente y de Campo del Area Agronómica del -
CUNOR y especialmente a don Julio Xicol Yalibat.

A los estudiantes del curso de Genética de la Carrera -
Agronómica, CUNOR, 1981.

A los estudiantes de la Facultad de Agronomía, USAC, que
realizaron problemas especiales en cardamomo, en 1981.

A los Srs. Otto Wellman y Gumerindo Castro, quienes nos
brindaron valiosa ayuda.

Al P. A. Vinicio Aguilar, por su colaboración e interés
en el presente trabajo.

A Agripina Pedroza, por su ayuda oportuna y efectiva.

A los compañeros de trabajo de la Sub-Area de Ciencias -
Biológicas, especialmente al Ing. César Azurdía y a don Mario
Sarg.

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES: Federico Lang Calel
 Berta Ovalle de Lang

A MI ABUELITA: Leonor Pardo Montufar

A MIS HERMANOS: Julio, Luis, Brenda, Ileana,
 Sonia, Hugo y Vanesa.

A MIS PADRINOS DE GRADUACION:

Ing. Agr. Carlos F. Letona
Ing. Agr. Guillermo Méndez
Ing. Agr. Negli Gallardo

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

En especial a:

Lázaro Gonzalo, Carlos Leonel.
Julio César, Juan Humberto y
Efraín.

DEDICO ESTA TESIS

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC.

AL: CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE.

A: MYRNA HERRERA.

A: ERNESTO CARRILLO.

CONTENIDO

	Pag.
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	i
RESUMEN.....	iv
I- INTRODUCCION.....	1
II- ANTECEDENTES.....	2
III- JUSTIFICACION.....	4
IV- DEFINICION DEL PROBLEMA.....	5
V- HIPOTESIS.....	6
VI- OBJETIVOS.....	7
VII- REVISION BIBLIOGRAFICA.....	8
IX- MATERIALES Y METODOS.....	18
X- RESULTADOS.....	31
XI- DISCUSION DE RESULTADOS.....	48
XII- CONCLUSIONES.....	63
XIII- RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	69
ANEXO 1: Tablas de resultados en cada uno de los experimentos.....	72
ANEXO 2: Análisis de varianza para los resulta- dos de cada experimento.....	82
ANEXO 3: Otros trabajos de investigación relacio- nados con el contenido de ésta tesis.	93
ANEXO 4: Figuras, varias.....	97

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

	Pag.
Tabla 1: Resumen de los resultados, dado en porcentaje de frutos viables, para cada uno de los experimentos.	37
Tabla 2: Resumen del Análisis de Varianza realizado para cada uno de los experimentos, con datos de la última lectura.	38
Tabla 3: Cuantificación de la actividad de las abejas polinizadoras, en el cardamomo de Sacristal.	39
Tabla 4: Cuantificación del número de flores perforadas en Choval, Cobán, A. V., durante el mes de octubre.	40
Tabla 5: Cuantificación del porcentaje de frutos viables, según cada agente de polinización.	40
Tabla 6: Porcentaje de frutos viables, en el experimento: autopolinización manual utilizando palillos de mesa.	73
Tabla 7, 8 y 9: Comparación entre testigos y tratamientos, con respecto al porcentaje de frutos viables y tamaño de fruto, en el experimento: autopolinización manual utilizando pinces.	74 75 76
Tabla 10, 11 y 12: Comparación entre testigos y tratamientos, con respecto al porcentaje de frutos viables y tamaño de fruto, en el experimento: control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día.	77 78 79
Tabla 13: Comparación entre testigos y tratamientos, con respecto al porcentaje de frutos viables, en el experimento: control de la polinización natural, cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día.	80
Tabla 14: Porcentaje de frutos viables y meristemos activos, en el experimento: control de los polinizadores por medio de mallas excluidoras.	81
Tabla 15: ANDEVA de los datos de la tabla 8.	83
Tabla 16: ANDEVA de los datos de la tabla 10.	84
Tabla 17: ANDEVA de los datos de la tabla 11.	85

	Pag.
Tabla 18: ANDEVA de los datos de la tabla 6.	86
Tabla 19: ANDEVA de los datos de las tablas 7 y 8, a los 42 días.	87
Tabla 20: ANDEVA de los datos de la tabla 9, a los 42 días.	88
Tabla 21: ANDEVA de los datos de las tablas 10 y 11 a los 42 días	89
Tabla 22: ANDEVA de los datos de la tabla 12, a los 42 días.	90
Tabla 23: ANDEVA de los datos de la tabla 13, a los 32 días.	91
Tabla 24: ANDEVA de los datos de la tabla 14.	92
Figura 1: Fenología de la flor del cardamomo.	42
Figura 2: Gráfica del comportamiento de las flores - autopolinizadas manualmente con palillos - de mesa.	42
Figura 3: Gráfica del comportamiento de las flores - autopolinizadas manualmente con pinceles.	43
Figura 4: Gráfica del comportamiento de las flores - polinizadas naturalmente a distintas horas.	44
Figura 5: Gráfica del comportamiento de las flores - polinizadas naturalmente a distintas horas.	45
Figura 6: Gráfica del comportamiento de las flores - de cardamomo "Verde", cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día.	46
Figura 7: Gráfica de la comparación de los porcentajes de frutos viables que se presentaron - al utilizar mallas excluidoras de polinizadores.	47
Figura 8: Disposición de las flores en la macolla.	98
Figura 9: Flor en el momento de antesis.	98
Figura 10: Flor, vista lateral.	99

	Pag.
Figura 11: Flor un día después de la antesis.	99
Figura 12 y 13: Flores sin ornamentación en el labelo.	100
Figura 14 y 15: Flores con distinta ornamentación en - labelo.	100
Figura 16: Flor polinizada manualmente con palillo de mesa.	101
Figura 17: Flor polinizada manualmente con pincel.	101
Figura 18: Polinización de una flor por <u>Bombus</u> .	102
Figura 19: <u>Trigona</u> sp. libando néctar por la perfora- ción, en el tubo corolino; de una flor en antesis.	102
Figura 20: <u>Trigona</u> sp. polinizando la flor al momento de tomar polen.	102
Figura 21: Panal de <u>Trigona</u> sp. ("cap") adherido a una pared.	103
Figura 22: Flor cubierta por una bolsa de plástico, - utilizada en el experimento de autopoliniza- ción.	103
Figura 23: Inflorescencia cubierta por una bolsa de - plástico, utilizado en el experimento para controlar la polinización natural.	105
Figura 24, 25 y 26: Tubos contruídos con cedazo, malla arnero y malla gallinero, usadas en el expe- rimento para excluir polinizadores.	104
Figura A: <u>Bombus</u> sp. captado en el momento de polini- zar y libar néctar.	Portada
Figura B: <u>Trigona</u> sp. ("reinita") libando néctar, - después de hacer la perforación en el tubo corolino, justamente arriba del cáliz, en el lado opuesto al labelo.	Portada

RESUMEN

A medida que se incrementa el cultivo del cardamomo en Guatemala, se hacen palpables los problemas que limitan la producción; uno de éstos es la abscisión de flores y frutos.

El estudio se hizo en Cobán, A. V. y su objetivo fue conocer el mecanismo de polinización en cardamomo, sus agentes y determinar qué relación guardan estos mecanismos con la abscisión. Se estudiaron las variedades Mysore ("Verde") y Malabar ("Pache").

La metodología consistió en autopolinizar flores con pabillos de mesa y pinceles; controlar la polinización natural usando bolsas de nylon y seleccionar la participación de los agentes polinizadores, por medio de mallas metálicas.

Se concluyó que bajo condiciones de polinización normal, la abscisión de flores y frutos es una respuesta natural de la planta a las condiciones ambientales en donde se desarrolla.

Los principales polinizadores del cardamomo son Hymenopteros de los géneros Trigona ("cap" y "reinita") y Bombus -- (abejorro o "gonón"); ambos son igualmente eficientes y dan lugar al 71.5% de frutos viables; otros agentes de la polinización son: mariposas, colibríes y posiblemente viento, lluvia, hormigas y ácaros, que en conjunto dan lugar al 22.7% de frutos viables; el restante 5.62% puede deberse a autogamia natural o a partenocarpia. Las flores de cardamomo son visitadas en menor grado que las de otros vegetales, sin embargo el proceso de polinización se lleva a cabo en términos normales.

La flor tiene una viabilidad de un día, aún a las 16:00 horas el estigma presentan alta receptividad. Solamente son necesarias 2 horas de polinización efectiva, para que este proceso se complete.

Las variedades Mysore y Malabar, presentan el mismo comportamiento en lo que a la abscisión de flores y frutos se refiere; tanto cuando se polinizan naturalmente como cuando se autopolinizan manualmente entre las 9:00 y 15:00 horas, se obtiene 33 a 48% de frutos viables; ésto a las 42 días - después de la polinización, durante este período . se da - el 80% de la aborción total.



Polinizadores en el cardamomo:

Bombus sp. (figura A). captada en el momento de libar néctar y Trigona sp. ("reinita") libando néctar, después de hacer - la perforación en el tubo corolino, justamente arriba del cáliz, en el lado opuesto al labelo (figura B).

I- INTRODUCCION

El cultivo del cardamomo ha cobrado importancia en Guatemala, ya que es uno de los principales productos de exportación; pero a medida que se incrementa éste cultivo, se hacen más palpables los problemas que limitan la producción; además, el mercado exige mejor calidad de fruto; éstas razones obligan a estudiar la biología de la planta y sus interrelaciones con el medio.

Uno de los problemas que limitan la producción en determinadas áreas, es la abscisión de flores y frutos jóvenes. Este trabajo tiene como objetivo conocer el mecanismo de polinización del cardamomo, sus agentes y determinar que relación guardan éstos mecanismos con el problema de la abscisión de flores y frutos. Fue desarrollado en Cobán A. V. y regiones aledañas, durante los meses de junio de 1981 a julio de 1982. Se estudiaron dos clones de cardamomo: Elettaria cardamomum M. grupo minúscula B. variedad Mysore ("Verde" o VA 2-79) y E. cardamomum M. grupo Minúscula variedad con características cercanas al Malabar ("Pache" o 4-79); la información fue obtenida mediante observaciones del comportamiento de la floración y los polinizadores, y mediante la experimentación en el campo, la cual consistió en: a- realizar autopolinizaciones manuales a distintas horas del día, utilizando palillos de mesa y pinceles. b- control artificial de la polinización natural, cuando ésta se realiza a distintas horas del día, utilizando bolsas de plástico transparente y c- seleccionar la participación de los agentes polinizadores, utilizando mallas metálicas.

II- ANTECEDENTES

Un diagnóstico general, nos permite detectar que los principales factores que influyen en la producción de cardamomo en Alta Verapaz (1, 4, 8, 13, 28, *), son los siguientes:

- 1- Variabilidad Genética: Se manifiesta por la presencia de varios tipos de cardamomo, que varían en cuanto a: porte de la planta; pubescencia de las hojas; orientación de las inflorescencias; forma, tamaño y coloración de los frutos; la susceptibilidad a plagas y enfermedades; plantas completamente abortivas o estériles y plantas de poco a muy productivas.
- 2- Las diferentes condiciones climáticas y edáficas en las que está establecido el cultivo: en la región se presentan las siguientes zonas de vida: bosque muy húmedo subtropical cálido, bosque muy húmedo subtropical frío y Bosque húmedo subtropical templado. Todos los suelos están desarrollados sobre rocas calcáreas y presentan diferen - tes texturas.
- 3- La presencia de distintas plagas y enfermedades.
- 4- El manejo de las plantaciones: Confirmamos lo manifestado por Amézquita (1), en cuanto a la falta de técnicas de cultivos en lo que se refiere a: uso del material genético adaptada a medios específicos; criterios para seleccionar la semilla; uniformidad de las plantaciones en cuanto al material genético y edad de las plantas; resiembras; renovación de plantaciones viejas; plagas y enfermedades; regulación de sombra; limpias y podas; conservación de - suelos y fertilización.

Comprobamos, con una revisión bibliográfica exhaustiva,

* Observación del Autor.

que a la fecha, a nivel mundial y en especial para nuestro país, se cuenta con muy pocos estudios biológicos sobre el cardamomo. Recomendaciones verbales del Dr. Romeo Martínez, -1/, basadas en la investigación que realizó para determinar la causa de la abscisión de flores y frutos en cardamomo, - son las de estudiar la polinización y la fenología del cardamomo.

-1/ Ex catedrático del curso de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

III-JUSTIFICACION

En Guatemala, las producciones más altas que se reportan son de 12 quintales de cardamomo pergamino por manzana, siendo el promedio de producción nacional de 3 qq/mz (4, 9). Pese a que este promedio es mayor que el que se obtiene en la India, Sahadevan (26), (0.62 qq/mz. de pergamino); en nuestro medio existen numerosos factores que merman la producción por unidad de superficie, uno de ellos es la abscisión de flores y frutos; este fenómeno se manifiesta marcadamente en algunas regiones de Alta Verapaz, cuyas producciones son menores de - 1.0 qq pergamino/mz.*

El Cardamomo es una planta introducida a nuestro país y como tal, las condiciones ecológicas bajo las que aquí se desarrolla y en especial, las relaciones biológicas que pueden presentarse, han de variar respecto a las condiciones típicas del medio del cual es originario (India); es necesario entonces, estudiar la planta y sus interrelaciones con el ambiente, para presentar alternativas de manejo de las plantaciones, acordes a las condiciones de Guatemala (10).

/* Información verbal de agricultores de la región.

IV- DEFINICION DEL PROBLEMA

En zonas calurosas, las inflorescencias del cardamomo presentan aparentemente una floración normal, pero con muy pocos frutos desarrollados; aquí, las inflorescencias presentan tanto pedicelios como entrenudos del raquis largos; este fenómeno se observa por ejemplo en las fincas de Cubilhuitz y Dolores, del Cacerío Sacocpur, Cobán, A. V., cuya localización geográfica es la siguiente: latitud $15^{\circ} 32' 11''$ y longitud $90^{\circ} 24' 40''$; su altura sobre el nivel del mar es de 910 mts. Ambos lugares están ubicados en una zona de vida con bosque muy húmedo subtropical cálido, según Holdridge. En otras regiones, como por ejemplo en la finca Choval, ubicada en una zona de vida con bosque muy húmedo subtropical frío, según Holdridge; las producciones de fruto son más altas, aunque siempre se manifiesta la abscisión de flores y frutos.

La abscisión se detecta, porque los ovarios y los frutos se tornan gradualmente amarillos y terminan secándose adheridos a su pedicelío. Un alto porcentaje de frutos amarillos, se encuentran en sus etapas iniciales de desarrollo y caen únicamente si se mueve violentamente la inflorescencia (movimiento por humanos, animales y vientos fuertes).

V- HIPOTESIS

- 1- Los frutos que provienen de autopolinización artificial, manifiestan el mismo comportamiento que los que provienen de polinización natural.
- 2- Las flores que se polinizan durante las primeras horas de su vida, tienen mayor probabilidad de fecundación.
- 3- Todas las especies de Hymenopteros que polinizan el cardamomo, tienen el mismo grado de eficiencia.

VI- OBJETIVOS

Objetivos Generales:

- A- Determinar el mecanismo de polinización, en flores de cardamomo.
- B- Describir aspectos generales de la interrelación flor-polinizador, en el cardamomo.

Objetivos específicos:

- 1- Describir la morfología floral del cardamomo.
- 2- Determinar qué agentes llevan a cabo la polinización en el cardamomo.
- 3- Determinar el porcentaje de fecundación, cuando se selecciona a los polinizadores.
- 4. Estudiar el comportamiento de flores y frutos, cuando las flores se autopolinizan manualmente y cuando su polinización es en forma natural.
- 5- Estudiar el comportamiento de flores y frutos, cuando se controla la hora en que ocurre la polinización natural.

VII-REVISION BIBLIOGRAFICA

1- Sistemática moderna del Cardamomo: (6, 7)

Reino:	Vegetal
Sub-reino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Sub-clase:	Zingiberidae
Orden:	Zingiberales
Familia:	Zingiberaceae
Género:	Elettaria
Especie:	<i>E. cardamomum</i>

2- Características morfológicas de la flor del Cardamomo:

Algunas características de la familia Zingiberaceae son: sus flores son perfectas, heteroclamideas, epigineas, con el perianto inferiormente gamófilo. En esta familia, las flores están altamente especializadas para la polinización por insectos, pájaros y murciélagos; muy poco adaptadas para la polinización por el viento (7, 15, 29).

Las flores del cardamomo nacen en panículas de racimos y cada mata tiene de 30 - 40 panículas, las cuales nacen directamente del rizoma, es decir que son inflorescencias en escapo (7, 15, 26).

Un estudio detallado de las flores nos indica que:

- A- Las partes florales están arregladas en el plan trime ro típico de Liliopsida, los verticilos se originan en serie cerca del raquis. El perianto consta de 6 partes bien diferenciadas en 2 verticilos, más o menos reducidos (15, 26, 29).

Primer verticilo: Cáliz:

El cáliz es tubular y acampanado, dividido en su extremo superior en 3 cortos dientes de 3 mm de largo; éste se encuentra a menudo partido por un lado (2, 12, 15, 16).

Segundo verticilo: Corola:

La corola es tubular y acampanada (cilíndrica y delgada de la base), parcialmente trilobulada, con pétalos similares y angostos. Los bordes del lóbulo posterior envuelven o cubren los bordes de la pareja lateral. Los pétalos son de color verde y miden cerca de 1.0 cm de largo (2, 12, 15, 16).

Tercer verticilo: Androceo:

La flor posee 5 estambres, sólo uno de ellos es fértil, el posterior del verticilo interno; los 2 adyacentes del verticilo interno forman el labelo y los 2 estambres restantes se encuentran reducidos a estaminodios filiformes (2, 6, 7, 15).

Los estambres están insertos en el tubo de la corola, estando el estambre fértil colocado en medio de la flor, mientras que el par lateral de estaminodios, junto con el labelo, abrazan al estambre.

La antera tiene 2 sacos polínicos, con dehiscencia longitudinal; el filamento es alargado, angosto y profundamente acanalado (6, 15).

La característica más sobresaliente de la flor es el labelo, éste está opuesto al estambre fértil y es un estaminodio petaloide, espatulado, con los bordes finos y - -

ondulados; es de color blanco, presentando líneas purpúreas que se inician desde la base. El labelo mide en promedio 1.5 cm de largo (12, 16).

Cuarto verticilo: Gineceo:

El gineceo está formado por un solo pistilo; con el estilo, alargado, delgado y terminal, colocado a lo largo del canal del filamento del estambre; el estambre y el filamento, forman pues, una sola columna. El estigma es capitado y sobresale de la antera en el centro de la flor (12, 15).

El gineceo típicamente de 3 carpelos, unidos para formar un ovario trilocular, ínfero, con placenta - ción axial y con numerosos óvulos en cada lóculo; los óvulos son anátropos, bigtégmicos, crasinucelados, - con endospermo (7, 15).

B- Nectáridos:

Los nectáridos se conforman por un par de glándulas epigineas, las cuales secretan néctar; son apéndices emergentes, modificados de los nectáridos septales ancestrales (7, 12).

C- Polen:

La familia Zingiberaceae se caracteriza por poseer polen binucleado, monosulcado o inaperturado, con la intina gruesa y la exina delgada (7).

