

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
FACULTAD DE AGRONOMÍA.  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE SEIS CLONES DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ,  
SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPÉQUEZ

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

PCR

MARIO OSBERTO ENRÍQUEZ DE LEÓN.  
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

Guatemala. octubre de 1,999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR  
ING. AGR. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

VOCAL PRIMERO

VOCAL SEGUNDO

VOCAL TERCERO

VOCAL CUARTO

VOCAL QUINTO

SECRETARIO

ING. AGR. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA

ING. AGR. WALTER ESTUARDO GARCÍA TELLO

ING. AGR. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LÓPEZ

ING. AGR. ALEJANDRO ARNOLDO HERNÁNDEZ FIGUEROA

Prof. JACOBO BOLVITO RAMOS

Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO

ING. AGR. EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA

Guatemala, octubre de 1,999

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señores Miembros:

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

**DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD DE SEIS CLONES DE CACAO (Theobroma cacao L.), EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPÉQUEZ**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

Atentamente

  
Mario Osberto Enríquez de León.

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Con mucha gratitud por darme la sabiduría necesaria para culminar con éxito mi carrera.

MI PAPA Y MI MAMA:

Jacobo Enríquez y María Albertina de León, por su sacrificio, comprensión, amor y apoyo incondicional.

MI ABUELITO Y MIS ABUELITAS:

María Angelina de León (†), Aquiles Piedrasanta (†) y Piedad Enríquez (†), como un tributo a su memoria.

MI HERMANO Y MI HERMANA:

Ismar Herbert (†) y Miriam Magaly, por el apoyo que siempre me brindaron.

MIS SOBRINAS Y MIS SOBRINOS:

Francisco José, Aroldo René, María Gabriela, Ismar Alfonso, Crista y Glendy Michelle, con amor para que mi esfuerzo pueda servirles como ejemplo para su vida.

A TODA MI FAMILIA EN GENERAL.

MI COMPADRE Y MI COMADRE:

Justo Manuel Mencos Ruiz y Divinia Monzón de Ruiz, con especial afecto.

MIS AMIGOS Y MIS AMIGAS:

Luis Leonel Rodríguez, Columba Sagastume, David Mauricio Tavico, Mario Arturo de León (*en donde te encuentres amigo*), Aníbal Sacbajá, Ana Celena Carias, Ranferí Ampudia, Marco Vinicio Rosales, Miriam Cuyan, Chepe Barreno, Oswaldo Trabanino, Otto Jordán (†) Victoriano Temaj, Maribel Leiva, Chepe Mérida, Juan Pablo Carranza, Jorge, Rafael y Pepe Menes, Romeo Garza, Ezequiel Bautista, Saúl Campos Roca, Carlos Becerra, Mynor Barrientos e Ivan García.

Y A USTED ESPECIALMENTE.

## TESIS QUE DEDIDO

A:

MI PATRIA GUATEMALA.

LA CIUDAD DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BUXBUYÁ (CATBUL).

MIS CATEDRATICOS: Ing. Agr. Negly Gallardo, Dr. Cesar Azurdia, Profesor Neto Carrillo (†), Ing. Agr. Marino Barrientos, Ing. Agr. Edgar Franco, Ing. Agr. Edil Rodríguez, Ing Agr. José Jesús Chonay, Ing. Agr. Domingo Amador, Ing Agr. Alvaro Hernández, Ing. Agr. Oscar Leiva, Ing. Agr. Juan González, Ing. Agr. Salvador Castillo, Ing. Agr. David Juárez Quim, Ing. Agr. Helmer Ayala. por sus enseñanzas.

## AGRADECIMIENTOS

A:

Mis Asesores: Ing. Agr. Edgar Franco e Ing. Agr. Roberto Contreras por su apoyo en el trabajo de investigación.

El Ing. Agr. Aníbal Sacbajá y a la Inga. Agra. Ana Celena Carias, por toda su ayuda incondicional.

El Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá (CATBUL), principalmente al personal encargado del jardín clonal a Don Yaco Lanuza Patzay(†), María e Isabel Alonso y Tina Vázquez.

El Centro de Estadística y Computo, el Ing. Agr. Víctor Cajas, Ing. Agr. Marino Barrientos, Ing. Agr. Byron González e Ing. Agr. Ezequiel López Bautista.

# INDICE GENERAL

NÚMERO	CONTENIDO	PÁGINA
	RESUMEN	v
1	INTRODUCCIÓN	1
2	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
3	MARCO TEÓRICO	3
	3.1 Marco Conceptual	3
	3.1.1 La incompatibilidad	3
	3.1.2 Sistemas de incompatibilidad	4
	3.1.2.A Sistema heteromórfico	4
	3.1.2.B Sistema homomórfico	4
	3.1.2.B.a Gametofítico	4
	3.1.2.B.b Esporofítico	5
	3.1.3 Incompatibilidad en cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	5
	3.1.4 Teorías sobre el fenómeno de la incompatibilidad	6
	3.1.5 Grados de incompatibilidad	7
	3.1.6 Polinización en cacao	8
	3.1.7 Centro de origen del cacao	9
	3.1.8 Tipos de cacao	10
	3.2 Marco Referencial	12
	3.2.1 Ubicación del área de estudio	12
	3.2.2 Descripción del área experimental	12
4	OBJETIVOS	13
5	HIPÓTESIS	14
6	METODOLOGÍA	15
	6.1 Selección de los clones de cacao para el estudio	15
	6.2 Descripción de los clones seleccionados	15
	6.3 Descripción de los cruzamientos	16
	6.4 Descripción de las polinizaciones de los cruces	17
	6.5 Variable respuesta	18
	6.6 Etapa de campo	18
	6.7 Toma de datos	19
	6.8 Análisis de la información	20
	6.9 Determinación de la compatibilidad sobre la base de las Propuestas Teóricas Esperadas	20
	6.10 Interpretación de las Propuestas Teóricas Esperadas de pegue/abscisión para determinar la compatibilidad	21
7	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	24
	7.1 Determinación de la compatibilidad	24
	7.2 Compatibilidad entre los clones evaluados	27
8	CONCLUSIONES	31
9	RECOMENDACIONES	33
10	BIBLIOGRAFÍA	35
11	APENDICES	37
	11.1 Apéndice uno. Boleta para toma de datos	38
	11.2 Apéndice dos. Compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones evaluados en la primera lectura a los cinco días después de la polinización.	41

- 11.3 Apéndice tres. Compatibilidad de los 30 cruces entes los seis clones evaluados en la segunda lectura a los 10 días después de la polinización. 42
- 11.4 Apéndice cuatro. Esquema de cómo se realizaron las polinizaciones durante las seis semanas con las tres polinizadoras. 43
- 11.5 Apéndice cinco. Fenograma de los 25 clones identificados por Eysen Enríquez en el estudio de identificación 44
- 11.6 Apéndice seis. Esquema de la técnica de polinización a mano propuesta por Pound/Volcker. 45

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	CONTENIDO	Página
1	Resultados del estudio comparativo de la polinización por el género <i>Forcipomyia</i> en el cultivo de cacao en Centro América y Sudeste de México.	9
2	Descripción y origen de los clones del jardín clonal en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.	12
3	Descripción de los treinta cruzamientos y su número de identificación.	17
4	Propuestas Teóricas Esperadas (PTE's), 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 de pegue/abscisión par la prueba de $X^2$ , Comparador de 3.84 al 5% con 1 g.l.	23
5	Resultado de la compatibilidad de los 30 cruces entes los seis clones evaluados, sobre la base de las Propuestas Teórica Esperadas, en la tercera lectura a los quince días después de la polinización.	26
6	Resultado de la compatibilidad de los seis autocruzamientos, basándose en la teoría de Knight & Rogers.	27
7	Comportamiento de la compatibilidad en función del porcentaje de pegue y la habilidad de combinarse con los demás clones.	29
8A	Prueba de $X^2$ , resultados de la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones evaluados, sobre la base de las Propuestas Teóricas Esperadas, en la primera lectura a los cinco días después de la polinización, Comparador de 3.84 al 5% con un 1 g.l.	41
9A	Prueba de $X^2$ , resultados de la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones evaluados, sobre la base de las Propuestas Teóricas Esperadas, en la segunda lectura a los diez días después de la polinización, Comparador de 3.84 al 5% con un 1 g.l.	42

## INDICE DE FIGURAS

figura	CONTENIDO	Página
1	Esquema de la forma en se realizaron las polinizaciones durante las seis semanas de polinización en el estudio de la determinación de la compatibilidad de los seis clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).	43
2	Fenograma de los 25 clones de cacao del jardín clonal del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá. Fuente Eysen Enríquez (15).	44
3	Esquema de la técnica de polinización a mano propuesta por Pound/Volcker, utilizada en el estudio de la determinación de la compatibilidad entre seis clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitpéquez	45





DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE SEIS CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ. SAN MIGUEL PANAN ,  
SUCHITEPÉQUEZ.

DETERMINATION OF THE COMPATIBILITY AMONG SIX CLONES OF COCOA (*Theobroma cacao* L.) IN THE TROPICAL AGRICULTURE CENTER OF BULBUXYA. SAN MIGUEL PANAN,  
SUCHITEPEQUEZ.

**RESUMEN.**

El presente estudio se realizó en el jardín clonal de cacao del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, ubicado en el municipio de San Miguel Panan, departamento de Suchitepéquez.

Los seis clones que fueron objeto del presente estudio fueron: EET-48, EET-399, Pound-7, Sca-12, UF-668 y UF-677.

El medio para determinar la compatibilidad fue la combinación de los treinta cruzamientos entre los seis clones de cacao usando la teoría propuesta por Knight y Rogers (7) que se basa en el pegue (éxito de la singamia) y la abscisión (fracaso de la singamia) de botones después de la polinización, utilizando la técnica de polinización a mano propuesta por Pound/Volcker (4).

