

EVALUACION DE CUATRO METODOS DE POLINIZACION  
ARTIFICIAL EN CACAO (Theobroma cacao L.)

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Alberto Arévalo Rojas



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales  
Turrialba, Costa Rica  
Abril, 1972

EVALUACION DE CUATRO METODOS DE POLINIZACION ARTIFICIAL  
EN CACAO (Theobroma cacao L.)

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados  
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

Jorge Sbría, Ph.D.

Consejero

Gilberto Pérez, Ph.D.

Comité

Antonio Pinchinat, Ph.D.

Comité

Oliver Deaton, Ph.D.

Comité

Abril, 1972

A la memoria de mis padres

A mi esposa

A mis hijos

A mis hermanos

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento:

Al Dr. Jorge Soria V., consejero principal y Jefe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales por su dirección y por los medios materiales que le facilitó para la realización del presente estudio.

A los Drs. Gilberto Páez, Antonio Pinchinat y Oliver Deaton, miembros de su comité consejero. A los Drs. Rufo Bazán y José Fargas, miembros de reemplazo de su comité consejero.

A la Zona Andina, al Centro de Enseñanza e Investigación y a la Biblioteca Conmemorativa Orton del IICA, por las facilidades que le brindaron.

Al Gobierno de Holanda por la beca otorgada a su favor.

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana por haberle concedido licencia en comisión de estudio.

A los supervisores de la finca La Lola, Ing. Alfredo Paredes, Ing. Oscar Esquivel y Sr. Miguel Cerdas, por su ayuda y sugerencias.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Moyobamba, Perú, el 30 de abril de 1928.

Realizó sus estudios universitarios en la Universidad Nacional Agraria de La Molina, graduándose de Ingeniero Agrónomo en el año 1952.

Desempeñó diversos cargos en la administración pública, industria privada y docencia universitaria de su país.

Ingresó a la Escuela para Graduados del IICA-CTEI en enero de 1971, graduándose de Magister Scientiae en abril de 1972.

## CONTENIDO

	<u>página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	
2.1 La Polinización Natural en Cacao. . . . .	3
2.2 Métodos Conocidos de Polinización Artificial. .	4
2.3 Factores que Reducen el Efecto de la Polini- zación. . . . .	5
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Ubicación . . . . .	8
3.2 Clones. . . . .	8
3.3 Métodos de Polinización . . . . .	9
3.4 Períodos de Polinización. . . . .	10
3.5 Diseño Experimental . . . . .	10
3.6 Recolección de Información. . . . .	11
3.6.1 Producción de frutos. . . . .	11
3.6.2 Depósito de polen en el pistilo . . . . .	12
3.7 Análisis estadísticos . . . . .	12
4. RESULTADOS	
4.1 Número de Frutos Formados . . . . .	15
4.2 Producción Potencial en Número de Mazorcas. . .	16
4.3 Producción Final de Frutos Maduros. . . . .	17
4.4 Producción Potencial de Cacao Seco. . . . .	17
4.5 Producción Real de Cacao Seco . . . . .	19
4.6 Mazorcas Muertas por 'Cherelle Wilt'. . . . .	19
4.7 Mazorcas Muertas por <u>Phytophthora palmivora</u> . .	20
4.8 Número de Almendras por Mazorca . . . . .	21
4.9 Índice de Semilla . . . . .	21
4.10 Peso de Cacao Seco por Mazorca. . . . .	22
4.11 Depósito de Polen Sobre el Pistilo. . . . .	23
4.12 Estudio Económico . . . . .	24
5. DISCUSION	29
6. CONCLUSIONES	34
7. RESUMEN	35
7a. SUMMARY	36
8. LITERATURA CITADA	37
APENDICE	39

## 1. INTRODUCCION

El objetivo final en el cultivo de cacao es el incremento de los rendimientos. Estos son el resultado de la acción de varios factores, entre los cuales uno de los más importantes es la polinización.

La polinización natural en cacao es realizada por insectos; entre éstos los más importantes en llevar a cabo tanto polinización cruzada como autopolinización, son diversas especies de la familia Ceratopogonidae. Estas moscas diminutas han sido detectadas en mayor o menor cantidad en todas las áreas cacaoteras del mundo. En menor escala, y realizando particularmente autofecundaciones, se ha encontrado los trips, los áfidos, las hormigas y las abejas.

En la práctica, los niveles de polinización natural y la consecuente producción de frutos por árbol son bajos, en relación al número de flores brotado. Debido a estas razones, algunos investigadores han propuesto métodos de polinización masiva, con base en los promisorios resultados obtenidos en experimentos de campo. Sin embargo, hasta la fecha no se ha conducido trabajos de evaluación comparativa entre esos métodos y los actuales. Por otro lado, existen dudas si la baja producción que se obtiene en algunas áreas se debe a escasa polinización o a otras causas.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

1. Determinar el método de polinización artificial más conveniente para aumentar el rendimiento en plantaciones de cacao en las condiciones del área Atlántica de Costa Rica;

2. Evaluar la magnitud de algunos factores negativos de la producción en presencia de polinización elevada; y
3. Estudiar el aspecto económico de los métodos de polinización artificial.

## 2. REVISION DE LITERATURA

2.1 La Polinización Natural en Cacao

Soetardi (21) en 1950 y González (7) en 1954, establecieron que el viento y el agua tenían escasa importancia como agentes polinizadores del cacao. Billes (4) en 1940 señaló que la autopolinización en cacao puede ser hecha por la mosquita Forcipomyia spp., Ceratopogonidae, los trips Frankliniella parvula y el áfido Toxoptera aurantii y que el único probable agente de polinización cruzada era la mosquita Forcipomyia. El mismo autor indicó que las mosquitas Ceratopogonidae bajan por los estaminoídes, rozando con el tórax el estigma de la flor, donde depositan en grupos, los granos de polen pegajosos. Al ingresar las mosquitas a la parte basal de la flor rozan el tórax con las anteras y en esta forma colectan una porción de granos de polen, que pueden depositarlo luego en otra flor. La presencia de masas de granos de polen sobre el estigma es un signo característico de que una flor ha sido polinizada por Forcipomyia.

Van del Knaap (11) en Java, determinó que estos insectos pueden transportar polen de un árbol a otro hasta una distancia de 60 metros. Hernández (8) estableció que el ciclo de vida de Forcipomyia era de 27 días bajo las condiciones del área cacaotera de Costa Rica. La mayor actividad de los insectos se realiza bajo condiciones de sombra y calma, lo que sucede entre las 7 y 9 horas. La actividad se reduce durante las horas de mayor viento, lo que acontece aproximadamente entre las 11 y 15 horas (13, 27).

Soria (27) encontró una concentración de moscas Forcipomyia en grupos de árboles. Los lugares de concentración cambiaron durante el año. El mismo autor encontró dentro de las flores de cacao una cantidad muy elevada de especies de moscas no polinizadoras, entre las cuales algunas eran del género Forcipomyia, y las estimó en una proporción hasta de diez veces mayor que la cantidad de las especies polinizadoras.