D- Fruto y Semilla:

El fruto es una cápsula loculicida, trilocular - -

tardíamente dehiscente. La cápsula tiene forma ovoide o fusiforme, con 3 ángulos, es redondeada en su base y de ápice puntiagudo, mide de 10 - 20 mm de largo y de 5 - 10 mm de diámetro; de color verde pálido a amarillo. Cada lóculo tiene de 5 - 7 semillas; las semillas miden de 3 - 4 mm de largo, son angulosas, duras, de superficie toscamente zapada y estriada transversalmente; tienen un surco a todo lo largo y una membrana delgada, incolora y mucilaginososa que recibe el nombre de arilo y está formada por 3 capas de parénquima. El color de las semillas es oscuro en el exterior y blanco en el interior; debajo de la epidermis, está la capa de células grandes que contienen los aceites amarillos que le dan el aroma y sabor picante característicos (2, 16, 17, 20, 24, 26).

Los frutos maduran en 3.5 - 4.0 meses (26).

3- Condiciones ecológicas en donde se desarrolla el Cardamomo.

El cardamomo se desarrolla en un clima cálido húmedo (21), en las zonas ecológicas que presentan un bosque muy húmedo subtropical cálido y frío, y un bosque húmedo subtropical templado (8). Requiere de las mismas condiciones que los cultivos de Café, Vainilla y Pimienta, pero es más exigente en sombra (9, 17).

Florece en los bosques siempre verdes y húmedos; crece con exuberancia al lado de los arroyos y en las laderas de algunos barrancos, así también, en lugares a menudo cubiertos por neblina (26). Su cultivo debe tener entre 70 - 80% de sombra (21, 31).

En Guatemala, puede cultivarse bajo sombra o sin

ella, dependiendo de las condiciones ecológicas en donde esté creciendo. Dadas las condiciones de producción, el 80% se cultiva bajo sombra y el restante 20% sin ella (21, 31).

Crece bien en regiones con precipitación anual entre 1,500 - 5,700 mm anuales, distribuidos principalmente en la época de floración (21, 24, 26, 27), con un promedio de humedad relativa de 79% (26).

Cuando hace falta lluvia o ésta es escasa, como en los meses de enero a abril y además los suelos son arenosos, conviene poner riego a las plantaciones en producción, para que cuando estén floreciendo, su porcentaje de cuaje (fecundación) sea casi de un 90%, porque de lo contrario se puede perder hasta un 50 - 60% de la floración y por ende de la cosecha (21).

El cardamomo soporta un rango de temperatura de 10 - 35 °C, con un promedio de 22 °C (17, 21, 24, 26)

En cuanto a la altura, se adapta a un rango de 660 - 1500 m s.n.m., prosperando mejor entre los 900 - 1,300 m.s.n.m. (17, 21, 24, 26, 27).

Requiere de suelos ricos y bien drenados; con suficiente limo forestal; suelos de textura franco-arcillo-limosos (17, 21, 26, 27).

4- Algunos aspectos genéticos y Fisiológicos del Cardamomo

Todas las variedades y tipos del cardamomo, tanto cultivadas como salvajes, son interfértiles, por lo mismo, producen híbridos naturales que muestran - -

considerables variaciones en sus características (26).

En una plantación en producción, las primeras inflorescencias aparecen a principios del año y empiezan a florecer entre los meses de marzo y abril, aunque casi siempre florecen continuamente durante todo el año (17, 21, 26).

A bajas alturas la floración es más acelerada.

Sahadevan (26), reporta que en la India, las flores abren al rededor de las 5:30 A.M. y permanecen receptivas hasta cerca de las 11:00 A.M.

En los tipos Malabar y Vazhukka se obtuvo un máximo de fructificación de 40 y 48% respectivamente, - - cuando la polinización fue entre las 9:00 y 9:30 A.M. mientras que en el tipo Mysore, se obtuvo un máximo de fructificación del 31% cuando la polinización fue entre las 6:00 y 6:30 A.M. (14).

Ochoa (21), informa que en Guatemala, la polinización ocurre entre las 6:00 y 7:00 horas. .

La fertilización cruzada es general, pero la autofertilización no puede ser descartada (21).

Los agentes polinizadores del cardamomo son los insectos, el viento (12, 19) y el agua (19). Las abejas de miel están reportadas como los principales polinizadores (26).

Las flores dependen de los insectos hasta en un 99% para su fecundación, de allí la importancia de

tener uno o más apiarios en la plantación, distribuidos - en lugares adecuados (21).

Para que haya una buena cosecha, debe haber una adecuada relación agua-insecto, principalmente en la época en - que la floración llega a su máxima expresión (21).

5- Aspectos teóricos generales relacionados con la polinización y la abscisión.

Lo más frecuente en la naturaleza es que ambos sistemas de fecundación: alogamia y autogamia, coexistan simultáneamente en una misma población (25); en todo caso la polinización puede llevarse a cabo por medio de: animales agua, aire y gravedad (5, 18, 25).

Algunos animales mencionados como polinizadores son: - los pájaros (como el Colibrí), murciélagos, larvas, caracoles, trips y escarabajos; cualquier polinización que éstos realicen es meramente accidental, ya que sólo tratan de satisfacer el hambre. Otros animales como: las abejas solitarias, los abejorros y abejas de miel son potencialmente polinizadores más desarrollados, ya que tienen el - instinto de acopiar alimentos y su cuerpo posee abundantes pelos, mecanismo éste que facilita la polinización - (5, 18, 23, 25).

Las abejas se dirigen hacia las glándulas productoras de néctar, siguiendo manchas o líneas de ciertos colores; pero la frecuencia de las visitas depende directamente de la calidad y cantidad de alimento (néctar y polen) recibido; a la definida variación de perfume de las flores; y, a la competencia de floración de otros vegetales (5, 11, 18, 23).

Un cierto número de flores tienen color y a menudo - olor de estiércol o de carne descompuesta, debido a ésto las moscas ponen sus huevos en este medio (5).

Bombus (Abejorros), y Trigona son las abejas consideradas como los polinizadores más eficientes, ya que por ser silvestres compiten con mejor ventaja con la Apis (abeja Europea). Los abejorros son importantes polinizadores en muchas plantas, especialmente en aquellas cuyos nectáridos están fuera del alcance de las abejas pequeñas, éstos tienen una gran capacidad de vuelo; sin embargo sus pequeñas colonias (se encuentran en el suelo) lo hacen poco - adecuado para la polinización en gran escala. Las Trigonas se caracterizan por tener aguijón rudimentario, por lo tanto no tiene capacidad de picar y su medio de defensa consiste en enredarse en el pelo o introducirse en los oídos y fosas nasales de las personas y animales; son pequeñas y miden de 2 - 8 mm de largo; sus alas se extienden más allá del extremo del abdomen y en la cabeza tienen glándulas que excretan perfume. Algunas especies de Trigona construyen su nido al aire libre, dentro de una estructura cuyas paredes son de barro, fibras vegetales y otras sustancias; la cual fijan a una pared o a la rama de un árbol. A las Trigona se les conoce como "Abejas indígenas de América" (22).

Un polinizador es "ladrón" si llega a tomar alimentos a una flor y no realiza la polinización; para protegerse de ellos, hay flores que han evolucionado formando corola y/o caliz tubulares, precisamente para reducir la visita de muchos insectos y pájaros que no son tan propicios para una efectiva polinización. Algunos insectos realizan perforaciones en la base de las flores, para alcanzar el néctar. Las flores de una gran cantidad de vegetales son

perforadas; solamente la abeja Xilocopa sonorina, perfora flores de cerca de 22 familias de plantas (3).

En diferentes tiempos los animales pueden polinizar - y/o robar alimentos de las flores, pero también un animal puede ser polinizador de una especie y ladrón de otra.

Ogle, 1869, mencionado por Barrows (3), sugiere que algunas plantas pueden reducir la producción de semillas debido al robo, pero Heinrich y Raven (1972) plantean que - los "ladrones" pueden incrementar la polinización de flores, porque obligan a los polinizadores a realizar más visitas.

La máxima producción de frutos está limitada por factores como: número de flores polinizadas, el número de óvulos fertilizados (frutos con un número bajo de semillas, son los más probables en abortar), la predación de fruto y semilla, condiciones del clima y la habilidad de la - - planta materna de proveer los recursos necesarios para el desarrollo. Algunos frutos jóvenes no dañados abortan debido a anomalías genéticas o de desarrollo.

Muchas especies que producen frutos maduros de una pequeña porción de sus flores "femeninas", regularmente - - abortan tanto flores como frutos inmaduros; entonces la - polinización no necesariamente delimita el cuaje de fru - tos, ya que pueden abortar flores polinizadas.

La curva de crecimiento del fruto en la mayoría de especies es sigmoide y presenta: un período inicial de crecimiento lento, un período de crecimiento exponencial y - un período de decrecimiento o de declive, éstos son a menudo referidos como las fases I, II y III respectivamente.

Muchos frutos abortan previo a la fase II; en muchas especies, más del 90% de las aborciones ocurren durante el primer tercio de la maduración; los frutos que abortan después de su punto medio del período de maduración, son normalmente dañados y por esta causa caen.

La producción excesiva de flores es una adaptación al ambiente, ya que puede aumentar de esta forma la posibilidad de polinización, en lugares con baja disponibilidad de polinizadores; esta baja disponibilidad de polinizadores puede deberse a las condiciones adversas del tiempo o a la competencia de otras especies que estén en floración; estas condiciones pues, reducen el flujo del polen y por consiguiente aumentan la abscisión (30).

VIII MATERIALES Y METODOS

- 1- La investigación se realizó en plantaciones de cardamomo de la finca "Choval", en Cobán A. V., cuya localización geográfica es: latitud 15° 32' 11", longitud 90° 23' 33", siendo su altura sobre el nivel del mar de 1200 mts.

Observaciones complementarias se realizaron en los siguientes lugares:

- Finca "El Carmen Sacristal", en el caserío Ostúa de Cobán A. V., cuya localización geográfica es: latitud 15° 33' 8", longitud 90° 21' 15".
- Finca "Sachamach" CUNOR, Cobán A. V., cuya localización geográfica es: latitud 15° 27' 32", longitud 90° 23' 8".

- 2- Material vegetal y condiciones de las plantaciones:

- A- En la Finca "Choval" la investigación se realizó sobre dos clones de cardamomo: Elettaria cardamomum M. grupo minúscula B. variedad Mysore ("Verde" o VA 2-79) y Elettaria cardamomum M. grupo minúscula B., variedad con características cercanas al Malabar ("Pache" o VA 4-79)

Ambos clones tienen 5 años de plantados. El clon "Verde" se encuentra a pleno sol, mientras que el clon "Pache" está bajo sombra de Eugenia Jambos L. (Poma Rosa), principalmente.

- B- En la finca "El Carmen Sacristal", la plantación se presenta con una gran variabilidad genética, ésta tiene aproximadamente 10 años de plantada y se encuentra bajo sombra de Saurauia villosa D. C. (Palo de Mocho) y Lasianthae fructicosa L. (Taxiscobo) principalmente.

C- En la Finca "Sachamach" se realizaron observaciones - sobre el clon Elettaria cardamomum M. grupo minúscula B., variedad con características cercanas al Malabar ("Blanco" o VA 5-79)

El clon tiene 4 años de plantado y se encuentra a pleno sol.

3- Selección del sitio y distribución experimental: en cada clon seleccionamos un área con pendiente y orientación uniforme, en la cual realizamos una distribución en bloques al azar; dependiendo del experimento trazamos 3 ó 4 bloques (repeticiones), cada bloque consta de 5 hileras - de macollas de las cuales tomamos solamente las 2 del centro; cada bloque consta de 4 ó 5 parcelas (tratamientos) dependiendo del experimento: Cada parcela está formada - por 10 macollas.

La mayoría de experimentos los montamos sobre los mismos bloques, es decir usamos el mismo sitio experimental.

Las plantaciones de cardamomo "Verde" y "Pache" presentan uniformidad, tanto por su origen clonal como por su manejo; las mismas se encuentran separadas por aproximadamente 200 mts.

4- Marcaje e identificación de macollas:

Marcamos cada una de las 10 macollas que conforman cada parcela, con 3 cintas de plástico de colores resaltantes y, las identificamos con etiquetas de plástico; tanto las etiquetas como las cintas se colocaron a 1.5 mts. del suelo, sujetas a tallos jóvenes.

- 5- Selección de botones florales a punto de antesis: luego - de una serie de observaciones, concluimos que los botones que abren al siguiente día, se reconocen por las siguientes características: Su longitud es mayor que 2.5. cm.; su forma es espatulada; al gineceo y androceo solamente - lo cubren los pétalos y, a través de éstos se observa claramente la ornamentación del labelo (ornamentación que se meja estrías que confluyen a la base del capullo) (Ver Fig. 1).
- 6- Marcaje de las flores: Se hizo colocando en la base del pedicelillo de la flor, una tira de lana de un color re-saltante, se fijó al mismo mediante un nudo suavemente - apretado. En cada experimento utilizamos dos colores de lana, uno de ellos identificó los tratamientos, el otro - los testigos.
- 7- Estimación de resultados:
 - A- Las comparaciones entre tratamientos, se hicieron to-
mando como base los porcentajes obtenidos al relacio-
nar, el número de frutos pegados con el total de flo-
res tratadas.
 - B- Se transformaron los porcentajes obtenidos mediante -
la fórmula:
$$\% \text{ ajustado} = \text{arco seno } \sqrt{\text{porcentaje}}$$
Lo anterior para ajustar los datos a la curva normal.
 - C- El análisis de varianza lo obtuvimos utilizando el mé-
todo: análisis combinado en serie de experimentos pa-
ra una distribución en bloques al azar.
 - D- La comparación de medias, la hicimos empleando la prue-
ba de Tukey.
- 8- Realizamos 5 distintos experimentos; a continuación descri-
bimos los materiales y métodos empleados en cada uno de -
ellos:

A- AUTOPOLINIZACION MANUAL UTILIZANDO PALILLOS DE MESA.

Materiales:

- a- Etiquetas de plástico.
- b- Cintas de nylon de 3 X 60 cms., de colores azul y amarillo.
- c- Tiras de lana de 15 cm. de largo, de colores anaranjado y verde arveja.
- d- Bolsas de plástico transparentes de 7.5 X 15 cms. (3 X 6 pulgadas).
- e- Clips de metal de 1.875 cm (3/4 de pulgada).
- f- Palillos de mesa, hechos de madera.
- g- Agua de goteo pendiente de las hojas de cardamomo.

Métodos:

- a- Tamaño del experimento = 2 clones X 3 bloques - - (repeticiones) X 5 parcelas (tratamientos X 6 - flores por parcela = 180 flores.
- b- Seleccionamos 6 de las 10 macollas marcadas por - parcela; en cada una de éstas escogimos una inflorescencia que tuviese al menos un botón a punto - de antesis.
- c- Por la tarde, cubrimos cada uno de los botones - florales con una bolsa, la cual sujetamos con un clip a la parte basal de la flor, para impedir la entrada de cuerpos extraños. La bolsa siempre - quedó distendida sobre el botón, de tal manera - que formó una cámara y así no entorpeció la antesis normal de la flor (ver figura No. 22).
- d- Al siguiente día, ya ocurrida la antesis, retiramos las bolsas a la hora indicada, autopolinizamos la flor y la cubrimos de nuevo con la misma -

bolsa.

- e- Los períodos en que autopolinizamos las flores son - los siguientes: de 9:00 a 10:00 horas, 11:00 a 12:00 horas y 15:00 a 16:00 horas. Como comparadores utilizamos 2 parcelas, en una cubrimos las flores durante toda su vida, que es aproximadamente de 24 horas y en la otra, solamente marcamos las flores que abrieron - el día del experimento y, que estuvieron sujetas a polinización natural.
- f- Para autopolinizar las flores, humedecemos el palillo con el agua de goteo pendiente de las hojas; ésto lo hicimos para que el polen se quedara adherido al palillo, evitando así que se derramara. Tomamos el polen frotando la antera con el palillo, mediante un movi - miento ascendente a lo largo de las líneas de dehis - cencia; luego de ésto, colocamos el polen en el estig - ma de la misma flor (ver figura No. 16). Para cada flor utilizamos un palillo distinto.
- g- A partir de las 9:00 horas del día siguiente al que - efectuamos la polinización, descubrimos las flores y las marcamos con una tira de lana; las flores se pre - sentaban completamente marchitas, imposibilitando una posterior polinización natural (ver figura 1 y 11).
- h- El experimento lo realizamos el 22 y 23 de agosto de 1981, en el Cardamomo "Verde" y "Pache" respectivamen - te. 15 días después, obtuvimos los resultados por medio de lecturas que consistieron en cuantificar el número de frutos viables por parcela.

B- AUTOPOLINIZACION MANUAL UTILIZANDO PINCELES:

Materiales:

- a- Etiquetas de plástico.
- b- Cintas de nylon de 3 X 60 cms., de colores azul - y amarillo.
- c- Tiras de lana de 15 cm. de largo, de colores amarillo y celeste.
- d- Bolsa de plástico transparente de 7.5 X 15 cms. - (3 X 6 pulgadas).
- e- Clips de metal de 1.875 cm (3/4 de pulgada).
- f- Pinceles No. 2 con pelo de camello.
- g- Alcohol isopropílico al 88%.
- h- Solución azucarada al 3% en peso (azúcar comestible y agua destilada).
- i- Frascos de vidrio, con capacidad de 125 cc.

Métodos:

- a- El tamaño del experimento fue: 2 clones X 3 bloques X 4 parcelas X 15 flores por parcela = 360 flores.
- b- Seleccionamos al azar, 2 macollas entre las 10 - previamente marcadas por parcela, en una de éstas seleccionamos al azar, el día previo a la antesis, 15 botones florales a punto de antesis y aplicamos el tratamiento indicado. En la otra mata que sirvió como testigo, marcamos 15 flores sujetas a polinización natural el día que realizamos las polinizaciones, éstas las marcamos un día después - de su antesis; nos servirán para detectar alguna posible variación por causas ajenas al tratamiento.

- c- Por la tarde, del día 4/9/81 cubrimos cada botón floral con una bolsa, ésta la sujetamos con un clip, a la parte basal de la flor para impedir la entrada de cuerpos extraños. La bolsa siempre quedó distendida sobre el botón, de tal manera que formó una cámara y así, no entorpeció la antesis normal de la flor (ver figura No. 22).
- d- El día de la antesis (5/9/81), retiramos las bolsas a la hora indicada, autopolinizamos la flor y cubrimos de nuevo con la misma bolsa.
- e- Los períodos en que autopolinizamos las flores son los siguientes: de 9:00 a 10:00 horas, de 11:00 a 12:00 horas y de 13:30 a 14:30 horas. Como comparador general, se tomó una parcela testigo con 2 macollas por bloque.
- f- Para autopolinizar las flores, humedecemos el pincel en la solución azucarada; tomamos el polen fro^{to} tando la antera con el pincel, mediante un movimiento ascendente a lo largo de las líneas de dehiscencia, luego de ésto colocamos el polen en el estigma de la misma flor (ver figura No.17).
Después que polinizamos la flor, pasamos el pincel por alcohol para la destrucción del polen restante, seguidamente lo humedecemos con la solución azucarada y repetimos el mismo procedimiento en cada flor.
- g- Las lecturas se tomaron 15, 30 y 42 días después que ejecutamos el experimento; éstas consistieron en cuantificar el número de frutos viables en cada parcela.