La determinación de la compatibilidad de los treinta cruzamientos entre los seis clones se realizó por medio de la prueba no paramétrica de  $X^2$  (Chi cuadrado), quince días después de la polinización sobre la base de las Propuestas Teórica Esperadas (PTE's) de 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 de pegue/abscisión.

De los resultados podemos concluir en los siguiente: los seis clones son autoincompatibles y los clones EET-399 y Pound-7 son incompatibles, también los clones Uf-677 y Uf-668 son incompatible; haciendo un total de 9 cruce incompatibles.

Los 21 cruces restante son compatibles aunque la compatibilidad se presenta a diferente Propuesta Teórica Esperada.

De todos los cruces realizados solamente ocho alcanzaron mas del 50% de pegue en las 45 polinizaciones y los cuales son **UF-668 x Pound-7, EET-48 x EET-399, EET-399 x EET-48, UF-677 x EET-48, Sca-12 x UF-668, EET-399 x UF-668, Sca-12 x Pound-7 y Pound-7 x EET-48;** desde el punto de vista por el porcentaje de pegue alcanzado por estos cruzamiento serian los mas recomendados para el Programa de Semilla Híbrida.



## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que hacen que las plantaciones de cacao se vuelvan pocas productivas, es el fenómeno de la incompatibilidad (27) (28). En Guatemala no se ha hecho investigación de este fenómeno, en clones nacionales ni en los extranjeros que se han traídos para el mejoramiento genético de este cultivo.

En el Centro de Agricultura tropical Bulbuxyá de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; en 1982 se estableció el jardín clonal de cacao con veinticinco materiales provenientes de la colección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), En Costa Rica que son selecciones de otros países, principalmente de la zona amazónica de América del sur.

Desde 1987 se ha produciendo comercialmente la semilla híbrida de cacao, la cual se ha venido incrementando por la demanda, pero no se ha hecho ninguna investigación científica sobre el fenómeno de la compatibilidad de los materiales progenitores ni de la segregaciones producidas.

Para realizar el presente estudio se seleccionaron seis clones de cacao del jardín clonal y para determinar su compatibilidad se utilizó la metodología de Knight y Rogers, que se basa en el pegue o abscisión de los botones florales después de la polinización (7).

La determinación de la compatibilidad se evaluó por medio treinta cruces entre los seis clones, usando la prueba de  $X^2$  (Chi cuadrado) de la estadística no paramétrica.

Los resultados son los siguientes: Los seis clones son autoincompatibles, el cruce recíproco entre EET-399 y Pound-7 y el cruce entre UF-677 y UF-668 son incompatibles. El clon Sca-12 es el que mejor habilidad combinatoria tiene para cruzarse con los demás clones.

De todos los cruces realizados en la evaluación solamente ocho pueden ser recomendados (Pound-7 x EET-48, Sca-12 x Pound-7, EET-399 x UF-668, Sca-12 x UF-668, , EET-399 x EET-48, UF-677 x EET-48, EET-48 x EET-399 y UF-668 x Pound-7) para el programa de semilla híbrida comercial, bajo la reserva que son resultados de una primera evaluación y se sugiere seguir hacer más evaluaciones para tener una alta confiabilidad en la compatibilidad reportada.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

En 1982 se estableció el jardín clonal de cacao en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá. En 1987 se inició el programa de producción de semilla híbrida de cacao, la que se ha venido produciendo para ser distribuida comercialmente entre los agricultores que la solicitan.

No existe a la fecha ningún estudio sobre el fenómeno de la incompatibilidad o compatibilidad entre estos clones, solamente en 1995 se realizó un estudio de identificación de los 25 clones por medio de electroforesis de isoenzimas (15); adyacente al área del jardín clonal se han establecido varios ensayos sobre rendimiento de la segregaciones que se han logrado obtener de estos materiales pero hasta el momento no se han publicado sus resultados.

Las polinizaciones en este programa se ha venido haciendo en forma empírica; aunque por experiencia se han dado cuenta, que algunos cruces entre los clones no llegan a producir frutos.

Por esta razón se vio la importancia de realizar un primer estudio para determinar la incompatibilidad o compatibilidad entre los clones del jardín y poder generar información básica para evitar esfuerzos innecesarios en realizar cruces que no son compatibles.

### 3. MARCO TEÓRICO.

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL.

##### 3.1.1 LA INCOMPATIBILIDAD.

El término incompatibilidad es empleado para indicar la incapacidad del tubo polínico para penetrar al estigma y recorrer el estilo para alcanzar al ovario y realizar la doble fecundación (3).

Estudios citológicos indican que la incompatibilidad puede ser expresada de las siguientes formas:

- a) No ocurre germinación del polen sobre el estigma.
- b) La germinación del polen puede ser normal, pero el tubo polínico es inhibido en el estilo.
- c) El tubo polínico puede penetrar normalmente al estilo y alcanzar los óvulos, pero no ocurre la doble fecundación (9).

Coral (13), indica que fue Sears, el que comprobó por primera vez la inhibición de la germinación del polen sobre el estigma en plantas de (*Brassica oleracea*), concluyendo que existía incompatibilidad. El mismo autor, también indica que East en sus investigaciones sobre la incompatibilidad concluyó que en algunas especies de (*Nicotiana*) sp., la germinación del polen es normal, pero el tubo polínico crece muy lento y queda inhibido en el estilo.

Allard (3). Indica que existen sistemas genéticamente controlados entre las especies hermafroditas para forzar la polinización cruzada y opera debido a la incompatibilidad y tiene la función principal de impedir la autogamia y facilitar la alogamia, lo que lleva a concluir que es un mecanismo que mantiene en las plantas un alto grado de heterozigocidad.

También indica que la reacción de incompatibilidad parece ser un proceso bioquímico bajo el control genético simple y el proceso puede operar en cualquier estado entre la polinización y la fecundación (3).

### 3.1.2 SISTEMAS DE INCOMPATIBILIDAD.

Allard (3), clasifica los sistemas de incompatibilidad en dos grupos: heteromórficos y homomórficos y cada uno de estos en dos subgrupos: gametofítico y esporofítico.

#### 3.1.2.A SISTEMA HETEROMÓRFICO.

Este sistema se caracteriza por la diferencia en la morfología de las flores de las plantas, los más simples y mejor conocidos se encuentran en muchas de las especies de Prímula, en donde existen por ejemplo: Plantas brevístilas, que tienen el estilo corto y los filamentos largo. Plantas longístilas que tiene el estilo largo y los filamentos cortos.

Las únicas polinizaciones compatibles en este tipo de plantas son aquellas en donde las anteras y el estigma tienen la misma altura, o entre brevístilas y longístilas y recíprocamente. También existen otras características como el tamaño del polen y el de las células del estigma. Estos caracteres son determinados por un solo gen "S" ; este sistema es por lo tanto heteromórfico y esporofítico. Este sistema no tiene importancia en las plantas cultivadas (4).

#### 3.1.2.B SISTEMA HOMOMÓRFICO

En este sistema la diferencia en la morfología floral no va unida a la incompatibilidad, la reacción de incompatibilidad del polen puede estar determinada por el genotipo de la planta (esporofítico), o bien depende de la constitución genética del mismo polen (gametofítico). Este sistema es importante para la plantas cultivadas (3).

##### 3.1.2.B.a GAMETOFÍTICO

Según Allard (3), este sistema originalmente fue llamado "Sistema del factor opositorista". Fue estudiado por East y Mangelsdorf en 1925 en (*Nicotiana sandierae*) (3), este sistema la incompatibilidad está controlada por un solo gen "S" y está determinado por la constitución genética del mismo polen.

Este sistema homomórfico gametofítico da lugar a tres tipos principales de polinización.

- i) Incompatibilidad completa, en donde ambos alelos son comunes. ii) Incompatibilidad o compatibilidad parcial o incompleta, donde la mitad del polen es compatible y un solo alelo es diferente. iii) Compatibilidad completa, todo el polen es compatible, en donde los dos alelos son diferentes.

### 3.1.2.B.b ESPOROFÍTICO

Hughews y Babcock trabajando con (*Crepis foetida*) y Gerstel con (*Parthenium argentatum*) en 1950 (8), fueron los primeros que describieron el sistema homomórfico esporofítico. Este sistema se parece al gametofítico porque existe un solo gen "S" con alelos múltiples que lo controlan genéticamente, se diferencia en que la reacción de incompatibilidad del polen está determinada por el genotipo de la planta a la que pertenece; también porque puede haber alelos con dominancia, acción individual o competencia en el polen o en el estilo.

### 3.1.3 INCOMPATIBILIDAD EN CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Carletto (7), indica que fue Harland el que menciona por primera vez la incompatibilidad en cacao en sus trabajos realizados en Trinidad en 1925. En este trabajo observó que, en cacaoteros con el mismo desarrollo vegetativo mostraban una acentuada diferencia entre ellos en cuanto al número de frutos y que algunos no producían.

Coube y Pound, 1931 (4), realizaron el primer estudio sobre la incompatibilidad en cacao, indican que de las ocho plantas que utilizaron, tres eran incompatibles; después verificaron que el polen de árboles incompatibles no fecundaba flores de otros árboles incompatibles.

Pound, afirmó que el polen de plantas autocompatibles es viable sobre cualquier estigma, pero su viabilidad se restringe cuando está sobre estigmas de plantas autoincompatibles (4).

La acción de la incompatibilidad es una de las mayores barreras para alcanzar el mayor potencial de rendimiento en los cultivares de cacao bajo condiciones de campo y la producción de progenies consanguíneas (12).



Carletto (8), indica que Posnett admite las siguientes hipótesis sobre la falta de formación de frutos en plantas incompatibles:

- a) Incapacidad del grano de polen de germinar sobre el estigma de la flor.
- b) El crecimiento muy lento del tubo polínico dentro del estigma.
- c) Incapacidad de los núcleos, masculino y femenino de fusionarse en el óvulo.
- d) Incapacidad de los gametos de fecundar a los óvulos.
- e) La acción de factores letales después de la singamia.