Además de los insectos ya descritos, Hernández (8) encontró en Turrialba y La Lola que áfidos Aphis gossypii, hormigas Wasmania punctata y Solenopsis geminata y abejas Trigona jaty visitaban flores de cacao; sin embargo, determinó que la autopolinización que realizan estos insectos era sólo accidental e inadecuada, debido al reducido número de granos de polen que depositan sobre el estigma.

## 2.2 Métodos Conocidos de Polinización Artificial

El método de polinización artificial más conocido es la polinización de flores individuales. Fue ideado por Pound (18) en 1937 y consiste en remover pétalos, estambres y estamínoides y dejar libre el estigma de la flor receptora y frotarlo con las anteras de las flores donadoras de polen. Usando este método, Hurtado (10), en Tingo María, Perú, logró un incremento del 182 por ciento en número de frutos contados a los 5 meses de edad, en comparación con el testigo de polinización abierta, y Soria (22) en Turrialba, Costa Rica, obtuvo un incremento de cosecha del 263 por ciento sobre el tratamiento de polinización libre.

Otro método de polinización artificial es el denominado 'ordeño', ideado por Soria (22) en Turrialba, consistiendo en tomar las flores abiertas, presionar y arrancar suavemente pétalos y sépalos al deslizarlos hasta debajo del pistilo.

Otro método es el llamado 'escobillado' el cual fue propuesto por Soria y Cerdas (24) en Turrialba. Consiste en pasar suavemente una escobilla de sorgo sobre las flores abiertas de cacao. Los autores, trabajando con clones autocompatibles de la serie UF lograron un incremento de cosecha del 10% sobre el testigo. Utilizando este mismo método y cambiando la escobilla de sorgo por una de cabuya (Furcraea cabuya), Soria (27) obtuvo un incremento del 121 por ciento en el prendimiento de flores.

Por último, existe el método de 'nebulación', propuesto por Knoke y Saunders (12). Los autores observaron en Turrialba, que la aplicación de insecticidas con nebuladoras portátiles aumentaba el prendimiento de las flores de cacao. En un experimento de campo con el clon autocompatible 'UF 667' aplicando aire solo, lograron elevar el prendimiento de las flores en un 52 por ciento en comparación con el testigo; la velocidad de aplicación fue de 10 metros por segundo a una distancia de 2 metros. En 1970 Soria (27), en Turrialba, obtuvo un incremento del 550% en el prendimiento de las flores mediante nebulación con aire solo, aplicado a una velocidad de 20 metros por segundo y a una distancia de 1,5 metros.

### 2.3 Factores que Reducen el Efecto de la Polinización

El factor más importante que reduce el efecto de la polinización en cacao es el llamado 'cherelle wilt' o marchitamiento

prematureo de los frutos. El 'cherelle wilt' se inicia con la paralización del desarrollo de los frutos jóvenes: éstos se tornan amarillos y luego negros; posteriormente se momifican y se infectan por hongos. Aumenta después de las brotaciones foliares intensivas, lo que acontece en Costa Rica, aproximadamente en los meses de marzo y octubre (2); se manifiesta desde los pocos días después de la fecundación hasta las nueve a diez semanas después, con un máximo a las siete semanas (14).

La magnitud de los daños causados por el 'cherelle wilt' varía dentro de márgenes amplios de un árbol a otro y de un lugar a otro (19).

No son bien conocidos los detalles sobre el origen del 'cherelle wilt'. Alvim (1) propuso, que cualquier tratamiento que aumente la producción de frutos de cacao, también aumenta la producción de frutos que se marchitan prematuramente. Así, en los ensayos de polinización a mano, Soria (22) encontró correlación elevada ( $r=0,978$ ) entre incidencia de 'cherelle wilt' y elevada carga de frutos. Este fenómeno ha sido explicado por Nichols (16), asumiendo que cada árbol de cacao tiene un rendimiento potencial máximo, el cual depende de su vigor; éste a su vez, depende en particular, de la constitución genética del árbol, la eficiencia fotosintética del follaje y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo. En condiciones de alto prendimiento el 'cherelle wilt' reduce el número de mazorcas hasta dejar el número de frutos que el árbol puede mantener. Cuando el prendimiento es deficiente, el 'cherelle wilt' se produce en menor porcentaje, pero también

reduce los rendimientos (16).

Otra respuesta negativa de los árboles de cacao a la mayor producción inducida por la polinización artificial, es la modificación de las características de los frutos y las almendras. Soria (27) encontró un elevado porcentaje de mazorcas malformadas, reducción en el número de almendras por mazorca y reducción en el peso seco de las almendras (Índice de Semilla) en árboles polinizados por 'nebulación'.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación

El trabajo fue conducido en la finca experimental La Lola, localizada en la costa Atlántica de Costa Rica. El clima de esta área corresponde al de Bosque Húmedo Tropical, de la clasificación de Holdridge (9), con una temperatura media anual de 25 C y una precipitación anual de 3.501 mm (26).

Los suelos de la finca son de topografía plana y proceden de aluviones de la era Cuaternaria, en su mayoría derivados de materiales volcánicos.

#### 3.2 Clones

Se utilizaron dos clones:

'UF 221' autocompatible y

'UF 613' autoincompatible.

Se seleccionaron estos dos clones por su diferencia en reacción de compatibilidades y porque tienen curvas de floración similares. Es importante el uso de clones de diferente reacción de compatibilidades debido a que la eficiencia de los métodos de polinización dependerá en gran parte de esta característica.

Se utilizaron árboles clonales de un experimento de cultivos seleccionados para un ensayo de máximo rendimiento de los mejores clones e híbridos disponibles. Al momento de iniciar el experimento la plantación tenía 9 años de edad y un distanciamiento de siembra de 4 x 3 metros, con sombra permanente de árboles de 'poró' (Erythrina proppigiana), sembrados a un distanciamiento

de 16 x 16 metros.

### 3.3 Métodos de Polinización

Se compararon los cinco métodos de polinización siguientes:

- a. Polinización de flores individuales (I)
- b. Ordeño (O)
- c. Escobillado (E)
- d. Nebulación (N)
- e. Testigo - Polinización por insectos (T)

La polinización de flores individuales se hizo removiendo los estaminoides con la ayuda de una pinza, para dejar libre el pistilo, sobre el cual se frotaron las anteras de las flores donadoras de polen. Para la polinización de flores individuales del clon autocompatible 'UF 221' se usó polen de otros árboles del mismo clon; mientras que para la polinización de flores individuales del clon autoincompatible 'UF 613' se usó polen proveniente de árboles de otros clones compatibles con 'UF 613'.

El Ordeño se ejecutó arrancando los sépalos y los pétalos por suave presión hecha con los dedos, deslizándolos hasta debajo del pistilo.

El Escobillado se hizo pasando suavemente una escobilla de cabuya (Furcraea cabuya) sobre las flores abiertas de cacao. Para evitar transporte de polen de una planta a otra, el polen de cada árbol fue esterilizado introduciendo la escobilla en alcohol comercial después de la aplicación de cada planta.

La Nebulación se hizo aplicando aire a presión sobre las flores de cacao con una nebuladora de mochila. La velocidad de aplicación

del aire fue de 10 metros por segundo, desde una distancia de 2 metros. Lamentablemente al momento de iniciar el experimento no se tenía disponible la información sobre los mejores resultados de polinización obtenidos por Soria (27), quien aplicó el aire con la máxima velocidad de la nebuladora y a más corta distancia de aplicación.