- C- CONTROL ARTIFICIAL DE LA POLINIZACION, CUANDO LAS INFLORESCENCIAS AISLADAS SE DESCUBREN A DIFERENTES HORAS DEL DIA.

Materiales:

- a- Etiquetas de plástico.
- b- Cintas de nylon de 3 X 60 cms., de color azul y amarillo.
- c- Tiras de lana de 15 cms. de largo, de colores rojo y amarillo.
- d- Bolsas de plástico transparente de 50 X 80 cms. - (20 X 32 pulgadas).
- e- Pita plástica (rafia).

Métodos:

- a- El tamaño del experimento fue: 2 clones X 4 bloques (repeticiones) X 5 parcelas (tratamientos) X 12 inflorescencias por parcela = 480 inflorescencias. En cada parcela además de las flores tratadas, se marcaron 12 flores que tuvieron polinización natural durante todo el día, esto con el objeto de determinar alguna posible variación por causas ajenas a los tratamientos.
- b- Seleccionamos al azar, 12 inflorescencias en las 10 macollas previamente marcadas por parcela, las inflorescencias debían tener cuando menos un botón floral a punto de antesis (ver figura No. 1).
- c- Por la tarde cubrimos cada una de las inflorescencias con una bolsa, la cual se amarró a la base de la inflorescencia, esto para evitar el ingreso de cuerpos extraños. El paso siguiente consistió en colocar la inflorescencia y la bolsa en -

forma vertical, paralela a su tallo; sujetamos la bolsa por su extremo superior, a dicho tallo con pita plástica.

- La bolsa deberá formar una cámara al rededor - de la inflorescencia de tal manera que no entre - en contacto con las flores (ver figura No. 23).
- d- Al día siguiente que cubrimos la inflorescencia, retiramos la bolsa, de acuerdo a los siguientes - períodos de tiempo: de 9:00 a 10:00 horas, de - 11:00 a 12:00 horas y de 15:00 a 16:00 horas. - Como comparadores utilizamos 2 parcelas por blo - que, en una cubrimos las flores durante toda su - vida, que es aproximadamente de 24 horas y en la otra solamente marcamos las flores que abrieron - el día del experimento y que estuvieron sujetas a polinización natural.
- e- El experimento lo realizamos el 7 de agosto de - 1981. Las lecturas se tomaron 15, 30 y 42 días - después de ejecutado el experimento, éstas consis - tieron en cuantificar el número de frutos viables por parcela.

D- CONTROL ARTIFICIAL DE LA POLINIZACION, CUANDO LAS INFLORESCENCIAS SE CUBREN A DIFERENTES HORAS DEL DIA.

Materiales:

El presente experimento es similar al anterior - - (Control artificial de la polinización, cuando las inflorescencias aisladas se descubren a diferentes horas del día), por lo cual los materiales empleados son los mismos.

Métodos:

- a- El tamaño experimental fue: 1 clon X 3 bloques (repeticiones) X 5 parcelas (tratamientos) X 6 inflorescencias por parcela = 90 inflorescencias.

En cada parcela además de las flores tratadas, marcamos 10 flores que tuvieron polinización natural durante todo el día, esto con el objeto de determinar alguna posible variación por otras causas ajenas a los tratamientos. Estas flores se marcaron a partir de las 16:00 horas del día de antes.

- b- Seleccionamos al azar 6 inflorescencias en las 10 macollas previamente marcadas por parcela; las inflorescencias debían tener cuando menos una flor abierta.

- c- A la hora indicada, se cubrieron cada una de las inflorescencias con una bolsa; la bolsa de amarró a la base de la inflorescencia, esto para evitar el ingreso de cuerpos extraños. El paso siguiente consistió en colocar la inflorescencia y, la bolsa en forma vertical, paralela a su tallo; la bolsa la sujetamos por su extremo superior a dicho tallo con pita plastica (ver figura No. 23).

- d- Las inflorescencias se cubrieron en los siguientes períodos: de 10:00 a 11:00 horas, de 12:00 a 13:00 horas, de 14:00 a 15:00 horas y de 16:00 a 17:00 horas. Como comparador general, en una parcela por bloque, se marcaron solamente flores sujetas a polinización natural durante todo el día, se marcaron a partir de las 16:00 horas del día antes.
- e- El experimento lo realizamos el 24 de octubre de 1981. Las lecturas se tomaron 15 y 32 días después de ejecutar el experimento; estas consistieron en cuantificar el número de frutos viables por parcela.

E- CONTROL ARTIFICIAL DE LOS POLINIZADORES, UTILIZANDO MALLAS SELECCIONADORAS.

Materiales:

- a- Etiquetas de plástico.
- b- Cintas de nylon de 3 X 60 cm., de colores rojo y verde.
- c- Hilo plástico No. 2 (hilo de pescar).
- d- Secciones de tela plástica de color verde de 15 X 60 cms.
- e- Secciones de cedazo metálico de color verde de 60 X 90 cms. (169 mallas por pulgada² o 27 mallas / cm²).
- f- Secciones de malla metálica de cuadros (arnero de 0.47 cm o 6/32").
- g- Secciones de malla metálica exagonal (gallinero de 1.87 cms. o 3/4").
- h- Agujas capoteras
- i- Alicates.

Métodos:

- a- Seleccionamos al azar 6 inflorescencias en las 10 macollas previamente marcadas por parcela, le dimos preferencia a las inflorescencias ubicadas en la periferia de la mata, por comodidad en la colocación de las mallas.
- b- A cada inflorescencia le tomamos los siguientes datos: a) longitud y b) descripción de cada pedicelillo dentro de cada sub-inflorescencia (presencia de botón y yema floral, flor, fruto o nada).
- c- Previo a explicar como se colocó cada una de las mallas, a continuación expongo cómo hicimos los cilindros de cedazo metálico:

Cortamos secciones de 60 X 90 cms; unimos la tela plástico en uno de los lados que medían 60 cms. usando hilo plástico y agujas capoteras, luego hicimos tubos de 17.5 cms. de diámetro por 105 cms. de largo. También pasamos hilo plástico para unir los bordes del extremo superior del tubo.

- d- Cada una de las inflorescencias se introdujo dentro de un tubo de cedazo; seguidamente envolvimos la tela plástica, colocada en la base del tubo, al rededor de la inflorescencia, se hizo esto para evitar el ingreso de cuerpos extraños. Los cilindros mantuvieron la misma posición de las inflorescencias, porque se sujetaron a los tallos utilizando hilo plástico (ver figura No. 24).
- e- Previo a explicar como se colocaron las mallas arnero y exagonal, a continuación exponemos como preparamos las mallas: cortamos secciones de 60 X 90 cm., luego las pintamos con pintura de aceite de color verde oscuro, esto con el objeto de - -

evitar el brillo metálico y también para mimetizar la malla dentro de la plantación.

- f- Colocación de las telas de arnero y gallinero: - Las inflorescencias seleccionadas se sujetaron a su tallo, por medio de hilo plástico y así evitamos que éstas entraran en contacto con las mallas.
- g- En seguida pasamos la malla alrededor del tallo y la inflorescencia, unimos sus bordes con un alicate, para al final conformar cilindros (ver figura No. 25 y 26).
- h- Como comparador se tomó una parcela por bloque, - en la cual las inflorescencias solamente se sujetaron a su tallo, con hilo plástico.
- i- El tamaño del experimento fue: 2 clones X 3 repeticiones (bloques) X 4 parcelas (tratamientos) X 6 inflorescencias por parcela = 144 inflorescencias.
- j- El experimento lo montamos el 12 de septiembre de 1981; 91 días después, quitamos los tubos y cortamos todas las inflorescencias sujetas a tratamiento, luego les tomamos los siguientes datos: longitud de la inflorescencia, la descripción de cada pedicelillo dentro de las sub-inflorescencias (si tiene yema o botón floral, flor, fruto verde o amarillo o nada). Además tomamos datos referentes al estado del meristemo apical (activo o muerto) de cada sub-inflorescencia.

IX- RESULTADOS

Durante los meses de febrero hasta septiembre, la vida de la flor es de un día; éstas inician su antesis alrededor de las 5:30 horas y, es un proceso en el que en primer lugar, se liberan y comienzan a distender los dos pétalos que le son laterales al labelo; aproximadamente a las 6:00 horas el tercer pétalo libera al labelo en forma violenta; en este momento el labelo envuelve al estambre y tiene una conformación cóncava (ver figura No. 19).

Tanto los pétalos como el labelo se distienden gradualmente y a eso de las 9:00 horas, ya están completamente distendidos; es en este momento cuando se forma el ángulo más grande entre el estambre y el labelo. Después de las 15:00 horas, empieza a disminuir el ángulo de separación entre ambos, mediante un movimiento continuo de los dos. Alrededor de las 20:00 horas, el estambre se encuentra casi acostado sobre el labelo; al siguiente día, el labelo se encuentra de nuevo envolviendo completamente al estambre y estigma; ya se encuentra en estado de descomposición y presenta apariencia de carne rojiza y húmeda, (ver figura 1, 10, 11).

Frecuentemente se observa que, cuando amanece lloviendo, el estambre queda adherido al labelo o al último de los pétalos que se libera; esto es debido a la tensión superficial del agua.

La dehiscencia de los sacos polínicos se inicia luego de que el labelo es liberado y ésta transcurre lentamente hasta alcanzar su mayor grado alrededor de las 9:00 horas. La cantidad de polen en la antera, disminuye por efecto de los polinizadores, hasta terminarse alrededor de las 15:00 horas. Debido a la alta humedad en el ambiente, el polen permanece - -

adherido a los sacos polínicos mientras no es disturbado por los polinizadores; sin embargo, cuando los días son soleados y secos, el polen se suelta fácilmente al menor movimiento de la flor.

Las flores son visitadas por una gran cantidad de animales, tanto diurnos como nocturnos. Durante el día, se encuentran visitantes no muy frecuentes como: caracoles (miden de 2 a 3 mm., ácaros (menores de 0.5 mm), hormigas (miden entre 2 a 3 mm), mariposas y Dípteros. Los visitantes más frecuentes son Hymenópteros, encontrándose 2 especies del género Trigona, conocidos en la región como "reinita" o "doncella" y "cap", - siendo su coloración amarilla y negra respectivamente, son - abejas adaptadas a los bosques, su tamaño es pequeño (6-7 mm.) es abundante también, un abejorro del género Bombus, conocido en la región como "gonón", su tamaño es de 13 a 15 mm. de largo, (ver figuras 18, 19 20).

El comportamiento de cada una de estas abejas, varía dentro del cardamomo, de la manera siguiente (ver tabla 3):
Trigona sp.: "reinita" o "doncella".

Las primeras obreras que llegan a las plantaciones tienen por objeto hacer perforaciones en las flores para, posteriormente, extraer néctar a través de éstas.

La perforación la realizan en el tubo corolino, en posición opuesta al labelo, arriba del punto en que el cáliz está partido; así pues, el lugar de la perforación coincide con la altura a la que se encuentran la parte terminal de los dos estaminodios filiformes, los cuales están insertos sobre el ovario, en el centro de la flor.

La perforación atravieza el tubo corolino y también la -

base del estambre, siendo que en la mayoría de las flores, dicha Trigona hace solamente una perforación; sin embargo, también se encuentran flores con dos, tres y hasta cuatro agujeros, localizados todos en fila, unos debajo de otros (ver tabla 4 y figura 1).

La visita a cada flor que es perforada dura entre uno y dos minutos y se lleva a cabo de la siguiente manera: la Trigona merodea cerca de la flor, luego se posa sobre el labelo, se desplaza hacia el punto donde realiza la perforación y corta, con su aparato bucal, un círculo de aproximadamente 1.0 mm. de diámetro, el cual hace a un lado ayudándose de las patas delanteras; suben hacia las anteras a coleccionar polen, bajan hasta la perforación a tomar néctar, de nuevo toman polen y néctar, seguidamente emprenden el vuelo hacia otra flor. Es durante este proceso que realizan la polinización, ya que al desplazar e sobre la antera, pasa depositando polen sobre el estigma de la flor.

A las 9:30 horas la mayoría de flores se encuentran perforadas, por lo que, de esta hora en adelante, la mayor actividad de esta Trigona consistirá en coleccionar néctar, a través de la perforación, aunque a veces realizan una que otra más.

Trigona sp.: "cap"

Durante las primeras horas, luego de antesis, estas abejas se dedican en su mayoría, a coleccionar polen; el comportamiento de éstas al llegar a una flor es el siguiente: se posan sobre el labelo y se ubican frente al estambre, suben por el filamento de éste hasta la antera y a medida que se desplazan en dirección al estigma, van tomando polen con los maxilares; durante esta actividad, gran cantidad de polen se les adhiera al abdomen. Al estar la abeja sobre el estigma, gira varias veces, permitiendo de esta manera que la estructura

dentada del estigma, quite parte del polen adherido al cuerpo de la abeja; luego de haber repetido el proceso, la Trigona vuelve al labelo y parte hacia otra flor, en la cual manifiesta el mismo comportamiento. A medida que el polen se agota, esta abeja empieza a coleccionar néctar a través de la perforación. Algunas veces también se le observó realizar dichas perforaciones, en flores del cardamomo.

Una vez que las flores han sido perforadas, estas abejas ("cap") ya no se posan en el labelo, sino lo hacen directamente sobre la perforación.

Bombus sp.: Abejorro:

Los abejorros únicamente se dedican a coleccionar néctar de las flores; el polen que transportan en la parte frontal de la cabeza, se les adhiere al salir de por entre el labelo y el estambre, luego de haber tomado néctar del fondo del tubo corolino; al visitar otra flor, el estigma de ésta, quita parte del polen que la abeja lleva en la cabeza; ésta toma néctar y de nuevo se repite el mismo proceso. (ver Figs. 18 y 19).

El número de abejorros que se encuentran dentro de las plantaciones de cardamomo, es mayor durante las primeras horas después de la antesis, decrece al medio día y aumenta por la tarde (después de las 15:00 horas).

Por la tarde, la cantidad de néctar presente en la flor, ya ha disminuído y por lo tanto, su nivel en el tubo corolino es menor, ésto obliga al abejorro a colocarse para tomar néctar, ya no entre el labelo y estambre sino por un lado, por lo mismo disminuye la probabilidad de que se lleve a cabo la polinización.

En varias ocasiones se observaron abejorros trabajando en días lluviosos (se manifiestan empapados de agua y con una

masa de polen en la parte frontal de la cabeza) y, hasta después de las 18:00 horas, cuando debajo del cardamomo la intensidad de la luz es de 20 candelas-pie.

A los abejorros raramente se les encuentra libando néctar a través de la perforación.

Otras observaciones

Durante el estudio, se observaron muy pocas Apis mellífera (abeja de miel).

No se observa rivalidad entre los insectos que visitan las flores del cardamomo, ya que cuando sobre la flor se encuentra un insecto, el que llega opta por retirarse o lo hacen ambos.

Frecuentemente se encuentran hormigas tomando néctar de las flores, a través de las perforaciones.

Es difícil hacer germinar polen al colocarlo solamente en agua, sin embargo en una ocasión, al colocar 5 anteras con todo y estigma en agua, luego de 5 horas, se observó que habían germinado 4 granos de polen y sus tubos polínicos se dirigieron hacia el estigma y penetraron por él. En las 5 horas los tubos crecieron entre 2 y 3 mm.

Haciendo cortes de pistilo, pueden encontrarse tubos polínicos de distintos tamaños; a eso de las 19:00 horas, del día de anthesis, los tubos ya habían recorrido más de la tercera parte de la longitud del estilo.

Frecuentemente, al seccionar estigmas, se observaron granos de polen germinados, granos no germinados, gran cantidad de esporas de hongos, materia orgánica, así como nemátodos -

saprófitos, los cuales son muy abundantes.

Durante los meses de noviembre, diciembre y enero, en los cuales la temperatura desciende a menos de 10 °C, se presentan las siguientes condiciones:

- a- Las flores de cardamomo tienen una vida de 2 días y generalmente su labelo es más reducido de lo normal.
- b- La cantidad de flores es marcadamente más baja que el resto del año.
- c- Es la temporada en que florecen muchos vegetales, principalmente de la familia Compositae, los cuales se encuentran establecidos en campos donde se ha cultivado maíz; - florece el frijol llamado "non" o "nun", Phaseolus Cocci-neus ?, que posee numerosas flores vistosas, de colores variados, pero principalmente rojas; florecen además, algunos árboles de sombra para cardamomo, como: Eugenia - - jambos L. (poma rosa), Saurauia villosa D. (palo de moco) y Lasianthae fructicosa L. (taxiscobo); los cuales provie-nen de regeneración secundaria en el bosque.
- d- Debido al descenso de la temperatura ambiental, la activi-dad de las abejas se ve muy reducida.

TABLA 1

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA EXPERIMENTO

TERIAL	CLON	TIPO DE FECUNDACION	FORMA DE POLINIZACION	METODO DE POLINIZACION	HORA INICIO POLINIZACION	% DE FECUNDACION			% MERISTEMOS ACTIVOS	FLCHA DE INICIO			
						15 DIAS	30 DIAS	42 DIAS					
damomo	Pache	Autogamia	Artificial	Palillo de mesa -1/	9:00 horas	83.33	-	-	-	23- 8-81			
					11:00 horas	77.80	-	-	-	23- 8-81			
					15:00 horas	100.0	-	-	-	23- 8-81			
				Pincel -2/	9:00 horas	74.73	-	35.23	-	5- 9-81			
					11:00 horas	70.53	-	20.9	-	5- 9-81			
					15:00 horas	78.57	-	40.47	-	5- 9-81			
			Natural	Cedazo -5/	Libre	-	-	3.01	79.52	12- 8-81			
					Bolsa Plast. Gde.-1/	-	9.27	-	-	23- 8-8-			
					Bol. plast. Gde.-3/	-	10.45	9.05	9.05	7- 8-81			
				Bolsa Plast. Gde. -3/	9:00 horas	63.25	54.45	47.25	-	7- 8-81			
					11:00 horas	64.6	47.5	45.00	-	7- 8-81			
					15:00 horas	23.1	20.25	14.75	-	7- 8-81			
		Alogamia	Natural	Malla gallinero -5/	Libre	-	-	35.33	48.15	12- 9-81			
				Malla Arnero -5/	Libre	-	-	17.86	41.1	12- 9-81			
				Testigo de palillo	Libre	90.9	-	-	-	23- 6-81			
				Test. de pincel -2/	Libre	85.33	-	52.13	-	5- 9-81			
				Test. bolsa Gde.	Libre	79.67	70.08	52.12	-	7- 8-81			
				Test. de mallas -5/	Libre	-	-	43.14	34.45	12- 9-81			
				Autogamia	Artificial	Palillo de mesa -1/	9:00 horas	73.3.	-	-	-	22- 6-81	
							11:00 horas	77.83	-	-	-	22- 6-81	
							15:00 horas	92.13	-	-	-	22- 8-81	
						Pincel -2/	9:00 horas	61.27	-	40.67	-	5- 9-81	
							11:00 horas	56.57	-	36.87	-	5- 9-81	
							15:00 horas	62.20	-	25.87	-	5- 9-81	
		Natural	Cedazo -5/		Libre	-	-	1.99	50.27	12- 9-81			
					Bol. Plast. Peq.-1/	Libre	0.00	-	-	-	22-8-81		
					Bol. Plast. Gde.-3/	Libre	5.27	3.82	3.82	-	7- 8-81		
		Verde	Verde		Alogamia	Natural	Bolsa Plast. Gde. cubrir inflorescencias -3/	9:00 horas	71.50	40.92	35.30	-	7- 8-81
								11:00 horas	60.90	35.32	28.80	-	7- 8-81
								15:00 horas	28.45	14.95	14.95	-	7- 8-81
Bol Plast. Gde. cubrir inflorescencias -4/	10:00 horas			52.71			-	36.11	-	24-10-81			
	12:00 horas			70.37			-	45.30	-	24-10-81			
	14:00 horas			84.17			-	65.37	-	24-10-81			
	16:00 horas			81.39			-	37.01	-	24-10-81			
Malla gallinero -5/	Libre			-			-	35.33	48.22	12- 9-81			
	Malla Arnero -5/			Libre			-	-	21.30	55.34	12- 9-81		
	Testigo palillo -1/			Libre			81.53	-	-	-	22- 8-81		
	Testigo pincel -2/			Libre			60.63	-	31.63	-	5- 9-81		
	Test. Bol Gde. -3/			Libre			90.82	42.7	34.45	-	7- 8-81		
	Test. Bol Gde. -4/	Libre	57.05	-	23.88	-	24-10-81						
	Testigo mallas -5/	Libre	-	-	45.78	63.29	12- 9-81						

NOTA: Los numerales: -1/, -2/, -3/, -4/ y -5/ hacen referencia a cada uno de los experimentos realizados.