### 3.1.4 TEORÍAS SOBRE EL FENÓMENO DE LA INCOMPATIBILIDAD

Carletto (7) indica que Knight y Rogers en 1955, propusieron una hipótesis genética para explicar la incompatibilidad en cacao. La hipótesis está basada en el hecho que, la incompatibilidad está controlada por el gen "S" con una serie de alelos múltiples en un solo locus simple y de acción esporofítica, en un número de cinco con el siguiente orden de dominancia:

$S_1 > S_2 = S_3 > S_4 > S_5$  y el recesivo  $f$  que determina la fertilidad.

Indicando que su hipótesis podía ser comprobada por medio de la metodología de pegue y abscisión de flores por medio de la técnica de polinización a mano que fue propuesta por Pound y perfeccionada por Volcker que es citada y utilizada por Arévalo (4)

Cope (12), en un estudio realizado indica que, la hipótesis formulada por Knight y Rogers en la que propone una serie de alelos múltiples "S" de acción esporofítica para el control del fenómeno de la incompatibilidad, era inadecuada para explicar los resultados obtenidos por él; y propuso la hipótesis de la existencia de un nuevo gen "S" de la serie de alelos múltiples de incompatibilidad y dos secundarios A/- y B/- independientes pero complementarios al gen "S", los genes secundarios tienen la función de producir un sustrato evidenciando incompatibilidad, estableciendo que los alelos "S" tenían el siguiente orden de dominancia:  $S_a = S_b = S_c > S_d > S_f$ .

Este mismo autor (12), indica que la compatibilidad en el cacao está controlada por el sistema genético, y que puede ser comprobada por el método de fusión y no-fusión de los óvulos, lo que determina el éxito o el fracaso de la fecundación.

Coral, 1970 (13) realizó un estudio comparativo de las hipótesis propuestas por Knight y Rogers, y Cope, llegando a la conclusión que la teoría propuesta por Cope no explicaba bien el fenómeno de la incompatibilidad por medio de la técnica de fusión y no-fusión de óvulos. Que el fenómeno de la incompatibilidad era mejor explicado por medio de la teoría propuesta por Knight y Rogers por medio de la técnica de pegue y abscisión de flores.

### 3.1.5 GRADOS DE AUTOCOMPATIBILIDAD.

Coral (13), indica en la conclusión de sus resultados, que dentro del grupo de clones autocompatibles estudiados, observó grados de autocompatibilidad, dando en autofecundaciones 50% y 75% de pegue y dijo que teóricamente podía admitirse la posibilidad de encontrar clones con 100% de autocompatibilidad; y propuso la hipótesis de la existencia de clones con diferentes grados de autocompatibilidad y dijo que ése fenómeno podía ser explicado introduciendo dos pares de genes independientes X y Z complementarios y modificadores del locus "S" de incompatibilidad.

Para Coral (13), un clon autocompatible o autoincompatible en autopolinizaciones, con base en la hipótesis de Cope debe dar 100% de fusión de óvulos o el 100% de no-fusión y con base la hipótesis de Knight y Rogers debe dar 100% de pegue o el 100% de abscisión.

Geraldo Adami Carletto (7). Para probar la hipótesis de Coral, realizó el estudio de los mecanismos determinantes de los grados de incompatibilidad en cacao (*Theobroma cacao* L.) en 1972, usando los métodos: (a) pegue o abscisión de la flor o sea el éxito o fracaso de la singamia propuesto por Knight y Rogers, (b) de fusión o no-fusión de óvulos propuesto por Cope.

Carletto (7), con base en sus resultados concluyó. Que no encontró comprobación genética para la hipótesis de Coral en relación con la existencia de los grados de autocompatibilidad o autoincompatibilidad en cacao.

### 3.1.6 POLINIZACIÓN EN CACAO (*Theobroma cacao* L.).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de polinización cruzada (alógama) considerada ésta, superior al 95%. La polinización es realizada principalmente por insectos de la familia *Cecidomyiidae* y *Ceratopogonidae*, siendo el género *Forcipomyia* uno de los más importantes (9) (22) (27).

La eficiencia de la polinización aumenta en poblaciones de plantas autocompatibles, tanto por el efecto de los cruzamientos efectuadas por insectos del género *Forcipomyia*, cómo por otros agentes polinizadores secundarios (27). Por otro lado, en las áreas donde las poblaciones de *Forcipomyia* son escasas, los niveles de polinización cruzada son más bajos y en poblaciones de plantas autoincompatibles o de cruces incompatibles resultan menos productivas por la falta de polinización, razón por la cual se recomienda plantar material autocompatible y de cruce compatible (22) (27).

R. Keith Chapman y Saulo de J. Soria, en 1983 (9), realizaron un estudio denominado: Estudio comparativo de la Polinización por el género *Forcipomyia* (*Diptera*, *Ceratopogonidae*) en el cultivo de cacao en Centro América y Sureste de México. Los resultados son los siguientes: El número promedio de flores polinizadas por árbol en la Finca Brillantes (Retalhuleu), fue veinticinco veces más grande que en Turrialba; En la finca Soledad (Suchitepéquez) fue quince veces mayor que en Turrialba.

En el mismo estudio (9), indica que la alta intensidad de polinización en Guatemala está de acuerdo con la alta población de moscas del género *Forcipomyia*, veinticinco especímenes fueron colectados en la Finca Soledad (Suchitepéquez) y veinte en la finca Brillantes (Retalhuleu); durante el periodo de muestreo, diez moscas fueron colectadas en las primeras cien flores en la Finca Soledad, en

el tiempo cuando la polinización de *Forcipomyia* era más intensa (en términos de %), en el Cuadro 1, se reportan los resultados del estudio para Centroamérica y Sur de México.

**Cuadro 1.** Resultados del estudio comparativo de la polinización por el genero *Forcipomyia* en el cultivo de cacao en Centro América y Sureste de México".  
Mosquitas del genero *Forcipomyia* colectadas en cacao durante jun-jul 67,68,68. Identificación hecha por el Dr. L. G. Sauders, Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, Canadá, 1970.

	Turrialba, C. R.	La Lola, C. R.	San Isidro C. R.	Rivas Nica.	Brillantes, Gua.	Soledad Gua.	Rosario Mex.
<i>F. (Euprojoannisia) sp.</i>	2	3	15	4	12	19	8
<i>F. (Warmkea) sp.</i>	0	0	2	0	4	3	2
<i>F. (Thyridomyia) sp.</i>	1	2	2	0	2	1	0
<i>F. (Forcipomyia) sp.</i>	0	2	1	0	2	2	1
Total de mosquitas	3	7	5	4	20	25	11
Total de flores	2400	3600	1200	400	800	800	600
Días muestreados	3	3	4	3	3	3	1
Flores/mosquita	800	514	60	100	32	73	300

Fuente: Revista Theobroma. 13(2): 129-139. 1982. Traducción propia

Entre sus conclusiones (9), indica que: Varias especies en el subgénero *Euprojoannisia*, *Warmkea*, *Thyridomyia* y *Forcipomyia* del género *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) son involucradas en la polinización de cacao en Costa Rica, Nicaragua, Guatemala y Sur de México.

En las localidades de la zona pacífica, donde hubo una marcada estación seca o estación lluviosa por año, la tasa de polinización fue directamente proporcional con la cantidad de precipitación anual.

### 3.1.7 CENTRO DE ORÍGEN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.).

Es en Centro América donde se localiza el primer centro de domesticación del cacao cuyo cultivo fue desarrollado por los Mayas y otras culturas importantes de esa época (14). Los granos de cacao eran utilizados por los Mayas y Aztecas como producto de consumo, y como moneda de intercambio, mucho tiempo antes del descubrimiento de América (5) (23).

Preparaban una bebida que estaba privilegiada para las familias reales y nobles de rango imperial, ya que existía la creencia que el cacao como bebida confería discreción y sabiduría. Por eso Linneaus dio a la especie el nombre de *Theobroma* que significa "alimento de los dioses" (5).

Chesman, (10), cree que el centro de diversidad y origen del cacao podría ser la región alta del Amazona, al oeste del Ecuador. El mismo autor cree que el grupo criollo también pudo originarse en esa región

Para Soria (8) y Enríquez (10) el cacao es originario de las regiones tropicales de América (Centroamérica), Amazonía, Ecuador y Perú. Para Cuatrecasas (14) considera que el cultivo se desarrolló hace aproximadamente tres mil años en Mesoamérica, por los Aztecas y los Mayas, quienes los utilizaron para consumo con fines ceremoniales y moneda.

En el Museo Cultural Cotzumalguapa Las Ilusiones, fundado por el Señor Juan José Muñoz se encuentra el Centro Ceremonial Bilbao. En uno de sus monumentos se observa un juego tradicional de pelota, un rey dirigiéndose a su pueblo, una planta de cacao, un quetzal y una iguana. Según el arqueólogo Lee A. Parsons éste monumento fue tallado en el año 450 después de Cristo (18), lo que indica que aproximadamente 10 siglos antes de que vinieran los españoles, el cacao era ya un cultivo importante para las culturas que vivían en Mesoamérica (20).

El historiador Agustín Estrada Monroy (17), indica que en algunos de los ritos ceremoniales actuales, los Q'eqchis todavía utilizan la bebida preparada a base de cacao como parte de la enseñanza de sus antepasados en el sincretismo religioso.