Un día antes de la aplicación de los tratamientos, se eliminaron todos los frutos presentes en el área experimental de los árboles, la que comprendía el tallo y las ramas incluidas en una semi-esfera con centro en la base del tallo y con un radio de 1,5 metros.

#### 3.4 Períodos de Polinización

Los tratamientos fueron aplicados en dos períodos diferentes. El primero comprendido entre el 19 de agosto y el 11 de setiembre de 1971, y el segundo entre el 29 de octubre y el 21 de noviembre del mismo año. El segundo período fue necesario para compensar la fuerte incidencia de 'cherelle wilt' en el primer período, debido probablemente a la aparición de un estado de máxima brotación foliar. La aplicación de los tratamientos en cada período se hizo en 4 fechas diferentes y consecutivas, espaciadas en 8 días.

#### 3.5 Diseño Experimental

Se usó un diseño de bloques al azar con 2x5x2 parcelas divididas, colocándose los clones como las parcelas grandes, los métodos como parcelas medianas y los períodos de polinización como parcelas pequeñas. Cada parcela mediana estuvo integrada por tres

árboles, representando cada árbol una submuestra.

### 3.6 Recolección de Información

#### 3.6.1 Producción de frutos

Transcurridos 15 días después de la última aplicación de los tratamientos en cada período, se contaron los frutos formados por árbol, obtenidos por efecto de los tratamientos y por la polinización natural.

Durante el período de desarrollo de los frutos, se anotó cada 21 días el número de frutos muertos por 'cherelle wilt' y por ataques de Phytophthora palmivora.

La cosecha de los frutos del primer período de polinización se realizó cada ocho días entre el 22 de enero y el 26 de febrero de 1972, y se anotó el número de frutos cosechados, el número de semillas por fruto y el peso húmedo de semillas por fruto. El número de almendras por mazorca fue registrado con la finalidad de conocer si hubo efecto de los tratamientos sobre este carácter, y por otra parte sirvió para estimar el 'Índice de Semilla' o peso seco por almendra. Los frutos del segundo período de polinización solo fueron controlados hasta los 90 días de edad, estimándose que habían sobrevivido al 'cherelle wilt'; en esta forma, la información obtenida en este segundo período solo fue útil para estimar el número de frutos muertos por 'cherelle wilt', número de frutos muertos por Phytophthora palmivora y producción potencial.

### 3.6.2 Depósito de polen en el pistilo

Con la finalidad de determinar si los tratamientos permitían depositar directamente el polen sobre el pistilo o si favorecían la polinización entomófila se planeó un estudio en la colección de germoplasma de Turrialba. Se usó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas, colocándose clones como parcelas grandes y métodos de polinización como parcelas pequeñas. Cada parcela pequeña estuvo constituida por dos árboles. Las subparcelas correspondientes al método de 'nebulación' fueron aisladas de los tratamientos vecinos por una hilera borde. En este experimento se prescindió del método de polinización de flores individuales, por considerarse que el depósito de polen en este método está controlado por el operador en cada flor y por lo tanto debe ocurrir en un 100 por ciento de las flores tratadas.

Los tratamientos fueron aplicados a las 7 horas sobre todas las plantas, e inmediatamente después se tomó una muestra de 25 flores por cada subparcela, y se observó la presencia o ausencia de polen en el pistilo con la ayuda de una lupa de 1,5 aumentos. A las 16 horas del mismo día se muestrearon otras 25 flores de cada subparcela y se repitió la observación de la presencia o ausencia de granos de polen en el pistilo. Con esta segunda observación se pretendió conocer si hubo durante el día incremento en el porcentaje de flores polinizadas.

### 3.7 Análisis Estadísticos

Los análisis de la información de dos períodos se hicieron de acuerdo al siguiente modelo matemático (28):

$$Y_{ijklm} = a + b_i + c_j + e_{ij} + d_k + (bd)_{ik} + e_{ijk} + f_l + (bf)_{il} + (df)_{kl} + (bdf)_{ikl} + e_{ijkl} + g_{ijklm}, \text{ siendo}$$

$Y_{ijklm}$  = respuesta de cada árbol

$a$  = promedio general por árbol

$b_i$  = efecto de clones

$c_j$  = efecto de repeticiones

$e_{ij}$  = error (a) debido a la interacción de clones por repeticiones

$d_k$  = efecto de métodos

$(bd)_{ik}$  = interacción de clones por métodos

$e_{ijk}$  = error (b) debido a las interacciones de métodos por repeticiones y métodos por clones por repeticiones

$f_l$  = efecto de períodos

$(bf)_{il}$  = interacción de períodos por clones

$(df)_{kl}$  = interacción de períodos por clones

$(bdf)_{ikl}$  = interacción de períodos por métodos por clones

$e_{ijkl}$  = error (c) experimental debido a las interacciones de períodos por repeticiones, períodos por métodos por repeticiones y períodos por métodos por clones por repeticiones

$g_{ijklm}$  = error muestral

Para el análisis de un solo período, se ajustó al modelo matemático siguiente:

$$Y_{ijk} = a + b_i + c_j + e_{ij} + d_k + (bd)_{ik} + e_{ijk}, \text{ siendo}$$

$Y_{ijk}$  = respuesta de cada subparcela

$a$  = promedio general por subparcela

$b_i$  = efecto de clones

$c_j$  = efecto de repeticiones

$e_{ij}$  = error (a) debido a la interacción de clones por repeticiones

$d_k$  = efecto de métodos

$(bd)_{ik}$  = interacción de clones por métodos

$e_{ijk}$  = error (b) experimental debido a las interacciones de métodos por repeticiones y métodos por clones por repeticiones.

## 4. RESULTADOS

4.1 Número de Frutos Formados

En el Cuadro 1 se presenta la producción total en número de frutos, clasificada por clones, por métodos y por períodos.

Cuadro 1. Número total de frutos formados en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

Clones	Períodos	Métodos					Total por clones y períodos
		I	O	E	N	T	
'UF 613'	I	203	24	13	13	12	265
	II	241	64	67	81	71	524
Porcentaje		535	106	96	113	100	
'UF 221'	I	238	112	77	81	42	550
	II	159	159	187	208	151	864
Porcentaje		206	140	137	150	100	
Total	I	441	136	90	94	54	815
	II	400	223	254	289	222	1388
Porcentaje		305	130	125	139	100	

El análisis estadístico (Cuadro 15, Apéndice) mostró diferencias significativas entre clones, siendo el clon 'UF 221' superior al clon 'UF 613' y entre métodos de polinización, siendo la polinización de flores individuales superior a todos los otros y el Testigo, inferior al conjunto de los métodos artificiales. El segundo período fue significativamente superior al primero. Se detectó interacción significativa de clones por métodos y de períodos por métodos.

#### 4.2 Producción Potencial en Número de Mazorcas

La producción potencial se estimó con base en el número de frutos formados por árbol, substrayendo el número de frutos muertos por 'cherelle wilt'. El Cuadro 2 muestra la producción potencial expresada en número total de mazorcas, por clones, por métodos y por períodos de polinización, así como también el porcentaje en relación al Testigo.