-: indica que no se tomó lectura.

Las cifras no son transformadas.

TABLA 2

RESUMEN DEL ANDEVA REALIZADO PARA
LA ULTIMA LECTURA EN CADA UNO DE LOS EXPERIMENTOS
(Tomado de anexo 2)

Especificación del tipo de lectura para cada experimento	Grado de significancia entre		Coeficiente variación
	Clones	Tratam.	
1- <u>Comparación entre testigos</u>			
A- Experimento: Autopolinización manual utilizando pinceles.			
a- Comparación entre % de pegue	**	N.S.	15.72%
b- Comparación entre tamaño de fruto.	**	N.S.	12.76%
B- Experimento: Control artificial de la polinización, cuando se descubren las inflorescencias.			
a- Comparación entre % de pegue	**	N.S.	24.41%
b- Comparación entre tamaño de fruto.	**	N.S.	13.22%
2- <u>Comparación entre tratamientos:</u>			
A- Experimento: Autopolinización manual utilizando palillos.			
comparación entre % de pegue	N.S.	**	23.17%
B- Experimento: Autopolinización manual utilizando pinceles.			
a- Comparación entre % de pegue	N.S.	N.S.	31.21%
b- Comparación entre tamaño de fruto.	**	N.S.	9.97%
C- Experimento: Control artificial de la polinización, cuando se descubren las inflorescencias.			
a- Comparación entre % de pegue	N.S.	**	30.36%
b- Comparación entre tamaño de fruto.	**	N.S.	10.17%
D- Experimento: Control artificial de la polinización cuando se descubren las inflorescencias.			
Comparación entre % de pegue	—	N.S.	11.17%
E- Experimento: Control de los polinizadores, usando malla.			
a- Comparación entre % de pegue	N.S.	**	16.6*
b- Comparación entre meristemos activos.	N.S.	N.S.	22.4%

** alta significancia
N.S. No significativo

TABLA 3

CUANTIFICACION DE LA ACTIVIDAD DE LAS ABEJAS POLINIZADORAS EN
EL CARDAMOMO DE SACRISTAL.

TIPO DE ABEJA	DESCRIPCION	Fecha y hora de lectura		
		26/6/82		27/6/82
		1:20 P.M.	2:30 P.M.	9:30 A.M.
		Tiempo en segundos		
Negra (cap)	No. de abejas observadas	9	27	6
	No. de flores visitadas	46	48	24
	No. flores visitadas por hora	262	183	155
	Principal actividad	acopio de nectar + P	acopio de nectar	acopio de polen
Reinita	No. de abejas observadas	1	7	5
	No. de flores visitadas	1	13	17
	Tiempo de visita en cada flor	4	18.08	34.59
	No. flores visitadas por hora		184	83
	Principal actividad	acopio de nectar	acopio de nectar	perfora flor acopio nectar
Abejorro (gonon)	No. de abejas observadas	1		5
	No. de flores visitadas	5		63
	Tiempo de visita + traslado/flor	6.25		4.86
	No. de flores visitadas por hora	576		740
	Principal actividad	acopio de nectar		acopio de nectar
Abeja melífera	No. de abejas observadas	1		1
	No. de flores visitadas	5		4
	T. visita + traslado/flor	7.4		6.0
	Principal actividad	acopio de nectar		acopio de nectar

NOTA: A las 9:30 horas; el 97% de las flores presenta perforación.

TABLA 4

Cuantificación del número de flores perforadas en Choval, Cobán A. V., durante el mes de octubre.

Condición de la flor	% parcial	% total
1- Flores sin ninguna perforación	56.0	56.0
2- Flores con perforación		
a- con 1 perforación	18.0	
b- con 2 perforaciones	16.0	
c- con más de 3 perforaciones	<u>6.0</u>	<u>43.0</u>
Total de flores	100.0	100.0

TABLA 5

Cuantificación del porcentaje de frutos viables, según cada agente de polinización; interpretación de los resultados del experimento: mallas metálicas para seleccionar la participación de los polinizadores.

Tipo de malla y tipo de agente polinizador	Operaciones	% de frutos viables
1- Fecundación dentro del cedazo	2.05	5.62
a- Posiblemente por autogamia natural		
2- Fecundación dentro de malla arnero	19.58-2.5=17.08	38.42
b- Polinización por Trigo na		
3- Fecundación dentro de malla gallinero	34.33-2.5=31.85	
c- Polinización por <u>Bombus</u>	31.85-17.08=14.77	33.18
4- Fecundación por otros factores	por diferencia	22.70
d- Posiblemente mariposas, colibríes.		
5- Fecundación en flores sujetas a polinización libre	44.46	100.00

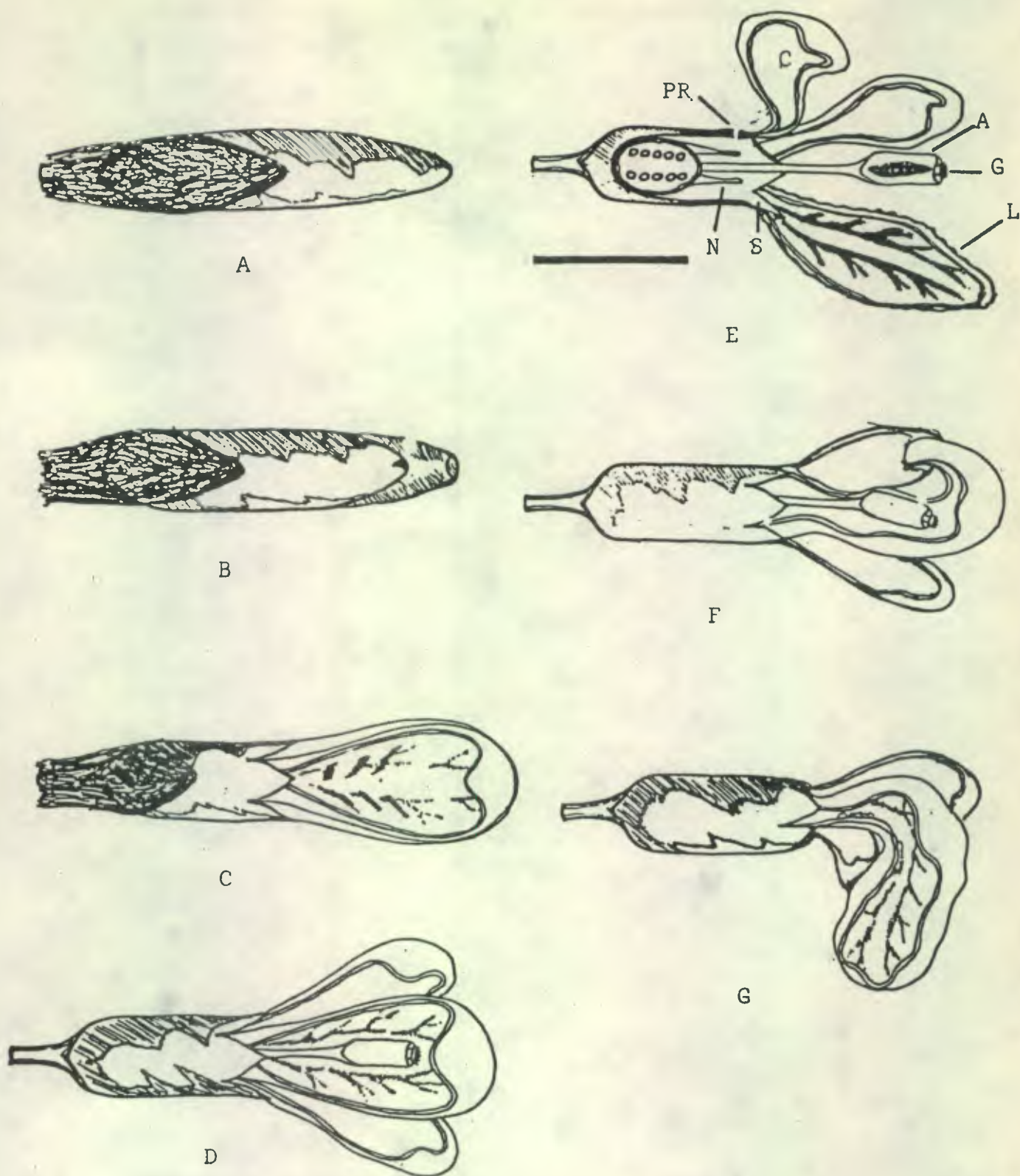
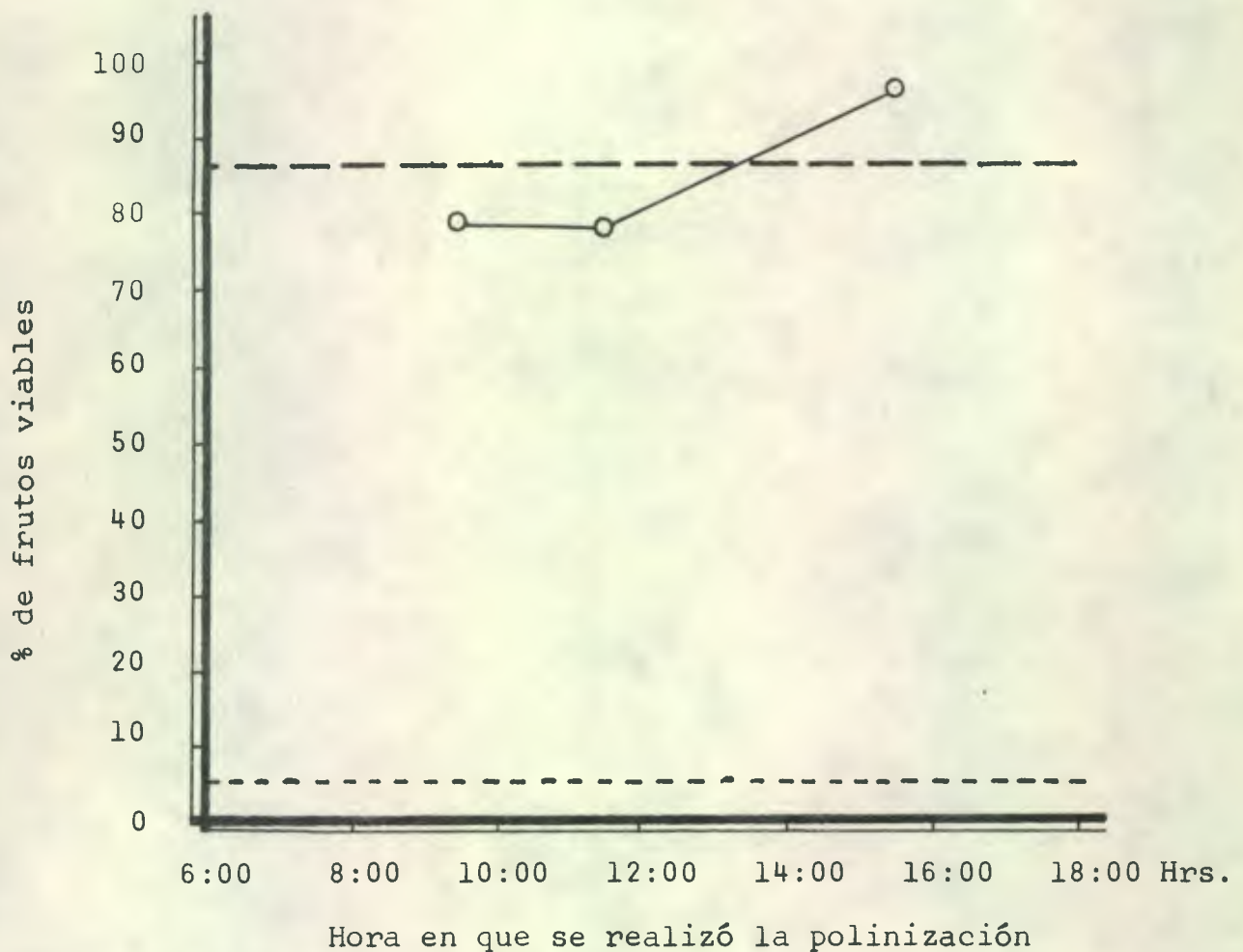


Figura 1: Fenología de la flor del cardamomo: A) yema floral cubierta con el cáliz; B) en el botón floral se observan los pétalos; C) el botón floral a punto de antesis, los pétalos aún cubren al estambre y labelo, así se observa un día antes de antesis; D) disposición de los verticilos a las 6:00 horas del día de antesis; E) disposición de los verticilos durante el transcurso de la mañana del día de antesis; observe el lugar de la perforación; F) disposición de los verticilos después de las 18:00 horas del día de antesis; observe al labelo cubriendo de nuevo al estambre y estigma; G) aspecto de la flor, un día después de su antesis; su coloración es rojiza y húmeda.

Figura 1 C: corte longitudinal de la flor del cardamomo, con las siguientes partes: A- antera; G- estigma; L- labelo, N- glándulas nectaríferas, S- cáliz, C- pétalo, PR- perforación hecha por *Tripona* sp. Barra = 1 cm.

FIGURA 2

Gráfica del porcentaje de frutos viables, cuando las flores se autopolinizan con palillos de mesa, a distintas horas. - Comportamiento 15 días después de la polinización (en base a la tabla 6).



- Flores autopolinizadas.
- - - Flores sujetas a polinización natural durante todo el día.
- - - - - Flores aisladas durante todo el día.

FIGURA 3

Gráfica del porcentaje de frutos viables, cuando las flores se autopolinizan con pinceles, a distintas horas. Comportamiento 15 y 42 días después de la polinización (en base a - tabla 8).

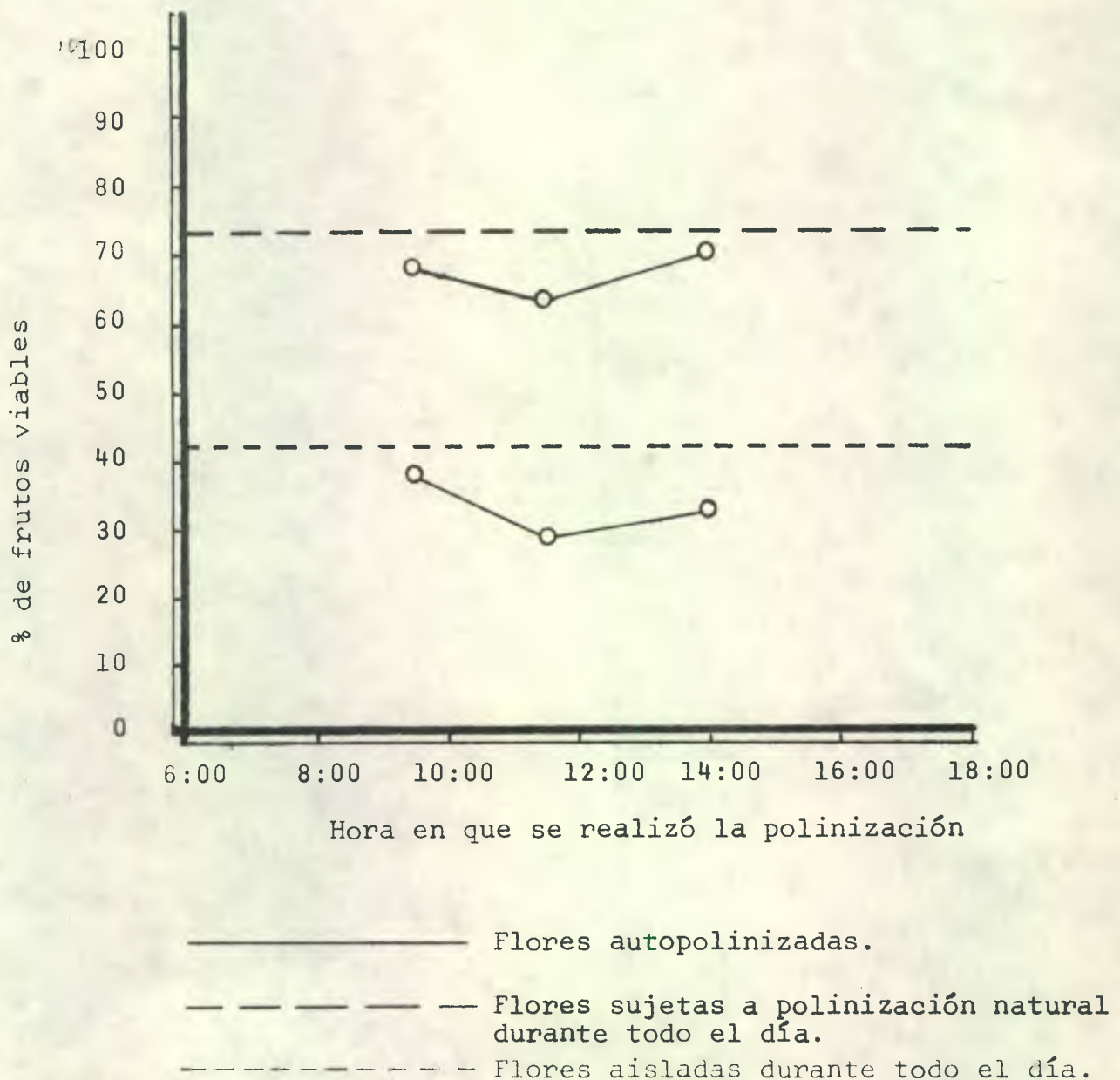
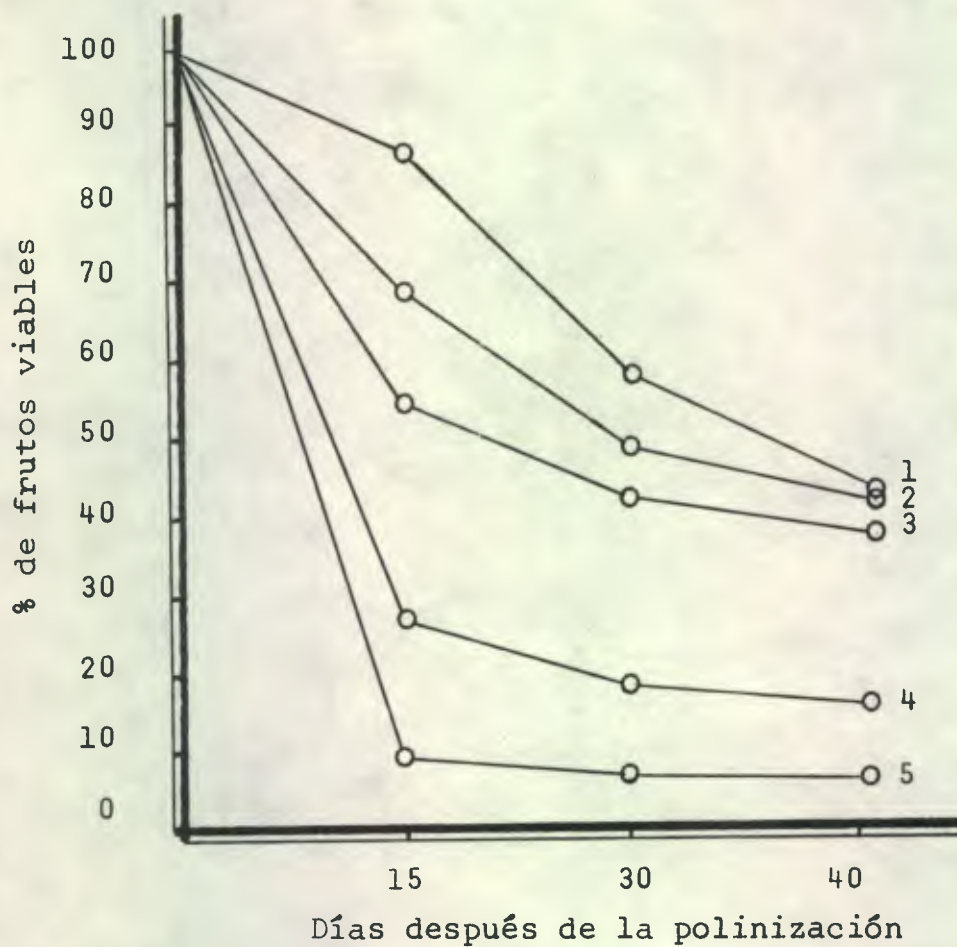