### 3.1.8 TIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) se ha dividido en tres grupos desde el punto de vista comercial, a) El Criollo, b) Forastero y c) Trinitario, los que se distinguen según Lanaud (21) por su forma de frutos, color del fruto y semilla.

a). CRIOLLO, (*Theobroma cacao* L). sp cacao Cuat. Según Lanaud, (21), el cacao cultivado originalmente por los Mayas y Aztecas es probablemente el criollo actual. Tienen frutos verdes o rojos antes de madurar, estos frutos son delgados y alargados con surcos profundos y tienen semillas blancas

o rosadas. Se encuentran en poblaciones silvestres y cultivadas en Centro América y al norte de Sur América.

b). FORASTERO, (*Theobroma cacao* L). sp *sphaerocarpum* Cuat. Tiene frutos de varias formas, generalmente verde antes de madurar, con semillas aplanadas y pequeñas de color violeta oscuro; en éste grupo se encuentra la subdivisiones Angoleta, Cundeamor, Amelonado y Calabacillo (5). Es cultivada en la región baja del Amazonía en Brasil, Venezuela y Guyanas; existen poblaciones silvestres y cultivadas.

c). TRINITARIO. Para Braudeau (5), es considerado un híbrido entre el criollo y forastero, porque presenta todas las características intermedias entre criollo y forastero y no se encuentra en forma silvestre. También Pound (5) indica que en Colombia y Venezuela aparecen los criollos, quizás no autóctonos, que al hibridizarse con los Amelonados de Guayana han dado lugar al llamado "Complejo Trinitario". Chesman (10) cree que esto se originó cuando en la isla de Trinidad por causas de un huracán se perdieron varias áreas de cacao plantadas con el tipo criollo y se sustituyeron por el tipo forastero, lo que dio lugar a una hibridación natural, y de aquí se distribuyeron a otros países.

### 3.2 MARCO REFERENCIAL.

#### 3.2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio de la compatibilidad de los 6 clones cacao se realizó en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá (CATBUL), ubicado en el municipio de San Miguel Panan, departamento de Suchitepéquez. El centro se encuentra entre 240 a 325 msnm, localizado geográficamente entre las coordenadas 14° 34' 39" latitud norte y 91° 22' 00" longitud oeste. Se encuentra en la zona de vida Bosque Subtropical Húmedo, con una temperatura media anual de 24 grados centígrados, la máxima de 36 grados centígrados y la mínima de 18 grados centígrados. La precipitación promedio anual de 4,000 mm y la humedad relativa del 80%.

#### 3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL.

El jardín clonal de cacao, fue establecido el 24 de julio de 1982, compuesto de 25 clones de cacao de diferentes orígenes del ámbito latinoamericano (ver Cuadro 2), que fueron traídos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Inicialmente cada unidad clonal estaba compuesta de 24 plantas, actualmente la mayoría de las unidades ya no cuenta con el número inicial, debido a que se han ido perdiendo en el transcurso del tiempo por diversas razones y en algunas unidades clonales por recuperar el número inicial de plantas, se han cometido errores, introduciendo plantas atípicas al clon original.

**Cuadro 2** Descripción y origen de los clones del Jardín clonal en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá(CATBUL).

Nº.	Nombre	Origen	Nº.	Nombre	Origen
1	Catoringo	Brasil	14	Pound-12	Perú
2	EET-48	Ecuador	15	SPA-9	Colombia
3	EET-62	Ecuador	16	CC-18	Costa Rica
4	EET-95	Ecuador	17	UF-12	Costa Rica
5	EET-96	Ecuador	18	UF-29	Costa Rica
6	EET-162	Ecuador	19	UF-296	Costa Rica
7	EET-399	Ecuador	20	UF-613	Costa Rica
8	EET-400	Ecuador	21	UF-654	Costa Rica
9	Sca-6	Ecuador	22	UF-667	Costa Rica
10	Sca-12	Ecuador	23	UF-668	Costa Rica
11	ICS-6	Trinidad	24	UF-676	Costa Rica
12	IMC-67	Perú	25	UF-677	Costa Rica
13	Pound-7	Perú			

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

Generar información básica sobre la compatibilidad entre seis clones del jardín clonal de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, para el programa de producción de semilla híbrida y los programas de mejoramiento genético.

### 4.2 ESPECÍFICO.

A. Determinar e identificar la compatibilidad entre seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio de treinta cruzamientos en el jardín clonal del Centro Agricultura Tropical Bulbuxyá.



## 5. HIPOTESIS

De los treinta cruces entre los seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) a evaluar al menos uno de ellos, se ajuste a una de las Propuestas Teóricas Esperada (PTE's) de pegue/abscisión.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 SELECCIÓN DE LOS CLONES DE CACAO PARA EL ESTUDIO.

De los 25 clones que componen el jardín clonal, se seleccionaron seis clones que en su unidad clonal tuvo en ese momento el 75% o más de las plantas con relación al número inicialmente plantado, también que no tuvieran plantas atípicas al clon.

Basándose en esto, se seleccionaron los siguientes clones EET-48<sup>1</sup>, EET-399, Pound-7, Sca-12<sup>2</sup>, UF-668 y UF-677.

### 6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CLONES SELECCIONADOS.

**EET-48:** También se le conoce con el nombre de Sta. Rosa-34, su origen es la Hacienda Santa Rosa, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, es una colección privada (25), fue seleccionado por Estación Experimental Tropical de Pichilingue en el año 1944 al 45; de polinización libre, el tipo genético es un híbrido (nacional x desconocido), clon autoincompatible con una buena habilidad de combinación; la primera descripción la hizo G. A. Enríquez, en el mes de agosto de 1965 (26), la segunda en el mes de julio de 1980 (26).

**EET-399:** También se le conoce con el nombre de "Selección de patología", su origen es la Estación Experimental Tropical de Pichilingue, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, colección no privada, fue seleccionado por el departamento de patología de la Estación Experimental de Pichilingue en el año 1952-57; polinización libre, el tipo genético es un híbrido (descendencia de la polinización libre de Silecia<sup>3</sup>-1) (25), su compatibilidad es desconocida (25), es autoincompatible (26); no tiene buena

<sup>1</sup> Al principio se había seleccionado el EET-62 y fue sustituido por el EET-48, el clon anterior sufrió pérdidas de plantas en su unidad clonal por causa de un fenómeno meteorológico.

<sup>2</sup> El prefijo Sca viene de "SCAVINA" nombre supuesto de una plantación en el Ecuador. El nombre no es correcto el verdadero nombre de la plantación es "SABINA" (25).

<sup>3</sup> Silecia es el nombre de una plantación en el Río Napo, cerca de un lugar llamado Archidona que está situado al pie de los Andes Orientales en Ecuador, cerca de la frontera peruana (25).

habilidad combinatoria; la primera descripción la realizó G. A. Enríquez C., en el mes de agosto de 1965 (26) y la segunda fue hecha en el mes de noviembre de 1979 (25)

**Pound-7:** También se le conoce con el nombre de "P-7", su origen es de Nanay, Iquitos, Perú; fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1943; el tipo genético es Amazónico forastero, es autoincompatible; tiene una buena habilidad combinatoria; fue descrito por primera vez por G. A. Enríquez en el mes de abril de 1966 (26) y por segunda vez en el año de 1978 (25).

**Sca-12:** También se le conoce con el nombre de "EET-110", su origen es la hacienda Scavina o Sabina, en el Ecuador; colección privada, fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1938, tipo genético es Amazónico forastero, autoincompatible, fue descrito por G. A. Enríquez en el mes de abril de 1966 (26) y abril de 1979 (25).

**UF-668:** No tiene ningún sinónimo, es originario de la zona atlántica de Costa Rica, fue seleccionado por la United Fruit Company, Colección privada y fue seleccionado en el mes abril de 1980, , tiene una buena habilidad combinatoria; se desconoce cuando y por quién fue descrito (25).

**UF-677:** También se le conoce por el nombre de EET-9, originario de la zona atlántica de Costa Rica, fue seleccionado por la United Fruit Company. , Colección privada y fue seleccionado en el mes de junio de 1978, , no tiene buena habilidad combinatoria (25).

### 6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CRUZAMIENTOS.

Los seis clones, se colocaron en un cuadro de dos entradas para obtener todas las combinaciones posibles (en el eje vertical se colocaron los receptores de polen y en el eje horizontal se colocaron los donadores de polen), en total fueron treinta y seis; pero por las condiciones de tiempo (días de la semana), personal (encargadas de la polinizaciones), solamente se evaluaron treinta combinaciones.

Por sorteo completamente al azar se discriminaron seis de las combinaciones, quedando treinta combinaciones los cuales tomaron la categoría de tratamiento

En el cuadro 3, está la descripción de los cruzamientos; la combinación de los clones se le denominó cruce, el clon de la derecha es el receptor de polen y el de la izquierda es el donador de polen, el número de cruce siempre se encontrará dentro un corchete [ ] .

**Cuadro 3.** Descripción de los treinta cruces entre los seis clones en estudio con su número de identificación.

Numero.	Cruzamiento		Numero.	Cruzamiento	
	fem	x masc		fem	x masc
[1]	UF-668	x Sca-12	[16]	UF-668	x Pound-7
[2]	UF-677	x EET-48	[17]	Sca-12	x EET-399
[3]	EET-399	x Pound-7	[18]	EET-48	x UF-668
[4]	EET-48	x Sca-12	[19]	EET-399	x EET-48
[5]	EET-48	x EET-48	[20]	UF-668	x UF-668
[6]	Pound-7	x Pound-7	[21]	Pound-7	x UF-677
[7]	EET-677	x Sca-12	[22]	Sca-12	x Pound-7
[8]	UF-677	x Pound-7	[23]	UF-668	x EET-399
[9]	EET-399	x EET-399	[24]	Sca-12	x UF-677
[10]	Pound-7	x Sca-12	[25]	Sca-12	x Sca-12
[11]	EET-48	x UF-677	[26]	Sca-12	x UF-668
[12]	EET-399	x UF-677	[27]	UF-677	x UF-668
[13]	UF-677	x UF-677	[28]	EET-399	x UF-668
[14]	UF-668	x EET-48	[29]	Pound-7	x EET-399
[15]	EET-48	x EET-399	[30]	Pound-7	x EET-48

#### 6.4 DISTRIBUCION DE LAS POLINIZACIONES DE LOS CRUCES.

Para llevar a cabo las polinizaciones a mano el CATBUL designo a tres personas para que ellas realizaran la polinizaciones, por la experiencia que ya tienen en la producción de semilla híbrida comercial.