Cuadro 2. Producción potencial en número de mazorcas obtenida de 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

Clones	Períodos	Métodos					Total por clones y períodos
		I	O	E	N	T	
'UF 613'	I	95	18	6	8	10	137
	II	111	45	53	55	55	319
Porcentaje		317	97	91	97	100	
'UF 221'	I	151	77	68	65	33	394
	II	59	101	94	125	81	460
Porcentaje		184	156	142	167	100	
Total	I	246	95	74	73	43	531
	II	170	146	147	180	136	779
Porcentaje		232	135	123	141	100	

El análisis estadístico (Cuadro 16, Apéndice) mostró diferencias significativas: entre clones, siendo el 'UF 221' superior al 'UF 613'; entre métodos, siendo el conjunto de los métodos artificiales superior al Testigo y la polinización de flores individuales superior a los otros métodos artificiales; entre períodos, siendo el segundo superior al primero. Existe efecto significativo de interacción de métodos por períodos.

#### 4.3 Producción Final de Frutos Maduros

La producción real fue estimada con los frutos procedentes del primer período. En el Cuadro 3 se presenta el número de frutos cosechados por clones y por métodos de polinización.

Cuadro 3. Producción real en número de mazorcas obtenida de 2 clones y 5 métodos de polinización

Clones	Métodos					Total por clones
	I	O	E	N	T	
'UF 613'	78	11	6	6	9	110
Porcentaje	867	122	67	67	100	
'UF 221'	65	44	33	28	15	185
Porcentaje	433	293	220	183	100	
Total	143	55	39	34	24	295
Porcentaje	596	229	162	142	100	

Al analizar esta información (Cuadro 17, Apéndice) se encontró diferencias significativas entre métodos de polinización artificial y el Testigo de polinización libre y la polinización de flores individuales como superior a los otros métodos artificiales.

#### 4.4 Producción Potencial en Cacao Seco

La producción potencial en cacao seco se obtuvo transformando el número potencial de mazorcas del Cuadro 2 a peso seco en kilogramos por medio del peso seco promedio por mazorca obtenido en el primer período para cada subparcela. El peso de cacao seco fue estimado multiplicando el peso húmedo de las almendras por 0,35.

Este coeficiente es usado en los trabajos de mejoramiento de cacao y representa la relación entre el peso seco de las almendras al término del beneficio y el peso húmedo de las mismas antes del inicio del beneficio (23). Las almendras secas de cacao tienen un porcentaje de humedad de alrededor de 8%.

Cuadro 4. Producción potencial de cacao seco en kilogramos obtenida de 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

Clones	Períodos	Métodos					Total por clones y períodos
		I	O	E	N	T	
'UF 613'	I	6,764	1,424	0,423	0,539	0,782	9,932
	II	8,034	3,640	3,743	3,732	4,442	23,591
kg/ha		822	281	231	240	290	
Porcentaje		283	97	80	82	100	
'UF 221'	I	10,348	5,905	5,246	5,325	2,524	29,348
	II	4,130	7,750	7,305	10,571	6,027	35,383
kg/ha		804	759	697	883	475	
Porcentaje		169	160	147	186	100	
Total	I	17,112	7,329	5,669	5,864	3,306	39,280
	II	12,164	11,390	11,048	14,303	10,469	59,374
kg/ha		813	520	464	560	383	
Porcentaje		213	136	121	148	100	

El análisis estadístico (Cuadro 18, Apéndice) arrojó diferencias significativas entre clones, 'UF 221' sobre 'UF 613', el conjunto de métodos artificiales de polinización sobre el Testigo, la polinización de flores individuales sobre los otros métodos de polinización artificial, entre períodos e interacción de métodos por clones y períodos por métodos.

#### 4.5 Producción Real en Cacao Seco

La producción real en cacao seco, procedente del primer período, se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5, Producción real de cacao seco en kilogramos obtenida de 2 clones y 5 métodos de polinización

Clones	Métodos					Total por clones
	I	O	E	N	T	
"UF 613"	5,593	0,861	0,423	0,426	0,703	8,007
kg/ha	311	48	23	24	39	
Porcentaje	795	123	60	61	100	
"UF 221"	4,574	3,419	2,516	2,303	1,130	13,944
kg/ha	254	190	140	128	63	
Porcentaje	405	303	223	204	100	
Total	10,167	4,280	2,940	2,729	1,834	21,951
kg/ha	282	119	82	76	51	
Porcentaje	555	234	166	149	100	

El análisis estadístico (Cuadro 19, Apéndice) detectó diferencias significativas entre el conjunto de métodos artificiales de polinización y el Testigo, entre la polinización de flores individuales y los otros métodos artificiales; y efecto de interacción de métodos por clones.

#### 4.6 Mazorcas Muertas por 'Cherelle Wilt'

Los resultados de las mazorcas muertas por 'cherelle wilt' se muestran en el Cuadro 6.

Se encontraron diferencias significativas entre el conjunto de métodos artificiales de polinización y el Testigo, entre la polinización de flores individuales y los otros métodos artificiales

Cuadro 6. Número de mazorcas muertas por 'cherelle wilt' en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

Clones	Períodos	Métodos					Total por clones
		I	O	E	N	T	
'UF 613'	I	108	6	7	5	2	128
	II	130	19	14	26	16	205
Porcentaje del número de frutos formados		54	28	26	33	22	
'UF 221'	I	87	35	9	16	9	156
	II	100	58	93	83	70	404
Porcentaje del número de frutos formados		47	34	39	34	41	
Total	I	195	41	16	21	11	284
	II	230	77	107	109	86	609
Porcentaje del número de frutos formados		51	33	36	34	35	

y entre períodos. También se encontró efecto de interacción de períodos por clones (Cuadro 20, Apéndice).

#### 4.7 Mazorcas Muertas por *Phytophthora palmivora*

En el Cuadro 7 se presenta la información sobre el número de frutos atacados por *Phytophthora palmivora*.

El análisis estadístico (Cuadro 21, Apéndice) arrojó diferencias significativas entre clones y entre períodos. El clon 'UF 221' fue significativamente más atacado en los dos períodos que el clon 'UF 613'.

Cuadro 7. Número de mazorcas muertas por Phytophthora palmivora en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

Clones	Períodos	Métodos					Total por clones
		I	O	E	N	T	
'UF 613'	I	16	7	0	2	1	26
	II	80	23	42	33	30	208
'UF 221'	I	85	33	35	36	18	207
	II	37	59	81	101	61	339
Total	I	101	40	35	38	19	233
	II	117	82	123	134	91	547

#### 4.8 Número de Almendras por Mazorca

En el Cuadro 8 se presenta el número promedio de almendras por mazorca.

Cuadro 8. Número promedio de almendras por mazorca en 2 clones y 5 métodos de polinización

Clones	Métodos					Promedio
	I	O	E	N	T	
'UF 613'	40,3	37,2	35,0	37,5	42,1	39,7
'UF 221'	39,3	40,4	39,4	39,0	37,9	39,4
Promedio	39,9	39,7	38,7	38,8	39,5	39,5

El análisis de la variancia (Cuadro 22, Apéndice) no mostró diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variación, indicando que no hubo influencia de los métodos de polinización y de los períodos en este carácter.