FIGURA 4

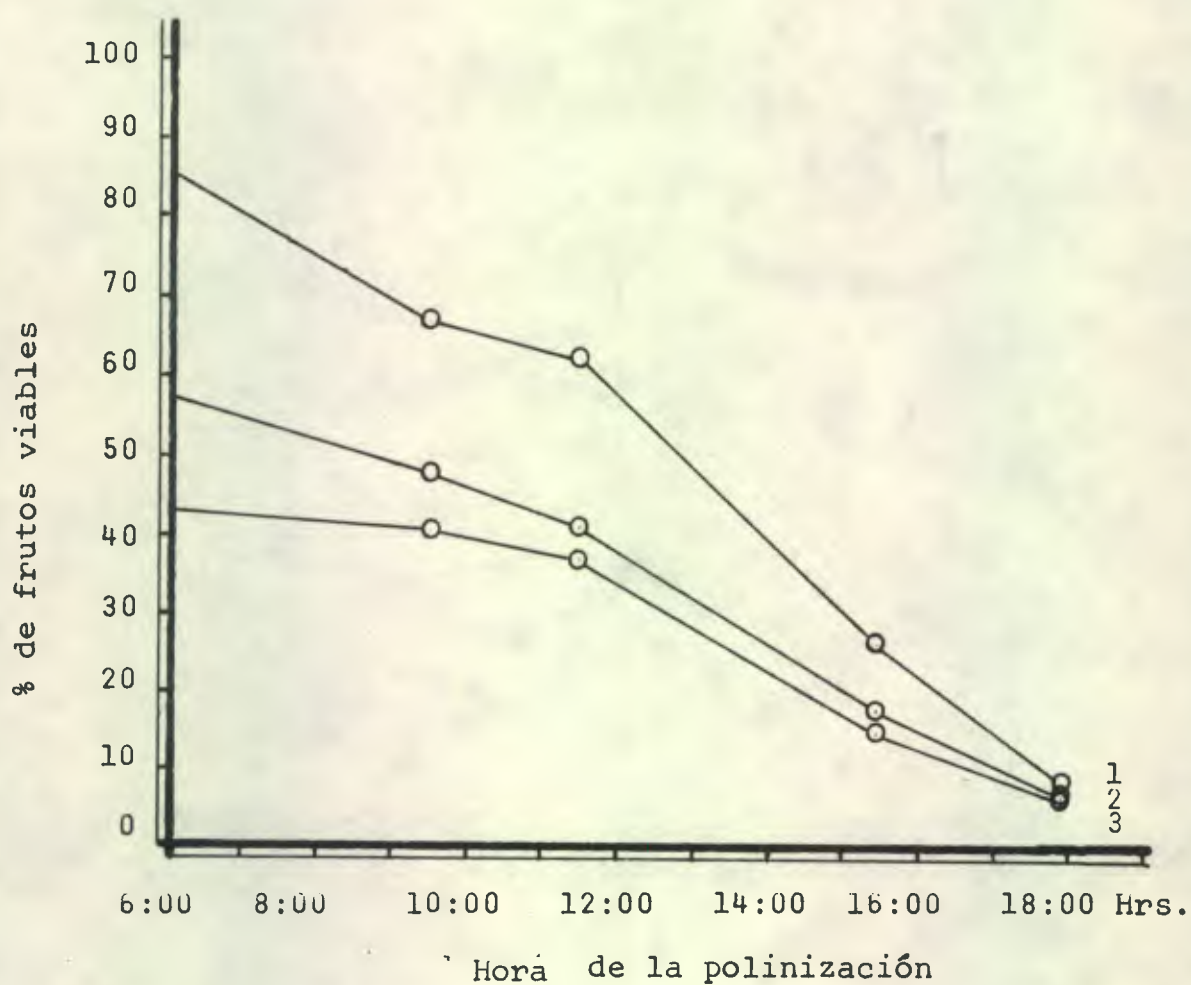
Gráfica del porcentaje de frutos viables, cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día. Comportamiento de los distintos tratamientos, 15 30 y 42 días después de la polinización (en base a la tabla 11).



- 1- Flores sujetas a polinización natural durante todo el día.
- 2- Tratamiento a las 9:00 horas.
- 3- Tratamiento a las 11:00 horas.
- 4- Tratamiento a las 15:00 horas.
- 5- Flores aisladas durante todo el día.

FIGURA 5

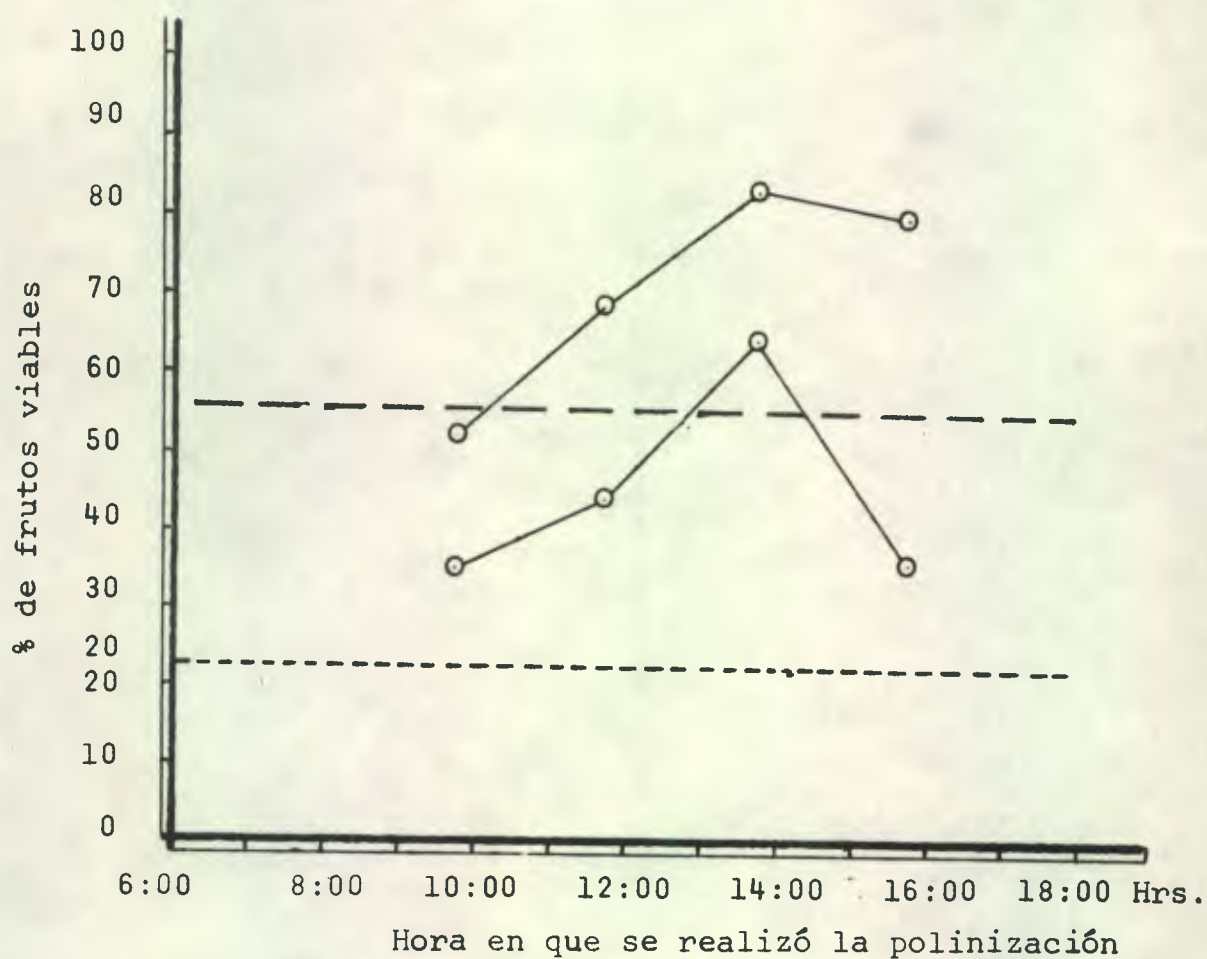
Gráfica de porcentaje de frutos viables cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día. Comportamiento 15, 30 y 42 días después de la polinización (en base a la tabla 11).



- 1- Lectura a los 15 días.
- 2- Lectura a los 30 días.
- 3- Lectura a los 42 días.

FIGURA 6

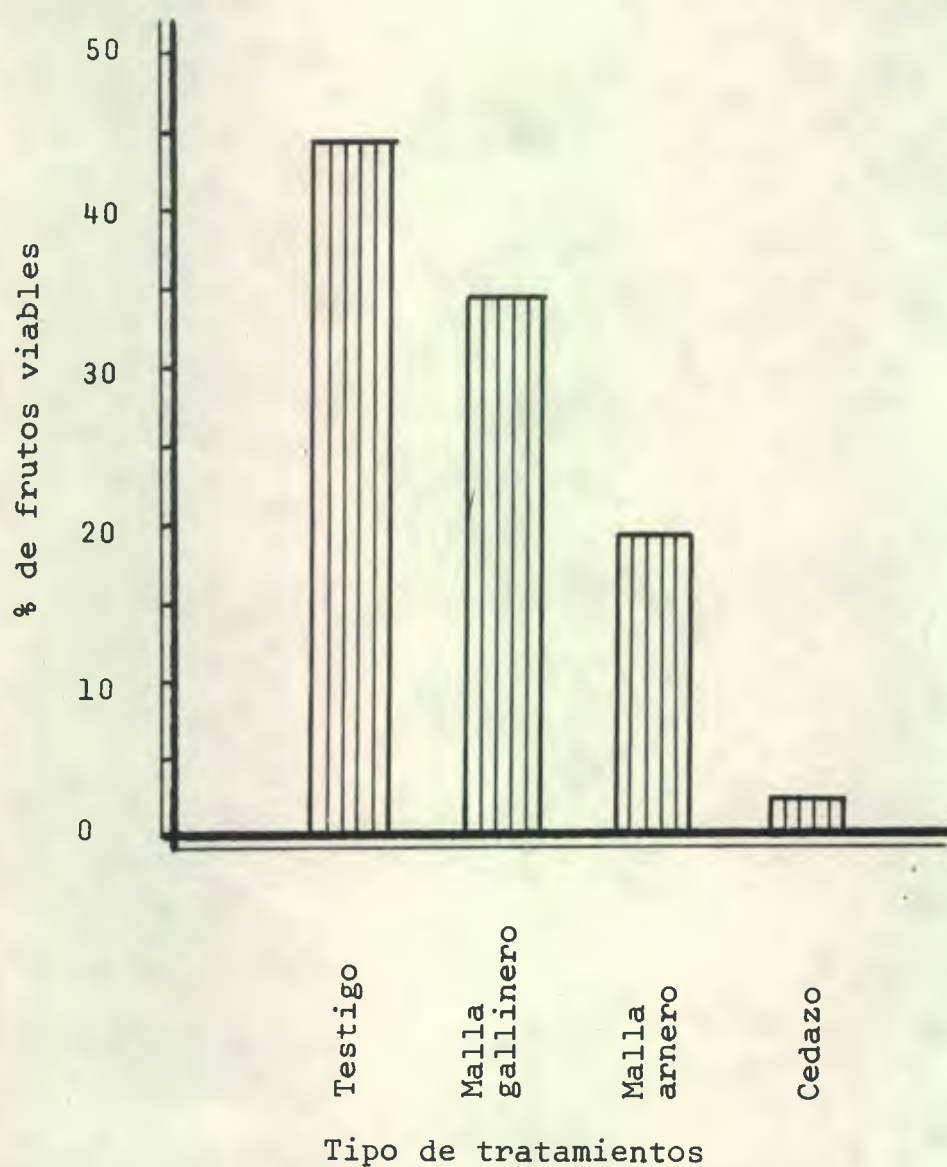
Gráfica del porcentaje de frutos viables en cardamomo verde, cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día. Comportamiento 15 y 32 días después de la polinización.



- Flores con polinización natural a distintas horas; a los 15 y 32 días.
- - - Flores sujetas a polinización natural durante todo el día; a los 15 días.
- - - - - Flores sujetas a polinización natural durante todo el día; a los 32 días.

FIGURA 7

Gráfica del porcentaje de frutos viables, obtenidos en el experimento, en donde se usaron mallas excluidoras de los agentes polinizadores.



X- INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Estadísticamente se comprueba que, aún 30 días después - de la polinización, existe una marcada abscisión de flores y frutos, pero hacia los 42 días se estabiliza la curva. En los primeros 30 días, el cardamomo "Pache" presenta un mayor porcentaje de frutos viables que el cardamomo "Verde", pero, hacia los 42 días, se comportan en forma similar. De esa - - cuenta, en lo sucesivo, solamente analizamos las últimas lecturas en cada experimento (tabla 17 y figura 5).

Al analizar la tabla de resultados No. 2, observamos - que todos los testigos presentan un coeficiente de variación menor que 24.41% y, en ningún caso existe significancia para los testigos colocados en cada una de las parcelas; con lo anterior comprobamos que todos los resultados son confiables y cualquier variación que se tenga, será en gran parte por efecto de los tratamientos.

Para ordenar la interpretación y discusión de resultados, antes se discutirán los resultados para cada uno de los experimentos, luego se integrarán todos los aspectos.

1- Análisis de cada experimento.

A- Experimento: Autopolinización manual, utilizando palillos de mesa.

Según la tabla No. 18, solamente existen diferencias significativas entre tratamientos y, según la prueba de Tukey, solamente las flores que se aislaron durante toda su vida presentaron un porcentaje de frutos viables diferente al de los otros tratamientos.

Pese a que no existen diferencias significativas - entre clones, se observó que el clon "Pache" presentó

un porcentaje de frutos viables mayor en 7.31 con respecto al clon "Verde"; ésto se debe a que al aislar - flores durante toda su vida, en el "Pache" se presenta un porcentaje de frutos viables de 9.27% mientras que, en el cardamomo "Verde" se presenta el 0.0%.

Según notamos en la figura No. 2, durante el - transcurso del día, a medida que la autopolinización se realiza, aún hasta las 15:00 horas, el porcentaje de fecundación aumenta, siendo incluso a esta hora, - dicho porcentaje mayor que el obtenido en flores sujetas a polinización natural durante todo el día.

B- Experimento: Autopolinización manual utilizando pinceles.

Según la tabla No. 19, no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre clones, en lo que a porcentaje de frutos viables se refiere.

Según la figura No. 3, observamos que el porcentaje de fecundación de las flores sujetas a polinización natural durante todo el día, es mayor que el de las - flores que se autopolinizaron a las 9:00, 11:00 y - 15:00 horas. Cuando autopolinizamos a las 11:00 horas el porcentaje de fecundación disminuyó, con respecto al obtenido a las 9:00 y 15:00 horas, siendo el de estos últimos, similar.

Según la tabla No. 20, en donde comparamos el tamaño del fruto, deducimos que solamente existen diferencias entre clones; el clon "Pache" presenta un fruto más pequeño que el Clon "Verde" (109.96 mm^2 y 125.15 mm^2 respectivamente).

Al comparar los resultados de los 2 métodos de autopolinización manual, deducimos lo siguiente:

- a- Es indiferente autopolinizar con el método de palillo o con el de pinceles, ya que en ambos no existen diferencias significativas entre los porcentajes de fecundación en flores autopolinizadas manualmente y flores polinizadas naturalmente.
- b- Cuando se empleó la técnica de los palillos, se utilizó agua pendiente de las hojas, la cual posiblemente estaba contaminada con microorganismos, sin embargo, esto no influyó en el comportamiento de las flores y frutos.

Cuando se empleó la técnica de los pinceles, se utilizó una solución de agua azucarada, para aumentar la fecundación, sin embargo, esto no influyó en el comportamiento de las flores y frutos.

- c- El cardamomo se comporta indiferente a la polinización natural y a la autopolinización manual; se descarta pues, la presencia de algún tipo de auto incompatibilidad que induzca la abscisión de flores y frutos.
- d- Aún a las 15:00 horas, las flores mantienen una alta viabilidad.
- e- Aunque los frutos provengan de flores autopolinizadas a distintas horas, siempre y cuando éstas se fertilicen, su crecimiento es normal y la diferencia en tamaño es entonces un carácter varietal.

f- Las diferencias que se presentan entre los porcentajes de fecundación obtenidos por ambos métodos de autopolinización, palillos y pinceles, se deben a que las lecturas fueron hechas en períodos de tiempo distintos después de la polinización, ya que; a medida que transcurre el tiempo, existe una reducción gradual del porcentaje de frutos viables; sin embargo, el comportamiento de los frutos en ambos métodos es similar.

C- Experimento: control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día.

Según la tabla No. 21, solamente existen diferencias significativas entre tratamientos.

Las flores que se polinizaron a partir de las 6:00 horas (hora en que ocurre la antesis), a partir de las 9:00 horas y a partir de las 11:00 horas, presentan un porcentaje de frutos viables relativamente elevado y similar estadísticamente entre sí, pero diferente al obtenido cuando las flores se polinizaron a partir de las 15:00 horas, ya que éste estadísticamente es similar al obtenido cuando las flores se aislaron durante toda su vida.