Cada una de estas personas tubo que hacer los 30 cruces que se habían seleccionado entre los 6 clones y por las condiciones laborales del personal de polinización se determino que solo se polinizarían 5 días a la semana, durante 6 semanas (ver esquema en apendice 4).

A cada polinizadora en un sorteo completamente al azar se le asignaron los 30 cruces que realizaría en el día y semana designada.

## 6.5 VARIABLE RESPUESTA.

La variable respuesta fue el pegue y la abscisión de los botones florales después de la polinización; se consideró como pegue el éxito de singamia cuando el botón floral polinizado se mantuvo en la planta durante los quince días después de la polinización y como abscisión el fracaso de la singamia cuando botón floral polinizado no se mantuvo en la planta durante los quince días después de la polinización.

## 6.6 ETAPA DE CAMPO.

Al hacer la última inspección de los clones seleccionados, se encontró que la mayoría de ellos tenían en su unidad clonal varias plantas sospechosas (atípicas), que fueron marcadas para que no se realizara ninguna polinización, ni se tomara polen para hacer polinizaciones en otras unidades clonales.

La etapa de campo duro un total de cincuenta y cinco días consistió en realizar todas las polinizaciones de los tratamientos con sus respectivas lecturas de pegue.

Las polinizaciones se realizaron en base la metodología de polinización a mano (ver esquema en el apéndice 6, figura 3) propuesta por Pound y perfeccionada por Volcker (7) (13), la cual consistió de la manera siguiente:

- 1). En la tarde, al día anterior a la polinización, se selecciono del cojín de flores un botón floral que estuviera llegando a su madurez fisiológica, los demás botones se removieron para evitar contaminación de polinización en el momento que sucediera la antesis.

El botón se protegió por medio de un tubo de plástico transparente, abierto en sus dos extremos; en uno de los extremos se le colocó una gasa fina asegurada con un hule y el otro extremo se aseguró a la rama por medio de dos tirantes de alambre de calibre delgado y un anillo de plasticina colocado en la base, para asegurarnos su total aislamiento, para que estos botones no fueran visitados por insectos polinizadores principalmente del género *Forcipomyia* (22) (27).

Se aislaron un número de veinte botones para asegurarnos que quince tuvieran las condiciones necesarias para la polinización, debido a que este número fue nuestra unidad experimental.

2). El día de la polinización, se realizaron los pasos siguientes:

**a):** Se seleccionó las flores donadoras de polen, se depositaron en una caja petrí, en el fondo se colocó un algodón húmedo para evitar la deshidratación que pudiera afectar al polen.

**b):** De los veinte botones aislados, Se tomaron quince los que habían alcanzado su desarrollo floral, se les quitó el tubo transparente y se procedió a la emasculación por medio de pinzas (remoción de los estambres, estaminoides, pétalos y sépalos).

**c):** Después se procedió a la polinización frotando las anteras con el polen de las flores donadoras, sobre el estigma de la flor receptora.

**d):** Nuevamente se procedió a aislarlos y protegerlos con el tubo plástico transparente, para evitar que fueran visitadas por insectos principalmente hormigas del género *Atta* sp. y moscas polinizadoras del género *Forcipomyia*; para evitar que fueran dañadas o contaminadas con otro polen.

**e):** A cada polinización terminada se le colocó una etiqueta con la información: número de cruzamiento, número de polinizadora, fecha de polinización.

En el pie de planta donde se hicieron las polinizaciones, se dejaron todas las flores polinizadas en forma natural.

## 6.7 TOMA DE DATOS

Con base a la metodología propuesta por Knight y Rogers, sobre el pegue y la abscisión de las flores polinizadas, se elaboró una boleta para toma de datos, (ver apéndice uno). Se registraron tres lecturas después de ser polinizadas las flores, la primera lectura se realizó a los cinco días después de la polinización, la segunda a los diez días después de la polinización y la tercera y última lectura a los quince días después de la polinización. Los resultados de la compatibilidad de la primera y segunda

lectura se pueden ver en los anexos dos y tres en los cuadros 8A y 9A. Tomando como representativa para la presentación de los resultados de compatibilidad la tercera lectura.

Coral (13), en la investigación realizada tomó una sola lectura a los siete días después de la polinización, aunque sin embargo para algunos de sus tratamientos realizó una última lectura a los diez días después de la polinización. Arévalo (4), Carletto (7), en sus estudios realizados tomaron como base la recomendación de Coral, hicieron su lecturas a los diez, pero recomiendan que para algunos de los cruces realizados por ellos se extienda las lectura hasta los quince días o más.

### 6.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para determinar la compatibilidad se utilizó la prueba no paramétrica  $\chi^2$  (Chi cuadrado) corregida por Yates, con un comparador de 3.84 (probabilidad tabulada) con el 5% de confiabilidad con una 1 grado de libertad.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - 0.5)^2}{E_{ij}}$$

Observaciones:  $O_{ij}$  : frecuencia observada;  $E_{ij}$  : frecuencia esperada.

### 6.9 DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD SOBRE LA BASE DE LAS PROPUESTAS TEÓRICAS ESPERADAS.

En estudios realizados por Coral (13), Carletto (7) (8) y Arévalo (4) sobre el fenómeno de la compatibilidad o incompatibilidad, para establecer el numero mínimo de polinizaciones exitosas para que un clon sea considerado autocompatible o de cruce compatible con la metodología de Knight & Rogers de pegue o abscisión usaron la prueba de Chi cuadrado para una proporción esperada de 1:1 (50%) de pegue/abscisión.

En la mayoría de estudios de estos investigadores reportan resultados que son inferiores a la proporción de 1:1, y por no ajustarse a la proporción esperada son considerados incompatibles.

Para evitar la confusión con los resultados cuando sea superiores o inferiores a una sola proporción se propuso: una tabla de proporciones esperadas a las cuales por unificación de términos les denominó PROPUESTA TEÓRICA ESPERADA y se identificó por las siglas PTE. En el cuadro 4, se establecieron las proporciones o Propuestas Teóricas Esperadas de 4:0 (100%), 3:1 (75%), 2:2 (50%), 1:3 (25%) y 0:4 (0%) de pegue/abscisión.

Para la primera proporción de 4:0 indica que todos los cruzamientos o autocruzamientos que se ajusten a esta proporción esperada se consideraran compatibles o autocompatibles y así mismo para las siguientes Propuesta Teóricas Esperadas de 3:1, 2:2 y 1:3.

Para la Propuesta Teórica Esperada de 0:4 los cruzamientos o autocruzamientos que se ajuste a esta proporción se consideraran incompatibles o autoincompatibles.

#### 6.10 INTERPRETACIÓN DE LAS PROPUESTAS TEÓRICAS ESPERADAS DE PEGUE/ABSCISION PARA DETERMINAR LA COMPATIBILIDAD.

En el cuadro 4, se establecen las propuestas teórica esperadas 4:0, 3:1, 2:2<sup>4</sup>, 1:3 y 0:4 de pegue/abscisión. Para cada una de las Propuestas teóricas esperadas de pegue/abscisión se tomó como cruce autocompatible o compatible cuando los resultados observados que se ajustaron la proporción esperada y esto es cuando la probabilidad calculada (resultado de la formula de Chi cuadrado modificada por Yates) es menor a la probabilidad tabulada 3.84.

---

<sup>4</sup> la propuesta teórica esperada (PTE) de 2:2 de pegue/abscisión es igual a la proporción 1:1 (5%) establecida por otros investigadores



Para la propuesta teórica esperada de 0:4 se tomo como un cruce autoincompatible o incompatible cuando los resultados observados se ajustaron a la proporción esperada y fue cuando la probabilidad calculada (resultado de Chi Cuadrado) es menor a la probabilidad tabulada 3.84.

Para las Propuestas Teóricas Esperadas de 4:0 y 0:4 de pegue/abscisión se tuvo que hacer un ajuste a los resultados esperados ( $E_{ij}$ ) para la primera proporción fue 43 pegues y 2 abscisiones y para la segunda proporción fue 2 pegues y 43 abscisiones, debido a ningún numero se puede dividir entre cero.

**Cuadro 4. Propuestas Teóricas Esperadas (PTE's), 4:0 (100%), 3:1 (75%), 2:2 (50%), 1:3 (25%) y 0:4 (0%) de pague/abscisión para la prueba de Chi cuadrado  $\chi^2$ , Con un comparador 3.84 al 5% con 1 g.l.**