#### 4.9 Indice de Semilla

Los resultados obtenidos están resumidos en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Índice de semilla promedio obtenido en 2 clones y 5 métodos de polinización

Clones	Métodos					Promedio
	I	O	E	N	T	
'UF 613'	1,78	2,11	2,02	1,89	1,86	1,83
'UF 221'	1,79	1,93	1,94	2,11	1,99	1,91
Promedio	1,78	1,96	1,95	2,07	1,94	1,88

Se encontraron diferencias significativas entre la polinización de flores individuales y los otros métodos, incluyendo el Testigo. Las semillas obtenidas por el método de flores individuales fueron más pequeñas. También hubo efecto de interacción de clones por métodos de polinización (Cuadro 23, Apéndice).

#### 4.10 Peso de Cacao Seco por Mazorca

En el Cuadro 10 se presenta la información sobre peso seco promedio de semillas por mazorca, por clones y por métodos de polinización.

Cuadro 10. Peso promedio de cacao seco por mazorca en gramos obtenido de 2 clones y 5 métodos de polinización

Clones	Métodos					Promedio
	I	O	E	N	T	
'UF 613'	71,7	78,3	70,9	71,0	78,2	72,8
'UF 221'	70,5	77,7	76,3	82,2	75,4	75,4
Promedio	71,1	77,8	73,3	80,3	76,4	74,4

No se detectaron efectos diferenciales en ninguna de las fuentes de variación analizadas (Cuadro 24, Apéndice).

#### 4.11 Depósito de Polen Sobre el Pistilo

En el Cuadro 11 se ofrece la información sobre el número de flores polinizadas inmediatamente en la muestra tomada en los tratamientos aplicados en la mañana.

Cuadro 11. Porcentaje de flores polinizadas inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos en 2 clones y 4 métodos de polinización

Clones	Métodos				Promedio
	O	E	N	T	
'UF 613'	24	45	21	13	26
'UF 221'	24	43	27	13	27
Promedio	24	44	24	13	26

Los análisis estadísticos (Cuadro 25, Apéndice) arrojaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el oscobillado superior a los demás y el ordeño y la nebulación superiores al testigo.

En el Cuadro 12 se presenta el incremento teórico de polinización habido durante el día, obtenido mediante la diferencia entre los contajes de la tarde y el de la mañana.

El análisis estadístico (Cuadro 26, Apéndice) arrojó diferencias significativas entre tratamientos y en la interacción de clones por métodos de polinización, lo que indica que el comportamiento de los métodos fue diferente de acuerdo al clon.

Cuadro 12. Incremento del porcentaje de flores polinizadas ocurrido durante el día en 2 clones y 4 métodos de polinización

Clones	Métodos				Promedio
	O	E	N	T	
'UF 613'	11	-19	11	- 3	0
'UF 221'	13	7	- 3	- 1	4
Promedio	12	- 6	4	- 2	2

#### 4.12 Estudio Económico

En el Cuadro 13 se muestran los costos potenciales de la polinización artificial en comparación con el Testigo.

Este Cuadro 13 comprende tres secciones. Una primera sección de mayores ingresos obtenidos por clon y por método de polinización. Para este cálculo, se estimó para cada caso el aumento sobre el Testigo en rendimiento potencial expresado en kilogramos de cacao seco por hectárea, tomado del Cuadro 4. El valor resultante fue multiplicado por el precio promedio de cacao seco en Costa Rica que en la fecha del estudio fue de 2,72 colones el kilogramo (¢1,25 la libra).

La segunda sección está constituida por los mayores egresos derivados de la polinización artificial. Estos mayores egresos corresponden al valor de la mano de obra empleada para la aplicación de los tratamientos de polinización y al mayor costo de cosecha, recolección y quiebra, ocasionado por la mayor producción. Para calcular el valor de la mano de obra empleada se transformó el tiempo empleado en los 15 árboles de cada combinación de clones

Cuadro 13. Estudio económico de 4 métodos de polinización artificial en 2 clones en relación a la producción potencial

Métodos	Clones	INGRESOS			EGRESOS			Utilidad potencial sobre el Testigo	
		Mayor rendimiento sobre el testigo	Incremento de ingreso sobre el testigo	kg/ha cacao seco	Polinización	Incremento de egreso por cosecha, recolección y quiebra en relación al Testigo	Incremento de egreso por cosecha, recolección y quiebra en relación al Testigo		
			¢		horas días	Testigo ¢	al Testigo ¢	¢/ha	
I	'UF 613'	532	1.447,04		16,667	115,750	1.759,40	350,06	- 662,42
	'UF 221'	329	894,88		13,333	92,625	1.407,90	216,48	- 729,50
O	'UF 613'	- 9	- 24,48		1,333	9,375	142,50	- 5,90	- 161,06
	'UF 221'	284	772,48		1,333	9,375	142,50	186,87	443,11
E	'UF 613'	- 59	- 160,48		0,778	5,375	81,70	- 38,82	- 203,36
	'UF 221'	222	603,84		0,778	5,375	81,70	146,08	376,06
N	'UF 613'	- 50	- 136,00		0,333	2,375	36,10	- 32,90	- 139,20
	'UF 221'	408	1.109,76		0,333	2,375	36,10	268,46	805,20

por métodos a 833 árboles que representa una hectárea en el distanciamiento de la plantación experimental. El valor obtenido en días de trabajo fue multiplicado por 15,20 colones que es el valor mínimo para jornales de ocho horas de trabajo en cacao, fijado por el Gobierno de Costa Rica.

La estimación del mayor costo por hectárea de cosecha, recolección y quiebra se hizo partiendo de la mayor producción potencial de los métodos de polinización artificial y de los clones sobre el Testigo. Esta información fue convertida a número de jornadas de trabajo empleados, tomando en cuenta la tarea usual en La Lola que es de 66 kilogramos aproximadamente de almendras húmedas, lo que representa 23,1 kilogramos de cacao seco. La cifra resultante fue multiplicada por 15,20 colones que es el valor mínimo de jornales para cacao en Costa Rica.

La tercera sección corresponde a la utilidad potencial que es la diferencia entre los mayores ingresos y los mayores egresos.

Los valores monetarios están expresados en colones moneda oficial de Costa Rica, cuyo cambio al dólar US es US\$1 = ₡8,57.

Al analizar el Cuadro 13 se observa que la polinización de flores individuales resultó ser un método antieconómico. Los otros métodos artificiales rindieron utilidad cuando fueron aplicados al clon autocompatible 'UF 221'. De estos tres métodos la 'nebulación' rindió la mayor utilidad, siguiéndole el 'ordeño' y por último el 'escobillado'.