De la tabla No. 22, en donde comparamos el tamaño del fruto, deducimos que no existen diferencias entre tratamientos solamente entre clones; el clon "Pache" presenta el fruto más pequeño que el clon "Verde" - - (77.44 mm^2 y 110.18 mm^2 , respectivamente).

D- Experimento: Control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día.

De la tabla No. 23, deducimos que no existen diferencias significativas ni entre clones ni entre tratamientos.

Deducimos que a medida que las flores están sujetas a un mayor número de horas de polinización, a partir de la antesis, aumentan su porcentaje de fecundación, esto hasta cierto grado, ya que los testigos, aunque tuvieron un mayor número de horas de exposición a los polinizadores, presentan un porcentaje menor de fertilización que el de los tratamientos.

Determinamos pues, que cuando existen buenas condiciones de polinización, la polinización efectiva se lleva a cabo antes de las 9:00 horas, y que posiblemente, un excesivo número de visitas a una flor, tenga como consecuencia una reducción en el porcentaje de fecundación.

Al comparar los 2 métodos utilizados, para determinar en qué período del día es más efectiva la polinización natural, determinamos lo siguiente:

- a- A medida que se retrasó la hora en que se cubrió la inflorescencia, permitiendo así un mayor número de horas de polinización a partir de la antesis, el porcentaje de fecundación aumentó progresivamente, esto aún al cubrir las inflorescencias a las 16:00 horas.
- b- Las flores polinizadas naturalmente a las 9:00 horas, manifiestan el mismo comportamiento que las

flores sujetas a polinización natural durante todo el día.

- c- Cuando el método fue contrario, es decir cuando se retrasó el momento a partir del cual se inicia la polinización natural, el porcentaje de fecundación disminuyó progresivamente, a tal punto que - cuando la polinización se inició a las 15:00 horas, dicho porcentaje fue similar estadísticamente al que presentaron las flores que permanecieron aisladas durante toda su vida. Lo anterior está motivado por que a esa hora se reduce la cantidad de visitas de los polinizadores.
- d- La viabilidad de las flores se mantuvo alta, aún a las 16:00 horas.
- e- La polinización efectiva se lleva a cabo durante la mañana, porque la presencia de abejas es mayor, siempre y cuando las condiciones ambientales sean propicias para que éstos desarrollen su trabajo normalmente.
- f- En el método en el cual se descubren las inflorescencias a distintas horas, el porcentaje de fecundación en flores sujetas a polinización natural - durante todo el día, fue mayor que en otros tratamientos; mientras que en el método en el cual se cubrieron las inflorescencias a distintas horas, sucedió lo contrario.

E- Experimento: Control artificial de los polinizadores, utilizando mallas seleccionadas.

De la tabla No. 24, deducimos que solamente existen diferencias entre tratamientos. Según la prueba de Tukey, el porcentaje de fecundación de las flores con polinización libre es similar al obtenido en flores que abrieron dentro de la malla gallinero pues tienen el mismo porcentaje de fecundación que se presentó en las flores abiertas dentro de la malla arnero; solamente el porcentaje de fecundación obtenido de las flores que abrieron dentro del cedazo es distinto a todos los demás tratamientos.

De la tabla No. 5, deducimos que los principales agentes de la polinización en el cardamomo en la región estudiada, son los insectos, especialmente las abejas. Estadísticamente no existe diferencia entre el porcentaje de fecundación determinado por Trigona y Bombus; si consideramos que el número de abejorros es más reducido que el de trigonas, pero que los primeros realizan individualmente un mayor número de visitas a las flores; determinamos que potencialmente ambas abejas son igualmente eficientes como polinizadoras del cardamomo (ver tabla 3).

La diferencia entre los porcentajes de fecundación en las flores con polinización libre y malla gallinero puede deberse a que la malla constituyó obstáculo para el ingreso de las abejas, colibríes y mariposas; principalmente fue obstáculo para estos últimos dos, que por sus características de vuelo tampoco tienen posibilidad de visitar a las flores dispuestas en el centro de la macolla.

En las flores que abrieron dentro del cedazo, se obtuvo un mínimo porcentaje de fecundación, aquí, las flores estuvieron expuestas a los siguientes factores: agua, viento e insectos muy pequeños (hormigas y ácaros principalmente).

2- Interpretación integral:

Dentro de las plantaciones de cardamomo, las flores se desarrollan en condiciones de poca luz, mucha húmedad, menor temperatura que la ambiental y frecuentemente cubierta por hojas y tallos secos del cardamomo. Estas condiciones del microclima formado dentro de la plantación y la variación de la cantidad de flores a lo largo del año, hacen que las abejas polinizadoras visiten en menor grado las flores del cardamomo y preferentemente las de otros vegetales, principalmente si éstos presentan las flores expuestas a la luz; tal es el caso de varias especies de Compositae y de Phaseolus cocci - neus ? (frijol conocido en la región como "nun" o "lol"); sin embargo, a pesar de que no llegan enormemente, se cumple el proceso de polinización en términos normales.

La gran cantidad de especies vegetales que se encuentran en la región, principalmente las especies que provienen de la regeneración natural del bosque como: Eugenia jambos L. (poma rosa), Saurauia villosa D. (palo de moco) y Lasianthes fructicosa L. (taxiscobo), juegan un papel importante para mantener las poblaciones de las abejas silvestres, que son los polinizadores del cardamomo principalmente porque algunos de estos vegetales, se mantienen durante un largo período de tiempo en floración. Debido a que el cardamomo es una planta exótica, sus polinizadores actuales podemos considerarlos como no específicos, sino ocasionales.

Los polinizadores más efectivos para el cardamomo son las abejas silvestres; entre ellas 2 especies de Trigona y 1 especie de Bombus. Las trigonas son polinizadoras durante un corto período de tiempo, que es cuando se dedican a tomar (sustraer) polen de las anteras; pero luego se vuelven ladronas de néctar; puesto que los nectáridos están fuera de su alcance, éstas, principalmente "reinita" perforan el tubo corolino de las flores. Bombus sí es un típico polinizador, ya que con su larga lengua puede tomar néctar de la base del tubo corolino colocándose, al hacerlo, entre el labelo y el estambre, por lo que gran cantidad de polen se le adhiere en los pelos de la parte frontal de la cabeza, de tal forma que al visitar la siguiente flor, antes deposita parte de este polen en el estigma y luego toma néctar; de esta manera realiza polinización cruzada.

Tanto Trigona (especialmente "cap") como abejorros son igualmente eficientes para polinizar, en condiciones normales de tiempo, el gran número de Trigona se compensa con la gran capacidad de visitar flores que tiene el abejorro (aproximadamente 208 y 658 flores visitadas por hora, para Trigona y abejorros respectivamente (tabla 3).

Las abejas silvestres, están adaptadas a polinizar bajo condiciones de bosque húmedo, esta característica pone en ventaja a Trigona y Bombus, cuando las comparamos con Apis mellífera (abeja de miel), pues estas últimas no soportan condiciones ambientales como las que se presentan dentro de la plantación de cardamomo, de esa cuenta, durante el estudio se observaron en muy pocas ocasiones.

En el Polochic (Alta Verapaz), se colocaron colmenas de Apis en una plantación de cardamomo, pero estas abejas preferían visitar las flores de los vegetales nativos de

la región. -1/.

El mejor momento para la polinización es inmediatamente después de la antesis, es decir a las 6:00 horas, ya que las flores no están perforadas y la disposición del labelo, obliga a que las abejas, tanto Trigona como Bombus se sitúen justamente en medio de éste y enfrente del estambre. También la posición que guarda el estambre con respecto al labelo, ofrece un ángulo adecuado, para que el abejorro pase depositando polen en el estigma. Después de las 15:00 horas, el ángulo entre el estambre y el labelo ha disminuído, ésto y la reducida cantidad de néctar presente en el tubo corolino, obliga a que el abejorro o levante al estambre o se coloque por un lado del labelo para tomar néctar y en estas circunstancias, aunque en las anteras exista mucho polen, no existe una polinización efectiva; a estas horas la mayoría de Trigonas se dedican a coleccionar néctar por la perforación.

La polinización es más efectiva si existe alta humedad en el ambiente, ya que cuando el tiempo se presentó seco, existió mucho derrame de polen, pues basta un suave movimiento a la flor, para que éste se libere. En tiempo muy lluvioso, los abejorros presentan en la parte frontal de la cabeza, una masa hecha de polen; en estas condiciones no existe una polinización adecuada, porque el polen no se remueve del insecto.

Hay casos, en los que uno de los pétalos se queda adherido al estambre, cuando esto sucede, el ángulo formado entre este último y el labelo es demasiado grande, de tal forma que aunque una flor sea visitada por un abejorro, ésta no se poliniza; sin embargo, una Trigona sí tiene capacidad para polinizarla, debido a su comportamiento al -

tomar polen.

Posiblemente en los meses de mayor floración, la fecundación se alcance en 24 horas, porque al poner a germinar polen en condiciones artificiales y al realizar cortes en estilos, luego de 5 horas, algunos tubos polínicos ya habían crecido más de la tercera parte de la longitud del estilo.

Antes de los 15 días siguientes a la polinización, ya se observa cuales son las flores que no fueron polinizadas, pues sus ovarios aunque crecen un poco más de su tamaño inicial (ovarios miden inicialmente 3 X 4 mm.), se presentan amarillos; lo anterior es corroborado por el hecho de que es en este período de tiempo cuando se manifiesta el mayor efecto de los tratamientos (retrasar la polinización natural a distintas horas o evitar que esta ocurra) en lo que respecta a la abscisión de flores y frutos; la abscisión de frutos continúa presentándose hasta antes de 42 días después de la polinización, siendo el mayor tamaño que alcanzan, antes de tornarse amarillos, de 4 X 8 mm. (se dice que son frutos y no flores porque presentan varios óvulos desarrollados). Los frutos que caen después de este período, seguramente abscisan por el efecto de factores ajenos a la polinización (entre otros, plagas, enfermedades y sequía).

Los clones de cardamomo "Pache y "Verde" se comportan indiferentemente tanto a la autopolinización manual como a la polinización natural y siempre y cuando las flores se fertilicen, el crecimiento de los frutos es normal y la diferencia en tamaño es entonces, un carácter varietal.

Las flores aún a las 15:00 horas del día de antesis, -

mantienen una alta viabilidad; pareciera ser que entre las 14:00 y 15:00 horas; (2 y 3 de la tarde) la receptividad del estigma se incrementa. Esto aparentemente contradice lo expuesto por Sahadevan (26), ya que él indica que las flores permanecen receptivas hasta cerca de las 11:00 horas, sin embargo esta información puede ser válida para la India, pero no para las condiciones de nuestra región estudiada.

Al analizar estigmas de flores polinizadas naturalmente, encontramos gran cantidad de nemátodos saprófitos, esporas de hongos, materia orgánica y granos de polen sin germinar; deducimos pues, que las flores del cardamomo poseen mecanismos para polinizarse y fecundarse en esas condiciones, aunque se encuentran larvas de moscas en los labelos en estado de descomposición; se considera que éstas no son causantes de la abscisión, ya que se desarrollan en un corto tiempo y solo habitan en el labelo, el cual se necrosa totalmente en 3 días.

El mayor porcentaje de fecundación lo presentan las flores que estuvieron sujetas a la polinización natural durante todo el día, esto se debe a que la polinización ocurre desde el momento de antesis (6:00 horas) y porque las flores se someten a un mayor número de visitas por polinizadores. A medida que se retrasa la hora en que se inicia la polinización, el porcentaje de fertilización va siendo progresivamente menor, esto sucede porque a medida que transcurre el día, la presencia de polinizadores va siendo cada vez más escasa, debido a las condiciones ambientales de la región (entre otros nubosidad y lloviznas frecuentes), de esa cuenta las flores que se descubrieron a partir de las 15:00 horas, presentan un porcentaje de fertilización similar al que presentan las flores cubiertas durante todo el día. Entonces, la mayor polinización efectiva ocurre

durante la mañana, porque durante ella, la presencia de -
abejas es mayor, siempre y cuando las condiciones sean -
propicias para su actividad.

Al aislar de distintas maneras las flores, evitando con -
ésto la polinización por abejas y otros, se presenta un -
porcentaje de frutos viables que oscila entre el 2 y 9%
la explicación a lo anterior, es la siguiente:

- a- El estigma se mantiene viable durante la mayor parte del día y al empezar a descomponerse el labelo, éste rodea al estambre y forma un medio acuoso, lo cual es una condición favorable para que los granos de polen germinen y sus tubos polínicos se dirijan y entren al estigma, éstos es posible por la relativa cercanía en tre polen y estigma.
- b- Puede ser el resultado de la polinización por la gravedad o la lluvia; estos factores se descartan porque en diferentes experimentos se aislaron flores individuales e inflorescencias, con materiales impermeables al agua y, siempre se obtuvo similar resultado.
- c- El factor viento, puede también ser causante de una - autofecundación, principalmente cuando el tiempo es - seco y la flor se mueve completamente.
- d- Puede ser el resultado de partenocarpia. Cuando se - cubrieron botones florales de cardamomo con cápsulas de gelatina, se obtuvo un 10% de fecundación. -2/

Excepto cuando se aislaron botones florales con -

cápsulas de gelatina -2/, en todos los demás experimentos no se excluyó la presencia de animales pequeños como ácaros y hormigas, sin embargo éstos tampoco son los responsables del mínimo de fecundación obtenido en todos los casos en los que se aisló flores, debido a que, como ya se dijo, en el ler. experimento hubo un 10% de fecundación.

Posiblemente las mariposas y colibríes, también sean polinizadores en el cardamomo, pero su actividad está limitada casi exclusivamente a las flores que emergen en la periferia de la mata.

Según Kuruvina y Mohamed (14), en la India la variedad Malabar tiene 40-48% de "pegue" cuando se poliniza a las 9 y 9:30 horas y la variedad Mysore un 31%, cuando se poliniza a las 6 y 6:30 horas.

Para las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se comprobó que el clon que tiene características cercanas a la variedad Malabar ("Pache") presenta un promedio de frutos viables de 48% cuando se poliniza naturalmente desde las 6:00 horas hasta las 11:30 horas; cuando se autopoliniza manualmente desde las 9:00 hasta las 14:00 horas, el porcentaje de frutos viables es de 32%. En el clon de la variedad Mysore, se presenta un porcentaje de frutos viables de 33% cuando se poliniza naturalmente desde las 6:00 hasta las 11:30 horas; cuando se autopoliniza manualmente desde las 9:00 hasta las 14:00 horas, el porcentaje de frutos viables es de 35%. Por lo anterior, deducimos que el cardamomo normalmente presenta la característica de producir numerosas flores, pero que los únicos frutos que persisten, son los que la

planta tiene capacidad de mantener; determinamos pues, que la curva de aborción es normal ya que, al final - el porcentaje de fecundación es similar al que presenta el cardamomo en la India, según lo manifestado por Kuruvina y Mohamed (14).

La planta de cardamomo manifiesta los siguientes - mecanismos de adaptación a las condiciones en donde - se desarrolla: a) cuando la temperatura mínima es menor de 10 °C, la flor dura 2 días (normalmente dura 1 día), ésto aumenta la probabilidad de polinización; - b) la flor mantiene un período de receptividad relativamente largo, ésta permite, cuando las condiciones - ambientales son desfavorables para la actividad de - las abejas, que aún después de las 15:00 horas, todavía puedan fertilizarse; c) cuando una inflorescencia queda cubierta por hojarasca (tal el caso de la - variedad Malabar) las yemas florales buscan la luz, - de tal forma que al ocurrir la antesis quedan expuestas a ser polinizadas. d) Las flores poseen los si - guientes medios para atraer a los insectos polinizadores: un labelo grande y de color blanco, por lo que - resaltan de la penumbra en donde se encuentran) dicho labelo posee una ornamentación estriada de color púrpura; son olorosas y tienen alimento (néctar y polen); e) las primeras flores que se forman tienen un mayor número de óvulos viables (30 en promedio), pero a medida que los tallos de los cuales provienen van cumpliando 1 año de edad, las flores se presentan más pequeñas y, no solo tienen menos óvulos sino también es menor la cantidad de semillas que se forman en cada - fruto; un fruto puede ser viable aún con 4 semillas - (ver anexo 3).

XI CONCLUSIONES

Las características morfológicas de la flor son las siguientes:

- 1- Es zigomórfica, cuyas partes florales están arregladas en un plan trimero, los vestículos se originan cerca del raquis; su perianto consta de 2 vestículos más o menos reducidos. El caliz es gamosépalo, tubular, dividido en su extremo superior en 3 cortos dientes, está a menudo partido por un lado. La corola es gamopetalo, es tubular, posee 3 pétalos de color verde, similar y angostos, que miden 1.0 cm. de largo. Posee 5 estambres, de los cuales - solo uno es fértil, el posterior del vestículo interno, - los 2 adyacentes del vestículo interno forman el labelo y los 2 estambres restantes, se encuentran reducidos a estaminodios filiformes, constituyen un par de glándulas nectaríferas. El estambre fértil está colocado en medio de la flor, mientras que el par lateral de estaminodios, junto con el labelo, abrazan al estambre; la antera tiene 2 sacos polínicos, con dehiscencia longitudinal; el filamento es alargado, angosto y profundamente acanalado; la característica más sobresaliente de la flor es el labelo, este está opuesto al estambre fértil y es un estaminodio petaloide, espatulado, con los bordes finos y ondulados; es de color blanco y presenta líneas purpúreas al centro, éstas líneas pueden variar de tonalidad o no estar presentes, dependiendo del material genético. El gineceo está formado por un solo pistilo, con el estilo alargado y delgado, colocado a lo largo del canal del filamento, formando una sola columna; el estigma es capitado, húmedo, con prolongaciones papilosas y sobresale de la antera en el centro de la flor; tiene capacidad de almacenar 60 granos de polen. El gineceo es tricarpetal, trilocular, infero y con placentación axial, con 5 a 12 óvulos por

por lóculo; los óvulos son anátropos, bitegmicos, crassinucelados, con endospermo. El polen es pesado, de color blanco, tiene ornamentación baculada y es inaperturado.

- 2- Las flores mantienen una alta receptividad desde el momento de antesis hasta cerca de las 15:30 horas; cuando las flores permanecen aisladas durante todo el día, la receptividad se incrementa entre las 14:00 y 15:00 horas.
- 3- En los meses de mayor floración la fecundación se alcanza en menor de 24 horas.
- 4- El estigma en condiciones naturales, presenta una gran cantidad de nemátodos saprófitos, esporas de hongos, materia orgánica y granos de polen; sin embargo, en esas condiciones, la fecundación se realiza normalmente.
- 5- A lo largo del año, existe una continua aborción de flores y frutos, pero este fenómeno se incrementa en los meses de noviembre, diciembre y enero; los cuales son los últimos meses de vida de las inflorescencias que emergieron el año anterior y los primeros de las inflorescencias jóvenes.
- 6- Debido a que el cardamomo es una planta exótica en Guatemala, sus polinizadores actuales no son específicos sino ocasionales.
7. Los principales polinizadores del cardamomo son 2 especies del género Trigona ("cap" y "reñita") el cual pertenece a la familia Apidae, y una especie del género Bombus - - ("gonon" o abejorro) que pertenece a la familia Bombidae.
8. Las trigonas son polinizadoras durante un corto tiempo, -

luego de antesis que es cuando se dedican a sustraer polen de las anteras; por su tamaño pequeño, se desplazan a lo largo de las líneas de dehiscencia de éstas, luego se frotan contra las prolongaciones papilosas del estigma, depositando de 3 a 7 granos de polen en cada visita. Por su comportamiento, estas abejas autopolinizan parcialmente a las flores. Cerca de las 9:00 horas, la mayoría de Trigonas se vuelven ladronas de nectar; puesto que los nectáridos están fuera de su alcance, éstas principalmente "reinita", perforan el tubo corolino de las flores. Entre 43 y 97% de las flores se presentan perforadas, sin embargo ésta no es la causa de la abscisión.