Flores Polinizadas	PROPUESTAS TEÓRICAS ESPERADAS							
	p	np	%p	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
				100%	75%	50%	25%	0%
45	45	0	100	<b>3.18</b> <sup>(4)</sup>	15.70	45.02	133.03	947.13
45	44	1	98	<b>1.13</b> <sup>(4)</sup>	13.09	41.11	125.21	903.13
45	43	2	96	<b>0.13</b> <sup>(4)</sup>	10.72	37.38	117.62	860.18
45	42	3	93	<b>0.18</b> <sup>(4)</sup>	8.59	33.82	110.27	818.27
45	41	4	91	<b>1.27</b> <sup>(4)</sup>	6.69	30.44	103.16	777.41
45	40	5	89	<b>3.41</b> <sup>(4)</sup>	5.03	27.24	96.29	737.60
45	39	6	87	6.60	<b>3.61</b> <sup>(3)</sup>	24.22	89.65	698.83
45	38	7	84	10.83	<b>2.42</b> <sup>(3)</sup>	21.38	83.25	661.11
45	37	8	82	16.11	<b>1.47</b> <sup>(3)</sup>	18.71	77.09	624.43
45	36	9	80	22.43	<b>0.76</b> <sup>(3)</sup>	16.22	71.16	588.81
45	35	10	78	29.81	<b>0.29</b> <sup>(3)</sup>	13.91	65.47	554.22
45	34	11	76	38.22	<b>0.05</b> <sup>(3)</sup>	11.78	60.02	520.69
45	33	12	73	47.69	<b>0.05</b> <sup>(3)</sup>	9.82	54.81	488.20
45	32	13	71	58.20	<b>0.29</b> <sup>(3)</sup>	8.04	49.83	456.76
45	31	14	69	69.76	<b>0.76</b> <sup>(3)</sup>	6.44	45.09	426.36
45	30	15	67	82.36	<b>1.47</b> <sup>(3)</sup>	5.02	40.59	397.01
45	29	16	64	96.01	<b>2.42</b> <sup>(3)</sup>	<b>3.78</b> <sup>(2)</sup>	36.32	368.71
45	28	17	62	110.71	<b>3.61</b> <sup>(2)</sup>	<b>2.71</b> <sup>(2)</sup>	32.29	341.46
45	27	18	60	126.46	5.03	<b>1.82</b> <sup>(2)</sup>	28.50	315.25
45	26	19	58	143.25	6.69	<b>1.11</b> <sup>(2)</sup>	24.94	290.08
45	25	20	56	161.08	8.59	<b>0.58</b> <sup>(2)</sup>	21.62	265.97
45	24	21	53	179.97	10.72	<b>0.22</b> <sup>(2)</sup>	18.54	242.90
45	23	22	51	199.90	13.09	<b>0.04</b> <sup>(2)</sup>	15.70	220.88
45	22	23	49	220.88	15.70	<b>0.04</b> <sup>(2)</sup>	13.09	199.90
45	21	24	47	242.90	18.54	<b>0.22</b> <sup>(2)</sup>	10.72	179.97
45	20	25	44	265.97	21.62	<b>0.58</b> <sup>(2)</sup>	8.59	161.08
45	19	26	42	290.08	24.94	<b>1.11</b> <sup>(2)</sup>	6.69	143.25
45	18	27	40	315.25	28.50	<b>1.82</b> <sup>(2)</sup>	5.03	126.46
45	17	28	38	341.46	32.29	<b>2.71</b> <sup>(2)</sup>	<b>3.61</b> <sup>(1)</sup>	110.71
45	16	29	36	368.71	36.32	<b>3.78</b> <sup>(2)</sup>	<b>2.42</b> <sup>(1)</sup>	96.01
45	15	30	33	397.01	40.59	5.02	<b>1.47</b> <sup>(1)</sup>	82.36
45	14	31	31	426.36	45.09	6.44	<b>0.76</b> <sup>(1)</sup>	69.76
45	13	32	29	456.76	49.83	8.04	<b>0.29</b> <sup>(1)</sup>	58.20
45	12	33	27	488.20	54.81	9.82	<b>0.05</b> <sup>(1)</sup>	47.69
45	11	34	24	520.69	60.02	11.78	<b>0.05</b> <sup>(1)</sup>	38.22
45	10	35	22	554.22	65.47	13.91	<b>0.29</b> <sup>(1)</sup>	29.81
45	9	36	20	588.81	71.16	16.22	<b>0.76</b> <sup>(1)</sup>	22.43
45	8	37	18	624.43	77.09	18.71	<b>1.47</b> <sup>(1)</sup>	16.11
45	7	38	16	661.11	83.25	21.38	<b>2.42</b> <sup>(1)</sup>	10.83
45	6	39	13	698.83	89.65	24.22	<b>3.61</b> <sup>(1)</sup>	6.60
45	5	40	11	737.60	96.29	27.24	5.03	<b>3.41</b> <sup>(0)</sup>
45	4	41	9	777.41	103.16	30.44	6.69	<b>1.27</b> <sup>(0)</sup>
45	3	42	7	818.27	110.27	33.82	8.59	<b>0.18</b> <sup>(0)</sup>
45	2	43	4	860.18	117.62	37.38	10.72	<b>0.13</b> <sup>(0)</sup>
45	1	44	2	903.13	125.21	41.11	13.09	<b>1.13</b> <sup>(0)</sup>
45	0	45	0	947.13	133.03	45.02	15.70	<b>3.18</b> <sup>(0)</sup>

Observaciones: n: pague, np: abscisión, %p: porcentaje de pague, 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 proporciones de pague/abscisión

<sup>(1)</sup>: no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 4:0

<sup>(2)</sup>: no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 3:1

<sup>(3)</sup>: no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 2:2

<sup>(4)</sup>: no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 1:3

<sup>(5)</sup>: no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 0:4

## 7. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD.

En base a la metodología de Knight & Rogers sobre el pegue y abscisión de los botones polinizados en los apendices dos y tres los cuadros 8A y 9A, se presenta la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones evaluados de la primera y segunda lectura, a los cinco y diez días después de la polinización.

En el Cuadro 5, se presenta los resultados de los treinta cruces entre los seis clones evaluados en la tercera lectura, quince días después de la polinización.

Para la Propuesta Teórica Esperada de 4:0 de pegue/abscisión existe significancia entre la probabilidad calculada y a la probabilidad tabulada, por lo que ninguno de los treinta cruces evaluados su numero de pegues logrados no se ajusta a esta propuesta teórica, indicando que no son compatibles a esta proporción esperada.

No hay significancia para los cruces [30] Pound-7 x EET-48, [28] EET-399 x UF-668 y [26] Sca-12 x UF-668 entre probabilidad calculada y la probabilidad tabulada para la Propuesta Teórica Esperada de 3:1 de pegue/abscisión (ver cuadro 5), el numero de pegues logrados se ajusta a esta propuesta teórica, indicando que son cruces compatibles a esta proporción esperada.

Para la Propuesta Teórica Esperada de 2:2 de pegue/abscisión no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada lo que nos indica que el número de pegues en los cruces [22] Sca-12 x Pound-7, [19] EET-399 x EET-48, [2] UF-677 x EET-48, [15] EET-48 x EET-399, [16] UF-668 x Pound-7, [17] Sca-12 x EET-399, [14] UF-668 x EET-48, [21] Pound-7 x UF-677, [12] EET-399 x UF-677, [10] Pound-7 x Sca-12 y [1] UF-668 x Sca-12 se ajusta la proporción mencionada (ver cuadro 6), indicando que son cruces compatibles a esta proporción esperada.

Para el número de pegues observados en los cruces [8] UF-677 x Pound-7, [7] UF-677 x Sca-12, [4] EET-48 x Sca-12, [11] EET-48 x UF-677, [23] UF-668 x EET-399, [6] Pound-7 x Pound-7, [3] EET-399 x Pound-7 y [18] EET-48 x UF-668, no hay significancia entre probabilidad calculada y la probabilidad tabulada (ver cuadro 5), ajustándose a la propuesta teórica esperada de 1:3 de pegues/abscisión, indicado que son cruces compatibles a esta proporción esperada.

En los cruces [5] EET-48 x EET-48, [29] Pound-7 x EET-399, [13] UF-677 x UF-677, [27] UF677 x UF-668, [25] Sca-12 x Sca-12 [9] EET-399 x EET-399 y [20] UF-668 x UF-668, en donde la mayoría son autofecundaciones no hay significancia entre la probabilidad tabulada y la probabilidad calculada (ver cuadro 5), su número de pegues se ajusta la propuesta teórica, indicando que son cruces autoincompatibles e incompatibles a esta proporción esperada.

Los cruces [12] EET-399 x UF-677, [1] UF-668 x Sca-12 y [10] Pound-7 x Sca-12 su número de pegues se ajusta a dos propuestas teóricas, la de 2:2 y 1:3 de pegue/abscisión

**CUADRO 5.** Prueba de  $X^2$ , resultados de la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones de cacao evaluados, sobre la base de la Propuesta teórica esperada (PTE), en la tercera lectura a los quince días después de la polinización. comparador de 3.84 al 5% de confiabilidad con 1 g.l.