En el Cuadro 14 se muestra el estudio económico de la polinización artificial en comparación con el Testigo, efectuado sobre

Cuadro 14. Estudio económico de 4 métodos de polinización artificial en 2 clones en relación a la producción real

Métodos	Clones	INGRESOS			EGRESOS				Utilidad real sobre el Testigo
		Mayor rendimiento sobre el testigo	Incremento de ingreso sobre el testigo	Incremento de ingreso sobre el testigo	Polinización	Incremento de egreso por cosechas, recolección y quiebra en relación al testigo	Incremento de egreso por cosechas, recolección y quiebra en relación al testigo	Incremento de egreso por cosechas, recolección y quiebra en relación al testigo	
		kg/ha cacao seco	¢	¢	Tiempo total empleado en 15 árboles ha en horas días	Incremento de egreso por polinización en relación al testigo	Incremento de egreso por cosechas, recolección y quiebra en relación al testigo	Incremento de egreso por cosechas, recolección y quiebra en relación al testigo	¢/ha
I	'UF 613'	272	739,84	8,333	57,875	879,70	178,08	-	318,84
	'UF 221'	191	519,52	6,667	46,250	703,95	125,68	-	310,11
O	'UF 613'	0	24,48	0,667	4,625	71,25	5,92	-	52,80
	'UF 221'	127	345,44	0,667	4,625	71,25	83,57	-	190,62
E	'UF 613'	- 16	- 43,52	0,389	2,625	40,85	-10,53	-	73,84
	'UF 221'	77	209,44	0,389	2,625	40,85	50,67	-	117,92
N	'UF 613'	- 15	- 40,80	0,167	1,125	18,05	- 9,87	-	48,98
	'UF 221'	65	176,80	0,167	1,125	18,05	42,77	-	115,98

los resultados reales. Para este cálculo se utilizó la producción real en kilogramos de cacao seco (Cuadro 5) y los costos reales de operación habidos en el primer período. La metodología usada fue la misma que para el estudio económico potencial de la polinización artificial.

Los resultados del Cuadro 14 mostraron que la polinización de flores individuales es antieconómica; y que los otros métodos de polinización artificial rindieron utilidad cuando fueron aplicados al clon autocompatible 'UF 221'. De estos tres métodos, el 'córdeno' rindió la mayor utilidad, luego el 'escobillada' y por último la 'nebulación'. Por otro lado, los tres métodos produjeron pérdida cuando fueron aplicados al clon autoincompatible 'UF 613'.

## 5. DISCUSION

Los resultados del presente estudio indican que es posible aumentar considerablemente el rendimiento de cacao mediante cualquiera de los 4 métodos de polinización artificial. También se encontró que la eficiencia de los métodos para elevar el rendimiento dependía de las reacciones de incompatibilidades de los clones. Por ejemplo, en el clon 'UF 221' que es autocompatible, todos los métodos de polinización artificial fueron altamente eficientes, mientras que en el clon 'UF 613' que es autoincompatible solamente el método clásico de polinización de flores individuales fue eficiente. Esto indica que los nuevos métodos de polinización artificial (ordeño, escobillado, y nebulación) sólo se podrían recomendar para cultivares autocompatibles.

Entre los métodos de polinización artificial, el más eficiente incrementando el rendimiento fue la polinización de flores individuales, siguiéndole en orden de importancia la 'nebulación' de aire, el 'ordeño' y el 'escobillado' respectivamente. La eficiencia del primer método se debe a la suficiente cantidad de polen colocada intencionalmente en el pistilo de las flores por el operador; mientras que en los otros métodos, la aplicación del polen es en forma indirecta y masal, sin concentrarse esfuerzos en flores individuales. Sin embargo, el estudio económico mostró que el método clásico manual pese a su alta eficiencia (455 por ciento), no es recomendable por su alto costo, mientras que los otros métodos son económicamente más recomendables, siendo en su orden de importancia el de 'nebulación', 'ordeño' y 'escobillado'.

Combinando la eficiencia de polinización y los costos, entre los métodos artificiales, excluyendo el de flores individuales, se observa que el método de 'nebulación' es el mejor entre todos, lo que confirma el informe de Soria (27). Este autor obtuvo incluso, mayor eficiencia para elevar los rendimientos que en el caso actual, aumentando dos veces la velocidad del aire en el proceso de 'nebulación', cuando comparó este método a dos velocidades diferentes, con la 'nebulación' de aire y agua y el 'escobillado'.

Los métodos de 'ordeño' y 'escobillado' resultaron también eficientes, dando aumentos de producción alrededor de cuatro veces la polinización natural, lo que concuerda con los informes de Soria (22).

En el estudio se evaluó la influencia de la polinización en varios caracteres que tienen relación con la producción. Se consideró que la eficiencia de los métodos podría medirse en cantidad de prendimiento producido por los métodos, menos las pérdidas causadas por el 'cherelle wilt'. Esta diferencia, por ser el 'cherelle wilt' un factor incontrolable por ahora, daría la producción potencial en número de mazorcas de cacao que se podría obtener si se evitaran pérdidas por otros factores susceptibles de control. Entre éstos el más importante es la pudrición negra, causada por Phytophthora. Sin embargo, se consideró que el dato más válido es la producción real y con base en ésta se han sacado todas las conclusiones.

Cabe también anotar, que tanto la producción real como la potencial en número de frutos y en peso seco, dieron resultados muy similares, lo cual indicaría que las pérdidas por pudrición negra afectaron en igual nivel en todos los métodos. El análisis de los datos de Phytophthora en donde no aparecieron diferencias significativas para métodos, reafirma la presunción anterior. Se detectó únicamente diferencias entre clones, siendo el clon 'UF 221' más susceptible que el 'UF 613' considerado resistente (25).

En relación a la influencia de los métodos de polinización sobre el número de almendras por mazorca, cuyos análisis no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos, estos resultados, difirieron de los informados por Soria y Cerdas (24) y Soria (27), quienes indicaron que los frutos provenientes de polinización por 'escobillado' tenían menor número de semillas que el testigo, debido posiblemente al menor número de granos de polen que fecundan los ovarios.

Los métodos de polinización afectaron el peso individual de las semillas (Índice de Semilla), reduciendo significativamente en la polinización de flores individuales, mientras que no se detectaron diferencias entre los métodos restantes y el testigo. Esto podría deberse a la mayor carga de frutos que tuvieron que soportar los árboles polinizados por flores individuales.

Los resultados, aunque no se consideran definitivos, muestran que se aumenta el depósito de polen por acción mecánica de los tratamientos. Tanto en el método de 'escobillado' como en

el de 'ordeño', el depósito de polen se realiza juntamente con el desgaje de los pétalos provocando movimiento y arrastre de polen en el proceso. En el caso de la 'nebulación', por efecto de la presión de aire, aparentemente los pétalos se abren y liberan la salida del polen con la corriente de aire, ocasionando polinización.

La lectura de flores con polen depositado en el pistilo en la tarde del mismo día pretendió obtener una suma de las resultantes del tratamiento inicial de la mañana y un posible aumento de polinización por insectos, favorecido por la descubierta de los órganos florales en las flores tratadas y una mayor visita de insectos. Esta lectura mostró que no hubo ningún incremento de polinización por esta causa; por el contrario hubo una reducción de flores con polen depositado en los tratamientos por 'escobillado' y 'nebulación' y posiblemente ésto se debió a que estos dos tratamientos causan mayores daños traumáticos en las flores, que provocarían pérdidas o caída de flores inicialmente polinizadas.

Los resultados de este trabajo y los de Soria (22) muestran que si bien es cierto que el número de frutos afectados por 'cherelle wilt' es mayor en los tratamientos que inducen mayor polinización, sin embargo, no limita el aumento de la producción final ocasionado por efecto de los tratamientos de polinización como lo suponían Alvim (1) y Nichols (16). Por lo tanto el fenómeno de 'cherelle wilt' en cacao no es comparable con la caída fisiológica prematura de frutos, en frutales de clima templado

como: peral, manzano, etc.