- 9- Bombus con su larga lengua, se dedica solamente a tomar nectar del tubo corolino, para hacerlo se coloca entre el labelo y el estambre, por lo que una gran cantidad de polen se le adhiere a los pelos de la parte frontal de la cabeza, de tal forma que al visitar la siguiente flor, pasa depositando polen en el estigma, luego toma el nectar; de ésta manera realiza polinización cruzada.
- 10- El mejor momento para la polinización es inmediatamente después de la antesis, es decir, a las 6:00 horas, ya que las flores no están perforadas y la disposición del labelo obliga a que tanto Trigona como Bombus se sitúen en medio de éste y enfrente al estambre; circunstancia que obliga a que la visita de cada polinizador sea eficiente.

En condiciones naturales son suficientes 2 horas, para completar el proceso de polinización. Si las condiciones ambientales no son propicias para la actividad de las abejas, la polinización se completa durante toda la mañana.

- 11- La planta de cardamomo manifiesta los siguientes mecanismos de adaptación a las condiciones en donde se desarrolla: a) cuando la temperatura mínima es menor de 10 °C,

la flor dura 2 días (normalmente dura 1 día), ésto aumenta la probabilidad de polinización; b) la flor mantiene un período de receptividad relativamente largo, ésta permite, cuando las condiciones ambientales son desfavorables para la actividad de las abejas, que aún después de las 15:00 horas, todavía puedan fertilizarse; c) cuando una inflorescencia queda cubierta por hojarasca (tal el caso de la variedad Malabar) las yemas florales buscan la luz, de tal forma que al ocurrir la antesis quedan expuestas a ser polinizadas. d) Las flores poseen los siguientes medios para atraer a los insectos polinizadores: un labelo grande y de color blanco, por lo que resaltan de la penumbra en donde se encuentran, dicho labelo posee una ornamentación estriada de color púrpura; son olorosas y tienen alimento (nectar y polen); e) las primeras flores que se forman tienen un mayor número de óvulos viables (30 en promedio), pero a medida que los tallos de los cuales provienen van cumpliendo 1 año de edad, las flores se presentan más pequeñas y, no solo tienen menos óvulos sino también es menor la cantidad de semillas que se forman en cada fruto; un fruto puede ser viable aún con 4 semillas.

- 12- Las larvas de moscas que eclosionan en labelos en estado de descomposición, no son causantes de la obsecisión de flores.
- 13 En la región estudiada, dentro del cardamomo se forma un microclima poco propicio para la actividad de las abejas, lo cual hacen que éstos visiten en menor grado las flores del cardamomo y preferentemente las de otros vegetales en floración. Sin embargo el proceso de polinización se lleva a cabo en términos normales.
- 14- El mayor porcentaje de fecundación lo presentan las flores expuestas a polinización natural durante todo el día.

- 15- Los clones "Pache y Verde" se comportan indiferentemente tanto a la polinización natural como a la autopolinización manual y siempre y cuando las flores se fertilicen, la diferencia en tamaño de los frutos de ambos clones es entonces, un carácter varietal.
- 16- La abscisión de flores y frutos en el cardamomo, no está determinado por la presencia de algún tipo de auto incompatibilidad genética.
- 17- Para las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se comprobó que el clon que tiene características cercanas a la variedad Malabar ("Pache") presenta un promedio de frutos viables de 48% cuando se poliniza naturalmente desde las 6:00 horas hasta las 11:30 horas; - cuando se autopoliniza manualmente desde las 9:00 hasta las 14:00 horas, el porcentaje de frutos viables es de - 32%. En el clon de la variedad Mysore, se presenta un - porcentaje de frutos viables de 33% cuando se poliniza - naturalmente desde las 6:00 hasta las 11:30 horas; cuando se autopoliniza manualmente desde las 9:00 horas; hasta las 14:00 horas, el porcentaje de frutos viables es de 35%. Por lo anterior, deducimos que el cardamomo normalmente presenta la característica de producir numerosas - flores, pero que los únicos frutos que persisten, son - los que la planta tiene capacidad de mantener; determinamos pues, que la curva de aborción es natural.
- 18- La abscisión de flores y frutos es una respuesta natural de la planta a las condiciones ambientales en donde se - desarrolla, y salvo indirectamente, la polinización es - la causante de dicho fenómeno.
- 19- Puede ser que la abscisión en climas cálidos, sea el producto de la interacción del factor climático con la planta.

XIII- RECOMENDACIONES

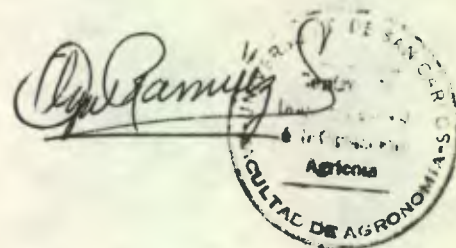
- 1- Realizar el mismo estudio en una área productora de carda momo, que se encuentre localizada en la zona de vida de - bosque muy húmedo, sub tropical, cálido; en Alta Verapaz y en la Costa Sur del país.
- 2- Estudiar la variabilidad genética del cardamomo y las características de adaptación de éstos materiales, a diferentes zonas de vida.
- 3- Estudiar la biología de los insectos polinizadores del - cardamomo, para conservar o incrementar sus poblaciones.
- 4- Evaluar la interacción entre plagas, enfermedades, elemen tos químicos del suelo y planta, en cuanto a su efecto en la abscisión de flores y frutos.
- 5- Estudiar la intervención de la vegetación de la región, - principalmente árboles de sombra y malezas, como distractores de los polinizadores del cardamomo y como responsables del mantenimiento de sus poblaciones en épocas críti cas (bajas temperaturas y escasa floración en el cardamomo).

LITERATURA CONSULTADA

- 1- AMEZQUITA, M. O. Técnicas de producción en el cultivo - del cardamomo (Elettaria cardamomum), según tamaño de explotación agrícola en Alta Verapaz. Tesis Ing. - Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 54 p.
- 2- BAILEY, L. H. Manual of cultivated plants. New York, - Macmillan, 1977. pp. 287-288.
- 3- BARROWS, E. M. Robbing of exotic plants by introduced - carpenter and honey bees in Hawaii, with comparative notes. Biotropica, 12(1): 23-29. March 1980.
- 4- CANO, M. El cultivo del cardamomo. Guatemala, DIGESA, - s.f. 35. pp.
- 5- CRONQUIST, A. Introducción a la botánica. México, CESSA, 1977. pp. 593-598.
- 6- _____. The evolution and clasification of flowering - plants. New York, Botanical Garden, 1978. P. 348-349.
- 7- _____. An integrated system of classification of flowe - ring plants. New York, Columbia University Press, - 1980. pp. 1157-1159.
- 8- FARFAN, O. Vocación agrícola y prioridades de acción en las Verapaces. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1978. pp. 187-215.
- 9- GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. El cultivo del Cardamomo. Informe Económico, Vol 26, Abr-Sept. 1979. 40 pp.
- 10- _____. USAC. CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE Y AREA - DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA. Plan gene - ral de investigaciones sobre el cultivo del cardamomo en el Depto. de Alta Verapaz. Guatemala, 1981. 10 p.
- 11- HOWES, F. N. Plantas melíferas. Barcelona, Reverté, - - 1953. pp.
- 12- ILYAS, M. The spices of India-II. Economic Botany, 32 - (3): 238-263. 1978.

- 13- INSTITUTO GUATEMALTECO DE CULTURA. Seminario de Cardamomo. Promoción Secretariado Bilingue. Guatemala, s. e., 1978. pp. 29.
- 14- KURUVINA, S. and MOHAMED, S. Collection and maintenance of cardamom germplasm. Plant Breeding Abstracts - 51(1): 110, 114-118. 1981.
- 15- LAURENCE, G. H. Taxonomy of vascular plants. New York, Macmillan, 1951. pp. 427-428.
- 16- LEON, G. Botánica de los cultivos tropicales, Costa Rica IICA, 1968. pp. 124-125.
- 17- MAISTRE, J. Las plantas de especies. Trad. por Asunción Carmona. Barcelona, Blume, 1969. pp. 223-224.
- 18- MCGREGOR, S. E. La apicultura de los Estados Unidos. - México, Limusa, 1976. pp. 81-122.
- 19- MUKHERJI, D. E. Large cardamom. World crops West Bengal. 25: 31-33. 1973.
- 20- NÚÑEZ, E. Plantas medicinales de Costa Rica. 2a. ed., Costa Rica, Universidad, 1978. pp. 264-265.
- 21- OCHOA, G. El cultivo del cardamomo. (inédito).
- 22- ORDET, G. y PEREZ, D. La apicultura en los trópicos. - México, Bartolomé Trucco, 1966. pp. 37-55.
- 23- ROOT, A. ABC y XYZ de la apicultura. 9a. ed. Buenos Aires, Hachette. 1974.
- 24- ROSENGARTEN, F. The book of spices. United States, - Pyramid Communications, 1969. pp. 163-173.
- 25- SAENZ, C. Polen y esporas. Madrid, Blume, 1978. pp. - 9-50.
- 26- SAHADEVAN, P. C. Cardamom. Trivandrum, India, 1965. 41 pp.
- 27- SAMARAWIRA, I. Cardamom. World Crops. 24: 76-78, 1972.
- 28- SEMINARIO SOBRE, el cultivo del cardamomo. Guatemala, - 1980. Memorias. Guatemala, 1980. 33 pp.
- 29- STANDLEY, P. and STEYERMARK, J. Flora of Guatemala. United States, Chicago Natural History Museum, Vol - 24, part III: 191-192. 1952.

- 30- STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. Anual Review of Ecology and Systematics. United States. 12: 253-279. 1981.
- 31- YURRITA E. Debe estimularse el cultivo del cardamomo. s. d. e.



ANEXO 1

TABLA DE RESULTADOS
PORCENTAJES DE FRUTOS VIABLES NO TRANSFORMADOS

TABLA 6

% de frutos viables en el experimento: Autopolinización manual utilizando palillos de mesa.

Comparación entre tratamientos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ tratamiento
"Pache"	A los 15 días	Testigo	93.5	92.9	86.3	90.9
		9 - 10:00	66.7	83.3	100.0	83.33
		11 - 12:00	100.0	66.7	66.7	77.80
		15 - 16:00	100.0	100.0	100.0	100.0
		+ 24 horas	16.7	0.0	11.1	9.27
"Verde"	A los 15 días	Testigo	66.7	94.6	83.3	81.53
		9 - 10:00	88.9	64.3	66.7	73.30
		11 - 12:00	64.3	100.0	69.2	77.83
		15 - 16:00	100.0	87.5	88.9	92.13
		+ 24 horas				

TABLA 7

% de frutos viables en el experimento: Autopolinización manual utilizando pinceles.

Comparación entre testigos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ trata- miento
"Pache"	A los 15 días	Testigo	85.7	93.3	86.4	88.47
		T. 9:00	80.0	92.8	85.7	86.17
		T. 11:00	66.7	90.9	10.00	85.87
		T. 14:00	60.00	80.00	92.3	77.43
"Pache"	A los 32 días	Testigo	71.4	40.0	54.5	55.3
		T. 9:00	40.0	36.4	64.3	46.9
		T. 11:00	46.7	63.6	72.7	61.0
		T. 14:00	40.0	33.3	61.5	44.93
"Verde"	A los 15 días	Testigo	66.7	57.1	71.4	65.07
		T. 9:00	82.3	40.0	64.3	62.20
		T. 11:00	64.3	66.7	50.0	60.33
		T. 14:00	35.7	46.7	78.6	53.67
"Verde"	A los 32 días	Testigo	26.8	28.6	42.9	32.77
		T. 9:00	52.9	26.7	35.7	38.43
		T. 11:00	35.7	20.0	35.7	30.47
		T. 14:00	21.4	26.7	28.6	25.57

TABLA 8

% de frutos viables en el experimento: autopolinización manual utilizando pinceles.

Comparación entre tratamientos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ trata- miento
"Pache"	a los 15 días	Testigo	73.8	89.2	93.0	85.33
		9 - 10:00	86.7	88.9	78.6	74.73
		11 - 12:00	54.5	57.1	100.0	70.53
		14 - 15:00	75.0	75.0	85.7	78.57
"Pache"	A los 32 días	Testigo	49.7	43.3	63.4	52.13
		9 - 10:00	20.0	50.0	35.7	35.23
		11 - 12:00	18.2	21.4	23.1	20.9
		14 - 15:00	75.0	25.0	21.4	40.47
"Verde"	A los 15 días	Testigo	62.9	52.5	66.5	60.63
		9 - 10:00	30.8	73.0	80.0	61.27
		11 - 12:00	36.4	10.00	33.3	56.57
		14 - 15:00	43.8	85.7	57.1	62.20
"Verde"	A los 32 días	Testigo	33.8	25.4	35.7	31.63
		9 - 10:00	15.4	33.3	73.3	40.67
		11 - 12:00	27.3	50.0	33.3	36.87
		14 - 15:00	27.6	28.6	21.4	25.87

TABLA 9

Comparación entre tamaños de frutos (ancho X largo) en mm² en -
el experimento: Autopolinización con pincel

Comparación entre tratamientos

Material	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ Tratam.
"Pache"	1	101.48	108.00	117.76	109.08
	2	100.00	128.25	103.30	110.48
	3	129.34	102.00	112.71	114.68
	4	119.66	98.51	98.60	105.59
"Verde"	1	107.25	130.05	119.00	118.77
	2	135.62	137.60	124.00	132.41
	3	123.00	117.97	125.15	122.04
	4	129.49	135.82	116.90	127.50

Comparación entre testigos

Material	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ Tratam.
"Pache"	1	118.80	98.40	102.81	106.67
	2	154.72	103.20	96.35	118.09
	3	110.50	94.08	95.91	100.16
	4	94.64	98.32	99.32	97.43
"Verde"	1	142.37	153.00	111.37	135.58
	2	165.06	165.44	126.00	140.17
	3	130.53	109.36	114.75	118.21
	4	116.00	115.50	115.50	115.67

TABLA 10

% de frutos viables en el experimento: Control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día.

Comparación entre testigos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	$\bar{X}$ tratamiento
"Pache"	A los 15 días	Testigo	91.3	76.2	100.0	100.0	91.87
		T. 9-10:00	76.9	87.0	82.6	50.0	74.12
		T. 11-12:00	72.2	87.0	68.2	80.0	76.85
		T. 15-16:00	80.0	88.9	72.7	47.4	72.25
		+ 24 Hrs.:00	69.2	85.7	69.2	27.8	62.97

"Pache"	A los 31 días	Testigo	87.0	71.4	92.0	93.5	85.97
		T. 9:00	53.8	78.3	73.9	45.0	62.75
		T. 11:00	61.1	86.9	68.2	60.0	69.05
		T. 15:00	70.0	77.8	72.7	42.1	65.65
		+ 24 Hrs.	46.1	78.6	70.0	70.0	66.17

"Pache"	A los 42 días	Testigo	73.9	47.0	76.0	71.0	67.12
		T. 9:00	42.3	60.9	56.5	35.0	48.60
		T. 11:00	40.6	73.9	54.5	45.0	53.50
		T. 15:00	60.0	44.4	63.6	0.0	42.00
		+ 24 Hrs.	38.5	60.7	60.0	65.0	56.00

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	$\bar{X}$ tratamiento
"Verde"	A los 15 días	Testigo	96.7	96.1	87.5	83.3	90.90
		T. 9:00	85.2	87.0	100	88.5	90.17
		T. 11:00	96.7	84.6	88.5	89.6	89.85
		T. 15:00	73.1.	80.0	89.3	92.0	83.60
		+ 24 Hrs.	95.8	80.0	94.1	100.0	92.47

"Verde"	A los 31 días	Testigo	43.1	57.7	50.0	29.2	45.00
		T. 9:00	33.3	34.8	41.2	65.4	43.67
		T. 11:00	43.3	57.7	46.1	61.7	49.70
		T. 15:00	30.8	48.0	46.4	28.1	38.32
		+ 24 Hrs.	37.5	46.7	17.6	50.0	37.95

"Verde"	A los 42 días	Testigo	36.7	46.1	28.1	29.2	35.02
		T. 9:00	29.6	30.4	29.4	53.8	35.80
		T. 11:00	33.3	38.5	34.6	34.5	35.22
		T. 15:00	30.8	36.0	39.3	28.0	33.52
		+ 24 Hrs.	37.5	46.7	11.8	40.0	34.00

TABLA 11

% de frutos viables en el experimento: Control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se descubren a distintas horas del día.

Comparación entre tratamientos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio Tratam.
"Pache"	A los 15 días	Testigo	78.5	95.2	78.3	66.7	79.67
		9-10:00	53.3	79.2	52.5	58.0	63.25
		11-12:00	60.0	63.1	78.3	57.0	64.60
		15-16:00	25.0	29.4	23.8	14.2	23.10
		+ 24 Hrs.	0.0	10.7	3.3	27.8	10.45

"Pache"	A los 31 días	Testigo	64.4	78.8	76.1	63.9	70.80
		9-10:00	43.2	58.4	58.2	58.0	54.45
		11-12:00	33.3	6.8	59.1	50.8	47.50
		15-16:00	25.0	23.5	23.8	8.7	20.25
		+ 24 Hrs.	0.0	10.7	3.3	22.2	9.05

"Pache"	A los 42 días	Testigo	50.9	57.7	52.3	37.7	52.12
		9-10:00	43.1	45.8	52.3	37.8	47.25
		11-12:00	33.3	31.6	55.1	50.0	45.00
		15-16:00	25.0	23.5	10.5	0.0	14.75
		+ 24 Hrs.	0.0	10.7	22.2	9.05	

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio Tratam.
"Verde"	A los 15 días	Testigo	91.1	86.2	93.5	92.5	90.82
		9-10:00	59.0	65.1	82.3	69.6	71.50
		11-12:00	59.4	54.5	51.5	58.2	60.90
		15-16:00	29.4	5.0	38.5	40.9	28.45
		+ 24 Hrs.	7.1	8.3	6.9	0.0	5.57

"Verde"	A los 31 días	Testigo	37.5	49.0	39.7	44.6	42.70
		9-10:00	58.7	34.8	44.1	26.1	40.92
		11-12:00	43.7	27.3	38.5	31.8	35.32
		15-16:00	14.7	0.0	26.9	18.2	14.95
		+ 24 Hrs.	3.6	8.3	3.4	0.0	3.82

"Verde"	A los 42 días	Testigo	23.5	39.5	27.9	36.9	34.45
		9-10:00	55.2	26.1	38.2	21.7	35.30
		11-12:00	34.4	23.3	30.8	27.7	28.80
		15-16:00	14.7	0.0	26.9	18.2	14.95
		+ 24 Hrs.	3.6	8.3	3.4	0.0	3.82

- TABLA 12 -

Comparación entre tamaño de frutos (ancho X largo) en mm², en el experimento : Control de la polinización cuando se destapan las inflorescencias a distintas horas.