NO.	Cruce	flores polinizadas	p	np	%p	valores de $X^2$				
						4:0 100%	3:1 75%	2:2 50%	1:3 25%	0:4 0%
[30]	Pound-7 x EET-48	45	34	11	76	38	<b>0.05</b> <sup>3</sup>	11.78	60.02	520.69
[28]	EET-399 x UF-668	45	31	14	69	70	<b>0.76</b> <sup>3</sup>	6.44	45.09	426.36
[22]	Sca-12 x Pound-7	45	31	14	69	70	<b>0.76</b> <sup>3</sup>	6.44	45.09	426.36
[26]	Sca-12 x UF-668	45	28	17	62	111	<b>3.61</b> <sup>3</sup>	<b>2.71</b> <sup>2</sup>	32.28	341.46
[19]	EET-399 x EET-48	45	26	19	58	143	6.69	<b>1.11</b> <sup>2</sup>	24.94	290.08
[2]	UF-677 x EET-48	45	26	19	58	143	6.69	<b>1.11</b> <sup>2</sup>	24.94	290.08
[15]	EET-48 x EET-399	45	24	21	53	180	10.72	<b>0.22</b> <sup>2</sup>	18.54	242.90
[16]	UF-668 x Pound-7	45	23	22	51	200	13.09	<b>0.04</b> <sup>2</sup>	15.70	220.88
[17]	Sca-12 x EET-399	45	20	25	44	266	21.62	<b>0.58</b> <sup>2</sup>	8.59	161.08
[14]	UF-668 x EET-48	45	20	25	44	266	21.62	<b>0.58</b> <sup>2</sup>	8.59	161.08
[21]	Pound-7 x UF-677	45	18	27	40	315	28.50	<b>1.82</b> <sup>2</sup>	5.03	126.46
[12]	EET-399 x UF-677	45	17	28	38	341	32.29	<b>2.71</b> <sup>2</sup>	<b>3.61</b> <sup>1</sup>	110.71
[1]	UF-668 x Sca-12	45	17	28	38	341	32.29	<b>2.71</b> <sup>2</sup>	<b>3.61</b> <sup>1</sup>	110.71
[10]	Pound-7 x Sca-12	45	16	29	36	369	36.32	<b>3.78</b> <sup>2</sup>	<b>2.42</b> <sup>1</sup>	96.01
[24]	Sca-12 x UF-677	45	15	30	33	397	40.59	5.02	<b>1.47</b> <sup>1</sup>	82.36
[7]	UF-677 x Sca-12	45	15	30	33	397	40.59	5.02	<b>1.47</b> <sup>1</sup>	82.36
[8]	UF-677 x Pound-7	45	14	31	31	426	45.09	6.44	<b>0.76</b> <sup>1</sup>	69.76
[23]	UF-668 x EET-399	45	13	32	29	457	49.83	8.04	<b>0.29</b> <sup>1</sup>	58.20
[4]	EET-48 x Sca-12	45	10	35	22	554	65.47	13.91	<b>0.29</b> <sup>1</sup>	29.81
[18]	EET-48 x UF-668	45	7	38	16	661	83.25	21.38	<b>2.42</b> <sup>1</sup>	10.83
[11]	EET-48 x UF-677	45	6	39	13	699	89.65	24.22	<b>3.61</b> <sup>1</sup>	6.60
[29]	Pound-7 x EET-399	45	4	41	9	777	103.16	30.44	6.69	<b>1.27</b> <sup>0</sup>
[5]	EET-48 x EET-48	45	4	41	9	777	103.16	30.44	6.69	<b>1.27</b> <sup>0</sup>
[6]	Pound-7 x Pound-7	45	3	42	7	818	110.27	33.82	8.59	<b>0.18</b> <sup>0</sup>
[3]	EET-399 x Pound-7	45	2	43	4	860	117.62	37.38	10.72	<b>0.13</b> <sup>0</sup>
[9]	EET-399 x EET-399	45	2	43	4	860	117.62	37.38	10.72	<b>0.13</b> <sup>0</sup>
[27]	UF-677 x UF-668	45	2	43	4	860	117.62	37.38	10.72	<b>0.13</b> <sup>0</sup>
[25]	Sca-12 x Sca-12	45	1	44	2	903	125.21	41.11	13.09	<b>1.13</b> <sup>0</sup>
[20]	UF-668 x UF-668	45	0	45	0	947	133.03	45.02	15.70	<b>3.18</b> <sup>0</sup>
[13]	UF-677 x UF-677	45	0	45	0	947	133.03	45.02	15.70	<b>3.18</b> <sup>0</sup>

Observaciones: n: pegue, np: abscisión, 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 (proporción de pegue/abscisión).

<sup>3</sup> no significativa, la propuesta observada es igual a la propuesta teórica esperada de 3:1.

<sup>2</sup> no significativa, la propuesta observada es igual a la propuesta teórica esperada de 2:2

<sup>1</sup> no significativa, la propuesta observada es igual a la propuesta teórica esperada de 1:3

<sup>0</sup> no significativa, la propuesta observada es igual a la propuesta teórica esperada de 0:4

## 7.2 COMPATIBILIDAD ENTRE LOS CLONES EVALUADOS.

**El clon EET-48:** es autoincompatible (ver cuadro 6), es compatible con los clones EET-399, Sca-12, UF-668 y UF-677 aunque con la mayoría obtiene bajos porcentajes de pegue (ver cuadro 7), solamente con el clon EET-399 obtuvo un alto porcentaje de pegue.

**El clon EET-399:** es un clon autoincompatible (ver cuadro 6), es compatible con los clones EET-48, UF-668 y UF-677 (ver cuadro 8), principalmente con los clones EET-399 y UF-668, obteniendo alto porcentaje de pegue. Es incompatible con el clon Pound-7.

**El clon Pound-7:** es un clon autoincompatible (ver cuadro 6), de cruce compatible con los clones EET-48, Sca-12 y UF-677 (ver cuadro 7) obteniendo un alto porcentaje de pegue con el primero un 76% de 45 polinizaciones, es de cruce incompatible con el clon EET-399. Para Arévalo 1972, (4) es un clon autocompatible.

**CUADRO 6.** Resultados de los seis autocruzamientos realizados, basándose en número de pegues y su condición compatible en base a los resultados del Chi cuadrado.

Nº.	Cruce	Flores Polinizadas				Condición
			(p)	(np)	%p	
[ 5 ]	EET-48 x EET-48	45	4	41	9	Autoincompatible
[ 9 ]	EET-399 x EET-399	45	2	43	4	Autoincompatible
[ 6 ]	Pound-7 x Pound-7	45	3	42	7	Autoincompatible
[25]	Sca-12 x Sca-12	45	1	44	1	Autoincompatible
[20]	UF-668 x UF-668	45	0	45	0	Autoincompatible
[13]	UF-677 x UF-677	45	0	45	0	Autoincompatible

Observaciones: (p): número de pegues, (np): número de abscisiones y %p: porcentaje de pegues.

**El clon Sca-12:** es un clon autoincompatible (ver cuadro 6) y de cruce compatible con los clones EET-399, Pound-7, UF-668 y UF-677 (ver cuadro 7), obteniendo el mas alto porcentaje promedio de pegues el 52% de 180 polinizaciones, es importante hacer resaltar que los cruces con los clones Pound-7 y UF-668 se obtuvo un alto porcentaje de pegue, el 69% con el primero y el 62% con el segundo.

Para Arévalo 1972 (4), el cruce entre el clon Sca-12 x Pound-7 es compatible logrando un 47% de pegue en 15 polinizaciones y el cruce entre Sca-12 x UF-668 es compatible logrando un 60% de pegue en el mismo número de polinizaciones.

**El clon UF-668:** clon autoincompatible (ver cuadro 6) con una buena habilidad combinatoria con los clones EET-48, EET-399, Pound-7 y Sca-12 (ver cuadro 7), porque todos sus cruces fueron compatibles principalmente con el tercero de ellos. Para Arévalo 1972, (4) lo consideró un clon autocompatible.

**El clon UF-677:** clon autoincompatible (ver cuadro 6), solamente es compatible con los clones EET-48, Pound-7 y Sca-12 y de cruce incompatible con el clon UF-668 (ver cuadro 7), cuando se cruzo con el clon EET-48 se obtuvo un alto porcentaje de pegue.

**Cuadro 7.** Comportamiento de cada clon en el rol de receptor de polen en función del número de pegues logrados en 180 polinizaciones

NO.	Masculino	Flores			Condición	
		Pollinizadas	p	np		%p
[15]	EET-399	45	24	21	53	Compatible
[4]	Sca-12	45	10	35	22	Compatible
[18]	UF-668	45	7	38	16	Compatible
[11]	UF-677	45	6	39	13	Compatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>47</b>	<b>133</b>	<b>26</b>	
[19]	EET-48	45	26	19	58	Compatible
[3]	Pound-7	45	2	43	4	Incompatible
[28]	UF-668	45	31	14	69	Compatible
[12]	UF-677	45	17	28	38	Compatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>76</b>	<b>104</b>	<b>42</b>	
[30]	EET-48	45	34	11	76	compatible
[29]	EET-399	45	4	41	9	Incompatible
[10]	Sca-12	45	16	29	36	compatible
[21]	UF-677	45	18	27	40	compatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>108</b>	<b>40</b>	
[17]	EET-399	45	20	25	44	compatible
[22]	Pound-7	45	31	14	69	compatible
[26]	UF-668	45	28	17	62	compatible
[24]	UF-677	45	15	30	33	compatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>94</b>	<b>86</b>	<b>52</b>	
[14]	EET-48	45	20	25	44	compatible
[23]	EET-399	45	13	32	29	compatible
[16]	Pound-7	45	23	22	51	compatible
[1]	Sca-12	45	17	28	37	compatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>73</b>	<b>107</b>	<b>41</b>	
[2]	EET-48	45	26	19	58	compatible
[8]	Pound-7	45	14	31	31	Compatible
[7]	Sca-12	45	15	30	33	Compatible
[27]	UF-668	45	2	43	4	Incompatible
	<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>57</b>	<b>123</b>	<b>32</b>	

Observaciones: p: número de pegues, np: número de abscisiones y %p: porcentaje de pegues

Para Eysen Enríquez (15) en su fenograma (ver apéndice 5) presentado indica que existen cinco grupos y los clones que componen cada grupo están estrechamente emparentados y que los clones menos emparentados serían los clones que componen el grupo uno con los clones que componen el grupo cinco y en su recomendación cuatro, indica que se realicen cruces entre los clones compatibles menos emparentados.



Según el fenograma de Enríquez (15) los clones que evaluaron en este estudio se encuentra ubicados de la siguiente forma: los clones EET-399, UF-668 y UF-677 se encuentran en el grupo dos; los clones EET-48 y Sca-12 en el grupo tres y el clon Pound-7 en el grupo cinco.

Al clon UF-677 también se le conoce con el nombre de EET-9 y al clon Sca-12 con el nombre de EET-110 (25).

Los cruces realizados entre los clones EET-399 y los clones UF-668 y UF-677, aunque estos se encuentra estrechamente emparentados por pertenecer al grupo dos, todos los cruces realizados entre estos clones son compatible, lo que no sucedió con los cruces entre el clon EET-399 y el Clon Pound-7 aunque no están estrechamente emparentados el primero está en el grupo uno y el segundo en el grupo cinco, el cruce entre estos clone es incompatibles entre ellos.

## 8. CONCLUSIONES.

Sobre la base de la evaluación de la compatibilidad de los seis clones podemos concluir en lo siguiente:

- a). Los seis clones evaluados son autoincompatibles, principalmente los clones costarricenses UF-668 y UF-677 debido a que estos antes de los diez días después de la polinización ya habían abscisioanados los cuarenta y cinco botones polinizados (ver apendice 1).