Los resultados de este experimento muestran que la producción de cacao en las condiciones del área Atlántica de Costa Rica bajo polinización natural es baja, en gran parte debido a deficiencia de polinización natural por insectos, lo que confirma los resultados de Soria (22), Soria (27) y Hernández (8).

## 6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se han derivado las siguientes conclusiones:

1. Es posible elevar la producción de cacao bajo las condiciones de la zona Atlántica de Costa Rica con prácticas de polinización artificial.
2. De los métodos de polinización artificial estudiados, la polinización de flores individuales dió lugar a las producciones más elevadas. Sin embargo, su aplicación no resulta económica porque emplea exagerado número de jornales.
3. Los métodos de polinización por 'ordeño', 'escobillado' y 'nebulación' no tuvieron ningún efecto sobre el clon 'UF 613' autoincompatible, pero elevaron la producción y rindieron utilidad cuando fueron aplicados sobre el clon autocompatible 'UF 221'.

## 7. RESUMEN

La polinización natural en cacao es muy baja; como consecuencia, solo una proporción muy reducida de flores llegan a frutos. Diversos autores han propuesto métodos de polinización masiva, pero hasta la fecha no se había hecho una evaluación comparativa entre esos métodos y los actuales. En el presente trabajo se compararon dos clones, uno autocompatible y otro autoincompatible, 5 métodos de polinización artificial, haciéndose las aplicaciones en dos períodos diferentes. Los métodos de polinización artificial fueron: polinización de flores individuales, 'ordeño', 'escobillado', 'nebulación' y testigo. El experimento fue conducido en la finca de cacao La Lola, adoptándose un diseño de 5 bloques al azar con parcelas divididas en tiempo y espacio.

De los métodos aplicados, la polinización de flores individuales fue la más eficiente para elevar los rendimientos. Los métodos de 'ordeño', 'escobillado', y 'nebulación' sólo elevaron los rendimientos cuando fueron aplicados sobre el clon autocompatible 'UF 221'.

La polinización artificial sólo resultó rentable cuando se aplicaron los métodos de 'ordeño', 'escobillado' y 'nebulación' sobre el clon autocompatible.

Las mayores cargas de frutos causadas por la aplicación de los tratamientos elevaron el porcentaje de frutos muertos por 'cherelle wilt' y rebajaron el índice de semilla.

## 7a. SUMMARY

Natural pollination in cocoa is very low; therefore only a small percent of the flowers develop into fruits. Many investigators have proposed methods of artificial pollination, but comparisons between methods have not been made. In this study two clones, one self compatible and the other self incompatible were compared, using five methods of artificial pollination, applied during two different periods. The methods of pollination were: individual pollination of flowers, milking, brushing, mistblowing and control. The experiment was conducted in La Lola Cocoa Farm in the Atlantic Coast of Costa Rica, using a split plot design and five replications.

Individual pollination of flowers was the most efficient method for increasing yields. Milking, brushing and mistblowing only increased yields when they were applied to self compatible clone 'UF 221'.

Artificial pollination was profitable only in milking, brushing and mistblowing methods when applied to the self compatible clone.

The increased production of fruits originated by artificial pollination increased the percentage of fruits damaged by 'cherelle wilt' and reduced the 'Seed Index'.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. de T. Causas do peço dos frutos juvenes de cacauero. *Cacau Atualidades (Brasil)* 3(3):2-3. 1966.
2. \_\_\_\_\_. Some studies on cherelle wilt of cacao. *Turrialba* 4:72-78. 1954.
3. ASHIRU, G. A. Cherelle wilt in cacao (Theobroma cacao L.): a review of current literature. *Cacao (Costa Rica)* 14(2):5-7. 1965.
4. BILLES, D. J. Pollination of Theobroma cacao L. in Trinidad, B.W.I. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 18(8):151-156. 1941.
5. ENRIQUEZ, G. y SORIA, J. Catálogo de cultivares de cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1967. 539 p.
6. ENTWISTLE, H. Cacao pollination. *In* Cacao Breeding Conference, 1956. Tafo, Ghana, 1957. pp. 19-20.
7. GONZALEZ, C. A. Contribución a la polinización artificial en el cacao. *Cacao en Colombia* 3:167-182. 1954.
8. HERNANDEZ, J. Insect pollination of cacao (Theobroma cacao L.) in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Madison, University of Wisconsin, 1965. 167 p.
9. HOLDRIDGE, L. R. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. 1965. 3 p.
10. HURTADO, A. Efectos de la polinización controlada sobre la producción de cacao. Tingo María, Perú, Estación Experimental Agrícola, Boletín no. 14. 1960. 51 p.
11. KNAAP, W. P. VAN DER. Observations on the pollination of cacao flowers. *In* International Horticultural Congress, 14th. London, 1955. Report. London, Royal Horticultural Society, 1955. v.2, pp. 1287-1293.
12. KNOKE, J. y SAUNDERS, J. Induced fruit set of Theobroma cacao by mistblower applications of insecticides. *Journal of Economic Entomology* 59:1427-1430. 1966.
13. LESTON, D. Entomology of the cacao farm. *Annual Review of Entomology* 15:273-294. 1970.
14. MAC KELVIE, A. D. Cherelle wilt of cacao. I. Pod development and its relation to wilt. *Journal of Experimental Botany* 7:252-263. 1966.

15. MALDONADO, E. Investigación sobre nuevos métodos de polinización artificial en cacao. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central, 1961. 50 p.
16. NICHOLS, R. Cherelle (fruit) wilt of cacao. Cocoa Grower's Bulletin no. 14:10-13. 1956.
17. POSNETTE, A. Pollination of cacao in Trinidad. Tropical Agriculture (Trinidad) 21(6):115-118. 1944.
18. POUND, F. J. A note on a method of controlled pollination of cacao. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Annual Report on Cacao Research 4:15-16. 1935.
19. REYES, H., REYES, L. C. y ARMAS, P. Observaciones sobre el marchitamiento de los chireles de cacao. Agronomía Tropical (Venezuela) 19(1):19-28. 1969.
20. SMITH, A. Pollination of cacao in Costa Rica. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 43 p.
21. SOETARDI, R. G. De betekenis van insecten bij de bestuiving van Theobroma cacao L. Archief voor de Koffiecultuur in Indonesië 17(1):1-31. 1950.
22. SORIA, J. A preliminary report on experiments of hand pollination and fertilization in cacao. In International Cocoa Research Conference, ed., ACCRA, Ghana, 1969. Papers presented (mimeografiado)
23. \_\_\_\_\_. Individual selection in cacao by indices. In Institut Français du Café et du Cacao. Conference International sur les Recherches Agronomiques Cacaoyeres, Abidjan, Nov. 15-20, 1965. pp. 237-240.
24. \_\_\_\_\_ y CERDAS, M. Polinizaciones por movimiento de flores con escobilla de sorgo. Cacao (Costa Rica) 11(3):8-9. 1966.
25. \_\_\_\_\_ y ESQUIVEL, O. Niveles de infección de Phytophthora palmivora sobre cultivares de cacao en condiciones de campo. Fitotecnia Latinoamericana 3(1-2):119-124. 1966.
26. \_\_\_\_\_ et al. Finca La Lola. Cacao (Costa Rica) 14(1):1-42. 1969.
27. SORIA, S. de J. Studies on Forcipomyia spp midges (diptera, Ceratopogonidae) related to the pollination of Theobroma cacao L. Ph.D. Thesis. Madison, University of Wisconsin, 1970. 129 p.
28. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. Mc.Graw, New York, 1960. 481 p.