Comparación entre testigos

Lectura	Clon	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	X Tratam.
2	"Pache"	1	49.16	49.16	52.66	54.11	51.27
		2	47.85	52.94	42.37	54.66	49.45
		3	49.63	54.04	50.04	51.75	51.50
		4	57.60	52.50	50.08	57.00	54.29
		5	67.50	57.57	49.71	52.68	56.86

2	"Verde"	1	57.92	70.03	69.27	62.26	64.87
		2	61.75	68.75	68.62	61.26	65.15
		3	83.20	68.03	70.80	67.92	72.49
		4	68.97	68.27	58.04	55.91	62.80
		5	73.99	63.80	64.80	70.80	68.21

3	"Pache"	1	75.74	66.46	66.09	83.24	72.88
		2	78.99	77.04	73.65	73.01	75.67
		3	80.01	80.98	70.14	76.17	76.82
		4	82.50	110.25	69.36	77.43	82.64
		5	98.81	77.76	71.50	68.81	79.22

3	"Verde"	1	92.22	120.74	97.90	116.35	106.80
		2	78.05	95.55	115.44	108.17	99.30
		3	144.33	122.45	108.71	115.84	122.83
		4	118.92	104.16	103.24	115.74	110.51
		5	123.56	104.17	120.00	98.0	111.43

Comparación entre tratamientos

Lectura	Material	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	X Tratam.
2	"Pache"	1	54.35	53.35	48.97	53.13	52.95
		2	48.36	57.95	47.43	52.42	51.54
		3	46.75	59.31	54.00	52.74	53.20
		4	46.83	55.39	50.31	51.94	51.12
		5	41.04	54.00	52.90	50.25	49.55

2	"Verde"	1	69.17	67.82	66.19	63.63	66.70
		2	16.15	71.91	62.43	45.06	60.14
		3	62.54	66.05	59.16	62.88	62.66
		4	66.12	59.33	53.41	47.50	56.59
		5	72.00	60.50	72.00	59.16	65.91

3	"Pache"	1	83.21	80.70	70.15	77.06	77.78
		2	83.76	91.43	88.65	71.31	83.79
		3	82.5	68.04	81.24	78.27	77.51
		4	86.68	90.28	81.56	76.33	83.71
		5	76.78	88.00	72.31	75.25	73.33

3	"Verde"	1	111.42	109.41	109.06	110.82	110.18
		2	101.74	121.36	104.54	980.24	101.97
		3	118.71	108.70	105.08	100.64	108.28
		4	120.25	113.24	96.75	84.37	108.66
		5	120.00	105.00	105.00	92.33	105.58

TABLA 13

% de frutos viables en el experimento: Control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se cubren a diferentes horas del día.

Comparación entre testigos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ trata- miento
"Verde "	a los 15 días	Testigo	56.25	46.67	70.59	57.84
		T. 10:00	50.0	20.0	60.0	43.33
		T. 12:00	30.0	50.0	90.0	56.67
		T. 14:00	60.0	80.0	66.66	68.89
		T. 16:00	85.7	30.0	60.0	58.57

"Verde"	A los 35 días	Testígo	31.25	33.33	35.29	33.29
		T. 10:00	40.0	20.0	20.0	26.67
		T. 12:00	15.0	10.0	20.0	15.0
		T. 14:00	20.0	20.0	33.33	24.44
		T. 16:00	20.0	20.0	20.0	20.0

Comparación entre tratamientos

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ trata- mientos
"Verde"	A los 15 días	Testigo	56.39	45.33	69.44	57.05
		10 - 11:00	42.86	77.77	37.50	52.71
		12 - 13:00	33.33	10.00	77.77	70.37
		14 - 15:00	14.0	10.00	88.88	84.17
		16 - 17:00	10.00	72.73	71.43	81.39

"Verde"	A los 15 días	Testigo	25.25	20.67	25.72	23.88
		10 - 11:00	36.11	50.0	22.22	36.11
		12 - 13:00	42.81	55.55	37.50	45.30
		14 - 15:00	85.71	55.55	54.54	65.27
		16 - 17:00	50.0	18.18	42.86	37.01

TABLA 14

% de frutos viables en el experimento: Control artificial de polinizadores utilizando mallas seleccionadoras.

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ tratamientos
"Pache"	A los 91 días	Testigo	43.3	32.42	53.7	43.14
		Gallinero	21.4	46.2	32.38	33.33
		Arnero	17.18	17.71	18.70	17.86
		Cedazo	0.85	2.04	6.15	3.01
"Verde"	A los 91 días	Testigo	45.29	40.95	51.1	45.78
		Gallinero	42.0	28.10	35.90	35.33
		Arnero	18.23	28.62	17.04	21.30
		Cedazo	1.53	2.27	2.18	1.99

% de meristemos activos en el experimento: Control artificial de polinizadores utilizando mallas seleccionadoras.

Material	Lectura	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\bar{X}$ tratamiento
"Pache"	A los 91 días	Testigo	38.1	45.75	19.5	34.45
		Gallinero	60.9	69.2	36.0	48.15
		Arnero	26.8	58.9	37.6	41.1
		Cedazo	30.3	81.7	76.56	79.52
"Verde"	A los 91 días	Testigo	95.8	44.37	49.69	63.29
		Gallinero	64.74	54.61	25.30	48.22
		Arnero	66.09	62.42	37.50	55.34
		Cedazo	27.8	69.30	53.7	50.27

ANEXO 2

ANALISIS DE VARIANZA PARA CADA
EXPERIMENTO

TABLA 15

ANDEVA, en serie de experimentos;
experimento: autopolinizacion usando pinceles.

Comparación entre tratamientos

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	
CLON	1	631.18	631.18	3.40	N. S.
BLOQUE	4	1099.09			
TRATAMIENTO	3	169.72	56.57	0.30	N. S.
LECTURA	1	6122.34	6122.34	33.01	**
CLON X TRATAMIENTO	3	381.19	127.06	0.68	N. S.
CLON X LECTURA	1	340.59	340.59	1.84	N. S.
TRAT X LECTURA	3	62.11	20.70	0.11	N. S.
CLON X TRAT. X LECT	3	176.44	58.81	0.31	N. S.
ERROR	28	5192.76	185.46		
TOTAL	41	13794.23			
C. V. = 28.67%					

TABLA 16

ANDEVA, en serie de experimentos;
experimento: descubrir inflorescencias a distintas horas.

Comparación entre testigos

FUENTE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
GLONES	1	946.58	946.58	11.68 **
BLOQUE ANIDADO EN CLON	6	1338.21		
TRATAMIENTOS	4	1522.64	380.66	4.69 **
LECTURAS	2	14688.99	7344.25	90.60 **
CLON X TRATAMIENTO	4	985.45	246.36	3.04 N.S.
CLON X LECTURA	2	3925.91	1962.96	24.21 **
TRAT. X LECTURA	8	139.11	17.39	0.21 N.S.
CLON X TRAT X LECT	8	702.604	87.82	1.08 N.S.
ERROR	84	6809.39	81.06	
TOTAL	119	31058.39		
C.V.=17.72%				

TABLA 17

ANDEVA, en serie de experimentos;
experimento: descubrir inflorescencias a distintas horas.

Comparación entre tratamientos

FUENTE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	509.127	509.13	32.95 **
BLOQUE ANIDADO EN CLON	6	4810.36	801.73	51.89 **
TRATAMIENTOS	4	6907.68	6726.92	435.43 **
LECTURAS	2	4004.69	2002.33	129.00 **
CLON X TRATA.	4	197.25	26.81	1.13 N.S.
CLON X LECTURA	2	717.61	358.80	23.22 **
TRAT X LECTURA	8	1365.64	170.70	11.49 **
CLON X TRAT X LECT	8	486.58	60.82	3.94 **
ERROR	84	1297.71	15.45	
TOTAL	119	40206.629		
C.V. = 11.00%				

TABLA 18

Análisis de varianza del experimento: autopolinización utilizando palillos de mesa. Comparación de los porcentajes de - frutos viables, 15 días después de la polinización.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	
CLON	1	624.12	624.12	3.427	NS
REPETICION	4	437.06	109.27	0.60	NS
TRATAMIENTO	4	20765.44	5191.36	28.505	**
TRATAM. X CLON	4	206.75	51.69	0.2838	NS
ERROR	16	2913.94	182.12		
TOTAL	29	24947.31			
C.V. = 23.17%					

Prueba de Tukey para comparar promedios de frutos viables entre tratamientos:

Valor del comparador: 30.25

Nivel de significancia: 0.01%

96.06, 86.21, 78.31, 77.81, 4.63

TABLA 19

Análisis de varianza del experimento: Autopolinización utilizando pinceles. Comparación de los porcentajes de frutos viables, 42 días después de la polinización.

Comparación entre testigos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	
CLON	1	875,25	875.25	21.9171	**
REPETICION	4	375.11	93.78	2.3483	NS
TESTIGO DE LOS TRATAM.	3	137.45	45.82	1.1473	NS
TEST. DE LOS TRATAM. X CLON	3	132.47	44.16	1.1057	NS
ERROR	12	479.21	39.93		
TOTAL	23	1999.50			
C.V. = 15.72%					

Comparación entre tratamientos:

FUENTE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	
CLON	1	28.40	28.40	0.2223	NS
REPETICION	4	191.65	47.91	0.3751	NS
TRATAMIENTO	3	205.66	68.56	0.5365	NS
TRAT. X CLON	3	460.63	153.54	1.2017	NS
ERROR	12	1533.28	127.77		
TOTAL	23	2419.62			
C.V. = 31.21%					

TABLA 20

Análisis de varianza del experimento: auto-polinización utilizando pinceles. Comparación del tamaño (Area = largo X ancho) de los frutos viables, 42 días después de la polinización.

Comparación entre testigos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	2855.69	2855.69	12.9275 **
REPETICION	4	1930.75	482.69	2.1851 NS
TEST. DE LOS TRATAMS.	3	1999.75	666.58	3.0176 NS
TEST. DE TRAT. X CLON	3	116.19	38.73	0.1753 NS
ERROR	12	2650.81	220.90	
TOTAL	23	9553.19		
C.V. = 12.76%				

Comparación entre tratamientos

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	1385.25	1385.25	10.08 **
REPETICION	4	220.94	55.23	0.49 N.S.
TRATAMIENTO	3	180.50	60.17	0.44 N.S.
TRAT. X CLON	3	271.50	95.5	0.66 N.S.
ERROR	12	1649.0	137.42	
TOTAL	23	3707.19		
C.V. = 9.97%				

TABLA 21

Análisis de varianza del experimento: control artificial de la polinización natural, cuando ésta se realiza a distintas horas del día. Comparación de los porcentajes de frutos viables, 42 días después de la polinización.

Comparación entre testigos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	1067.44	1067.44	10.6155 **
REPETICION	6	710.00	118.33	1.1768 NS
TEST. DE LOS TRATAM.	4	402.06	100.52	0.9996 NS
TEST. DE TRAT. X CLON	4	359.75	89.94	0.8944 NS
ERROR	24	2413.31	100.55	
TOTAL	39	4952.56		
C.V. = 24.41%				

Comparación entre tratamientos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	416.81	416.81	4.7455 NS
REPETICION	6	302.44	50.44	0.5742 NS
TRATAMIENTO	4	5660.18	1415.04	16.1106 **
TRATAM. X CLON	4	149.84	37.46	0.4265 NS
ERROR	24	2108.00	87.83	
TOTAL	39	8637.45		
C.V. = 30.36%				

Prueba de Tukey para comparar promedio de tratamientos:

Valor del comparador: 17.13

Grado de significancia: 0.01%

43.28, 41.27, 36.9, 14.85, 6.43

TABLA 22

Análisis de varianza del experimento: control artificial de la polinización natural cuando ésta se realiza a distinta hora del día. Comparación del tamaño (Area = largo X ancho) de los frutos viables, 42 días después de la polinización.

Comparación entre testigos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	
CLON	1	10590.69	10590.69	67.8618	**
REPETICION	6	544.06	90.68	0.5810	NS
TEST. DE LOS TRATAMS.	4	838.06	209.52	1.3425	NS
TEST. TRATAM. X CLON	4	589.81	147.45	0.9448	NS
ERROR	24	3745.50	156.06		
TOTAL	39	16308.12			
C.V. = 13.32%					

Comparación entre tratamientos:

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	
CLON	1	7677.62	7677.62	85.72	**
REPETICION	6	2114.44	352.41	3.9348	*
TRATAMIENTO	4	189.31	47.33	0.5284	NS
TRATAM. X CLON	4	300.81	75.20	0.8397	NS
ERROR	24	2149.50	89.56		
TOTAL	39	12431.69			
C.V. = 10.17%					

TABLA 23

Análisis de varianza del experimento: control artificial de la polinización, cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día. Comparación de los porcentajes de frutos viables, 32 días después de la polinización.

Comparación entre testigos:

FUENTE DE VARIACION	S.L.	S.C.	C.M.	F.C.
TEST. DE LOS TRATAMS.	4	1463.39	365.85	4.026 NS
BLOQUES	2	348.89		
ERROR	8	727.00	90.87	
TOTAL	14	2539.29		
C.V. = 13.54%				

Comparación entre tratamientos:

FUENTES DE VARIACION	S.L.	S.C.	C.M.	F.C.
TRATAMIENTOS	4	1425.34	356.33	1.797 NS
BLOQUES	2	29.75		
ERROR	8	1329.50	166.12	
TOTAL	14	2245.73		
C.V. = 11.17%				

TABLA 24

Análisis de varianza del experimento: control artificial de los polinizadores, utilizando mallas seleccionadoras. Comparación de los porcentajes de frutos viables, durante 91 días.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	20.97	20.97	0.9641 NS
REPETICION	4	77.74	19.43	0.8934 NS
TRATAMIENTO	3	4042.19	1347.39	61.9110 **
TRATAM. X CLON	3	28.21	9.44	0.4338 NS
ERROR	12	261.03	21.75	
TOTAL	23	4430.25		
C.V. = 16.6%				

Prueba Tukey, para comparar promedio de tratamientos:

Valor del comparado: 9.9

Grado de significancia 0.01

44.46, 34.33, 19.58, 2.5

Análisis de varianza del experimento: control artificial de los polinizadores, utilizando mallas seleccionadoras. Comparación de los porcentajes de meristemas viables.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
CLON	1	10.61	10.61	0.0944 NS
REPETICION	4	769.53	192.38	0.7122 NS
TRATAMIENTO	3	384.32	138.11	1.1001 NS
TRATA. X CLON	3	1170.90	390.30	3.4736 NS
ERROR	12	1348.34	112.36	
TOTAL	23	3683.71		
C.V. = 22.4%				

ANEXO 3

Resultados de otros estudios relacionados con el contenido de esta tesis.

ANEXO 3

Con los profesores Myrna Herrera y Estuardo Duarte, asesoramos a estudiantes de la Facultad de Agronomía, en el desarrollo de trabajos cortos de investigación, como parte del curso "Problema Especial". El estudio se llevó a cabo en la Finca "Chobal" de Cobán A. V., sobre cardamomo "Verde" variedad Mysore, durante los días: 24, 25/10/81 y 26 -28/11/81.

A continuación, un resumen de los mismos, mencionando únicamente los aspectos más relacionadas al contenido de la presente tesis.

1- Morfología, movimientos y orientación de las flores del Cardamomo.

Por Ana Pacheco T.
José Carballo D.

- a- En el mes de octubre, la antesis de la flor se llevó a cabo en forma espontanea y rápida; en el mes de noviembre la antesis se llevó a cabo lentamente.
- b- La antesis se llevó a cabo a las 5:00 horas en el mes de octubre y el máximo ángulo de abertura entre el estambre y el labelo fue de 19° y se alcanzó entre las 11:00 - 13:00 horas, durante la noche disminuyó progresivamente.

En el mes de noviembre la antesis ocurrió al rededor de las 14:00 horas, y el máximo ángulo de abertura entre el estambre y el labelo fue de 27°, se alcanzó durante la noche, de 18:00 - 6:00 horas del día siguiente.

- c- Las flores no conservan un patrón de orientación, ya que su labelo se orienta indiferentemente hacia

cualquier punto cardinal.

- d- Las flores duran con vida, al rededor de 24 horas.
- e- Al marchitarse las flores, todavía presentan polen en sus anteras.
- f- Las flores miden:

Cáliz: 1.61 cm.
Pétalos: 1.49 X 0.44 cm.
Labelo: 2.54 X 1.33 cm.
Ovario: 0.235 X 0.445
Pistilo: 1.95 cm.
Estambres: 1.94 cm.

- 2- Número de granos de polen en el estigma y el número de perforaciones en flores de cardamomo a distintas horas del día.

Por Mario Cruz Ch.
Juan Contreras M.

- a- De las flores observadas, entre las 9:00 - 12:00 horas se encontraron en el estigma de 0 - 8 granos de polen, el promedio es de 2 granos por estigma. A las 16:00 horas en el estigma se encontraron de - - 0 - 22 granos de polen, el promedio es de 3.6 granos por estigma.
- b- Durante la mañana del día de antesis ocurren el mayor número de perforaciones. El 43% de las flores estudiadas presentan al menos 1 perforación.
- c- De las flores estudiadas, solamente 5 presentaron el

estilo dañado por la perforación, equivalente al 2%.

3- Cuantificación de frutos abortados en el cardamomo.

Por: María C. Sanabria
Héctor Cedillo A.

- a- El 80% de los frutos amarillos miden 0.3 - 0.8 cm. - de largo, el 18% de los frutos miden 0.8 - 1.2 cm. y el 2.0 % miden 1.2 - 2.0 cm. de largo.
- b- Relativamente a su tamaño, todas las inflorescencias, presentan igual cantidad de frutos amarillos.

4- Cuantificación de óvulos en frutos pegados y en frutos abortados.

Por: Mariano Portillo L.
Rodolfo Trujillo G.

- a- Resultados:

Tamaño de fruto	Estado del fruto	No. ovulos	$\bar{X}$	No. Se millas	$\bar{X}$	% ovulos viables
1.90X1.02	pegado-normal	18-27	22.24	13.25	18.27	82.19
1.23X0.56	pegado-deforme	11-22	15.7	3.18	8.46	54.04
0.70X0.42	abortado/amarillo	9-20	14.04	0.13	4.4	31.34

En cada caso, se escogieron al azar 35 frutos.

- b- Existe relación entre el número de semillas y el aborto. Los frutos que más abortan, son los que presentan menor cantidad de ovulos desarrollados.
 - c- Los lóculos que se encuentran con pocos óvulos viables o sin ninguno, son los determinantes de la deformación del fruto.
- 5- Control artificial de la polinización natural, cuando las inflorescencias se cubren a distintas horas del día.

Por: Víctor Orozco R.
Armando Luciano C.

Los resultados y la discusión, se encuentran en el texto de ésta tesis.

ANEXO 4

FIGURAS



8



9

Figura 8: disposición de las flores en la macolla.
Figura 9: flor en proceso de antesis, descripción en el texto.



10



11

Figura 10: flor que ha completado su proceso de antesis, obser
ve la disposición de los verticilos florales.
Figura 11: situación de la flor un día después de la antesis;
de descomposición.



12



13



14



15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1848

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O