APENDICE

Cuadro 15. Análisis de variancia del número de frutos formados en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

F. V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	154,43835 +
Clones (C)	1	1302,08349 +
Error (a) RC	4	111,89167
Métodos (M)	4	861,33838 +
T vs otros	1	564,4408 +
I vs O+E+N	1	2268,0100 +
O+E vs N	1	11,0250 ns
O vs E	1	0,9375 ns
MC	4	173,14169 +
Error (b)	32	40,7129
Períodos (P)	1	1094,43017 +
PC	1	10,08333 ns
PM	4	153,03836 +
PMC	4	92,70834 +
Error (c) experimental	40	44,8832
Error muestral	<u>200</u>	32,20829
 Total	 299	

Cuadro 16. Análisis de variancia de la producción potencial en número de mazorcas en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	16,12833 ns
Clones (C)	1	530,67004 +
Error (a)	4	24,94500
Métodos (M)	4	133,66163 +
T vs otros	1	120,074 +
I vs O+E+N	1	403,502 +
O+E vs N	1	7,803 ns
O vs E	1	3,267 ns
MC	4	46,77833 ns
Error (b)	32	22,66791
Períodos	1	206,67001 +
PC	1	44,08333 ns
PM	4	91,77833 +
PMC	4	41,97500 ns
Error Experimental	40	17,71881
Error muestral	<u>200</u>	16,90988
 Total	 299	

Cuadro 17. Análisis de variancia de la producción real en número de mazorcas en 2 clones y 5 métodos de polinización

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	12,25 ns
Clones (C)	1	112,50 +
RC Error (a)	4	24,85
Métodos (M)	4	233,05 +
T vs otros	1	153,125 +
I vs O+E+N	1	755,003 +
O_E vs N	1	11,267 ns
O vs E	1	12,800 ns
MC	4	34,05 ns
Error experimental	<u>32</u>	12,756
Total	49	

Cuadro 18. Análisis de variancia de la producción potencial en kilogramos de cacao seco en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	0,03479 ns
Clones (C)	1	3,37016 +
RC Error (a)	4	0,07605
Métodos (M)	4	0,56030 +
T vs otros	1	0,73899 +
I vs O+E+N	1	1,39604 +
O+E vs N	1	0,06661 ns
O vs E	1	0,03340 ns
MC	4	0,38570 +
Error (b)	32	0,13171
Períodos (P)	1	1,32069 +
PC	1	0,17787 ns
PM	4	0,45662 +
PMC	4	0,21331 ns
Error experimental	40	0,09755
Error muestral	<u>200</u>	0,09355
Total	299	

Cuadro 19. Análisis de variancia de la producción real en kilogramos de cacao seco en 2 clones y 5 métodos de polinización

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	0,07735 ns
Clones (C)	1	0,70282 ns
Error (a) RC	4	0,09759
Métodos (M)	4	1,11905 +
T vs otros	1	0,81792 +
I vs O+E+N	1	3,51782 +
O+E vs N	1	0,05069 ns
O vs E	1	0,08978 ns
MC	4	0,21501 +
Error experimental	<u>32</u>	0,06316
Total	49	

Cuadro 20. Análisis de variancia del número de mazorcas muertas por 'cherelle wilt' en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	79,01333 ns
Clones (C)	1	187,23001 +
Error (a)	4	27,78000
Métodos (M)	4	339,61504 +
T vs otros	1	145,603 +
I vs O+E+N	1	1211,605 +
O+E vs N	1	1,003 ns
O vs E	1	0,104 ns
MC	4	41,57167 ns
Error (b)	32	18,00083
Períodos (P)	1	374,08337 +
PC	1	109,20333 +
PM	4	10,52500 ns
PMC	4	15,84500 ns
Error (c) experimental	40	23,80999
Error muestral	<u>200</u>	
Total	299	

Cuadro 21. Análisis de variancia del número de mazorcas muertas por Phytophthora palmivora en 2 clones, 5 métodos de polinización y 2 períodos

F.V.	G.L.	C M.
Repeticiones (R)	4	17,42500 ns
Clones (C)	1	324,48004 +
Error (a)	4	16,83833
Métodos (M)	4	30,73333 ns
MC	4	13,48000 ns
Error (b)	32	14,59208
Períodos (P)	1	328,65338 +
PC	1	8,33333 ns
PM	4	18,52000 ns
PMC	4	56,30000 +
Error Experimental	40	12,64333
Error muestral	<u>200</u>	
Total	299	

Cuadro 22. Análisis de variancia del número promedio de almen-  
dras por mazorca en 2 clones y 5 métodos de polini-  
zación

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	3,67521 ns
Clones (C)	1	5,55774 ns
Error (a)	4	25,99077
Métodos (M)	4	21,46670 ns
CM	4	29,08539 ns
Error experimental	<u>32</u>	22,07790
Total	49	

Cuadro 23. Análisis de variancia del Índice de Semilla promedio en 2 clones y 5 métodos de polinización

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	0,09149 +
Clones (C)	1	0,00561 ns
Error (a)	4	0,00961
Métodos (M)	4	0,11291 +
T vs otros	1	0,0000045 ns
I vs O+E+N	1	0,4501875 +
O_E vs N	1	0,000015 ns
O vs E	1	0,001445 ns
MC	4	0,05318 +
Error Experimental	<u>32</u>	0,00286675
Total	49	

Cuadro 24. Análisis de variancia del peso promedio de cacao seco por mazorca en 2 clones y 5 métodos de polinización

F.V	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	4	128,16475 ns
Clones (C)	1	34,120 ns
Error (a)	4	119,72075
Métodos (M)	4	122,90575 ns
CM	4	110,60175 ns
Error Experimental	<u>32</u>	101,98719
Total	49	

Cuadro 25. Análisis de variancia del porcentaje de flores polinizadas inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos en 2 clones y métodos de polinización

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	2	1,5415 ns
Clones (C)	1	0,0000 ns
Error (a)	2	16,875
Métodos (M)	3	67,556 +
T vs otros	1	38,889 +
O+E vs N	1	28,444 +
O vs E	1	85,337 +
MC	3	2,667 ns
Error experimental	<u>12</u>	2,042
Total	23	

Cuadro 26. Análisis de variación del incremento del porcentaje de flores polinizadas ocurrido durante el día en 2 clones y 4 métodos de polinización

F.V.	G.L.	C.M.
Repeticiones (R)	2	14,302 ns
Clones (C)	1	8,167 ns
Error (a)	2	8,0315
Métodos (M)	3	19,833 +
T vs otros	1	6,722 ns
O+E vs N	1	0,694 ns
O vs E	1	52,083 +
MC	3	23,833 +
Error experimental	<u>12</u>	3,333
Total	23	