Para Arévalo (4), los clones Pound-7 y UF-668 son autocompatibles, para J. Soria y G. Enríquez 1,981 (25), los clones EET-48, EET-399. Pound-7 y Sca-12 son autoincompatibles y solamente reporta al clon UF-668 como autocompatible. Para (26), los clones EET-48, EET-399, Pound-7 y Sca-12 los reportan como autoincompatibles y solamente a UF-668 y UF-677 como clones autocompatibles.

Los datos reportados tanto por (4), (25) y (26), no concuerdan con los resultados obtenidos en esta evaluación de compatibilidad, principalmente con los clones UF-668 y UF-677 que para la mayoría de ellos son clones autocompatibles.

- b). Sca-12 es un clon que tiene una buena habilidad combinatoria con los demás clones, debido a que este alcanzó el porcentaje promedio de pegues mas alto de las 180 polinizaciones, principalmente con los clones Pound-7 y UF-668, resultados de compatibilidad muy parecidos a los logrados por Arévalo 1972 (4).

- c). El clon EET-48 su habilidad de combinarse con los demás clones no es muy buena, ya que su porcentaje promedio de pegues logrados es el mas bajo de un total de 180 polinizaciones en relación a los otros clones
- d). De los treinta cruces realizados entre los seis clones, solamente ocho de ellos lograron obtener mas del 50% de pegues de 45 polinizaciones, los cuales son: [16] UF-668 x Pound-7, [15] EET-48 x EET-399, [19] EET-399 x EET-48, [2] UF-677 x EET-48, [26] Sca-12 x UF-668, [28] EET-399 x UF-668, [22] ScA-12 X Pound-7 y [30] Pound-7 x EET-48.

## 9. RECOMENDACIONES.

1. Del total de treinta cruzamientos evaluados, los cruces recomendados para el Programa de semilla Híbrida comercial son los siguientes: **[Pound-7 x EET-48]**, **[EET-399 x UF-668]**, **[Sca-12 x Pound-7]**, **[Sca-12 x UF-668]**, **[UF-677 x EET-48]**, **[EET-399 x EET-48]**, **[EET-48 x EET-399]** y **[UF-668 x Pound-7]**.

Esta recomendación es bajo la reserva que es la primera evaluación de compatibilidad que se realiza, por lo que es conveniente seguir haciendo mas evaluaciones para tener una certeza de la compatibilidad de estos clones en los cruces recomendados.

2. se recomienda hacer mas evaluaciones con los clones Pound-7, UF-668 y UF-677 para poder determinar su autocompatibilidad o autoincompatibilidad principalmente con los dos últimos.

3. Por los problemas encontrados y observados en el jardín clonal con relación a las unidades clónales se recomienda lo siguiente, con lo que coincidimos con Eysen Enríquez (15):

a). Iniciar un programa de descontaminación de plantas atípicas del jardín clonal. Haciendo una identificación de las características morfológicas de los clones y las plantas que no correspondan a la unidad clonal eliminarlas.

b). De las plantas que queden en el jardín clonal, hacer una identificación de los clones con métodos mas técnicos, descriptores morfológicos o por la técnica de electroforesis de isoenzimas (15).

c). Al tener una identificación plena de cada clon, iniciar una recuperación de las plantas faltantes del jardín clonal y montar otras replicas en el área del mismo Centro y en otras localidades fuera de este, e incorporar dentro de los nuevos jardines clonales materiales nacionales.

5. Seguir con un programa de identificación de la compatibilidad de los clones restantes que existen en el jardín clonal de cacao, sin dejar a fuera otras características genéticas como resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento.

6. Los segregaciones ( $F_1$ ) obtenidos en este estudio y otras evaluaciones, montar ensayos para darle seguimiento a la identificación del fenómeno de la compatibilidad.

## 10. BIBLIOGRAFIA.

1. ALVIN, P. DE T. 1954. Studies on the cause of cherville wilt of cacao. *Revista Turrialba (C.R.)* 4(2):72-78.
2. ALVIN, R., et al. 1974. The possible role of abscisic acid and cytokinins in growth rhythms of *Theobroma cacao* L. *Revista Theobroma (Brasil)* 4(3):3-12.
3. ALLARD, R.W, 1975. Principios en la mejora genética de las plantas. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 498 p.
4. ARÉVALO R,A; et al. 1972. Determinación de los genotipos de incompatibilidad o compatibilidad en varios clones cacao. *Revista Theobroma (Brasil)*. 2 (2):33-38.
5. BRAUDEAU, J. 1978. El cacao, técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España, Limusa. 297 p.
6. BRAUER, O. 1981. Fitogenética aplicada. México, Limusa. 103-112 p.
7. CARLETTO, G.A. 1972. Estudo dos mecanismos determinantes de graus de autocompatibilidade em *Theobroma cacao*. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA 43 p.
8. \_\_\_\_\_; SORIA, J. 1973. Testes de graus de autocompatibilidade em cacauero (*Theobroma cacao* L.). *Revista Theobroma (Brasil)* 3 (1):26-35.
9. CHAPMAN, R.K; SORIA, S. DE J. 1983. Comparative *Forcipomyia* pollination of cacao in Central América and southern México. *Revista Theobroma* 13(2):129-139.
10. CHEESMAN, E.E. 1944. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa populations. *Revista Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)* 22(8):144-159.
11. COCHRAN, W.G; COX, G.M. 1965. Diseños experimentales. México, Trillas. 661 p.
12. COPE, F.W. 1957. Incompatibility in *Theobroma cacao*. En: Annual Report on cacao Research. Trinidad, ICTA. p. 57-58 .
13. CORAL, F.J. 1970. Estudo comparativo das teorias sobre o controle genético das incompatibilidades do cacauero (*Theobroma cacao* L.). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. p. 65.
14. CUATRECASA, J. 1964. Cacao and its allies; a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contribution U.S. Nat. Herbario (EE.UU.) 35(6):379-614
15. ENRÍQUEZ, E. 1995. Identificación de 25 clones cacao (*Theobroma cacao* L.) por electroforesis de isoenzimas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 53 p.

16. ENRÍQUEZ, G.A. s.f. Catalogo de cultivares de cacao. s.n.t. 20 p.
17. ESTRADA MONROY, A. 1990. Vida esotérica Maya-Kekchí. Guatemala, Ministerio de Cultura y Deportes, Gráfico de Serviprensa Centroamericana, Colección Obra Varia, no.3. 395 p.
18. GARCIA, M. SEBASTIÁN, C. 1998. El museo de las ilusiones, Centro Ceremonial Bilbao; Museo Cultural Cotzumalguapa. Revista Domingo, Prensa Libre, (Guatemala) mayo.10:14-15.
19. HARDY, F. 1961. Manual de cacao. Turrialba, Costa Rica. s.n. 39 p.
20. JACOB, V.J; ATANDA, O.A. 1975. Compatibility and fruit setting in *Theobroma cacao*. Revista Theobroma (Brasil) 5 (2):12-18.
21. LANAUD, C. 1987. Nouvelles donnees sur la biologie du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Diversite des populations systeme D'incompatibilite haploides spontanés leurs consequences pour L'amélioration genetique de cette espece. These de Doctuer, París, France, Universite de París Sur, Centre D'unsay. 45 p.
22. LEITE, R. M DE O; et al. 1990. Relações entre a floração e a frutificação do cacaueiro. Carta Agronómica (Brasil) 2(1):11-16.
23. LOPEZ BAEZ, O. 1982. Revisión de literatura sobre la incompatibilidad en cacao. En: Curso de Fitomejoramiento. Costa Rica, CATIE, Programa de Postgrado. p. 8-15
24. SORIA, J. 1987. Situación y perspectiva del cacao en Guatemala. En: Foro Interamericano de cacao (1987, Costa Rica) Washington, D.C., EE.UU., FUPAD. p. 16-34
25. \_\_\_\_\_; ENRÍQUEZ, G.A. 1981. Cacao. internacional catalog. Turrialba, Costa Rica, Tropical Agricultural Research and Training Center, The American Cocoa Research Institute. Technical Bulletin no.6. 60 p.
26. TROPICAL AGRICULTURAL RESERACH AND TRAINING CENTER. 1984. Genetic resources of cacao; catalogue of the CATIE collection. Turrialba, Costa Rica. Technical Bulletin no.7. 68 p.
27. WINDER, J.A; SILVA, P. 1972. Pesquisa sobre a polinização do cacaueiro por insectos na Bahía. Revista Theobroma (Brasil) 2(3):36-46.
28. YAMADA, M.M; BARTLEY, B. 1984. Incompatibilidade em cacaueiro (*Theobroma cacao* L.): clones EEG-13 e EEG-65. Revista Theobroma (Brasil) 14(2):167-169.
29. \_\_\_\_\_; DE CASTRO, G; MELO, G.R. 1982. Heranca do fator compatibilidade en *Theobroma cacao* L., I. relações fenotípicas na família PA (paranari). Revista Theobroma (Brasil) 12(3):163-167.

Vo. Co.  
*Petrucci*



## 11. APENDICES





## 11.1 APENDICE UNO

## BOLETA PARA TOMA DE DATOS.

Determinación de la compatibilidad entre seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical (CATBUL), San Miguel Panan, Suchitepéquez.

No.	Polinizadora	NO.	Tratamiento	Flores Polinizadas	Fecha polinización	LECTURAS					
						5 días		10 días		15 días	
						(p)	(np)	(p)	(np)	(p)	(np)
1	Uno	[6]	Pound-7 x Pound-7	15	2 mayo	7 mayo		12 mayo		17 mayo	
	Dos	[8]	UF-677 x Pound-7	15	2 mayo	9	6	3	12	3	12
	Tres	[6]	Pound-7 x Pound-7	15	2 mayo	9	6	8	7	6	9
2	Uno	[9]	EET-399 x EET-399	15	3 mayo	8 mayo		13 mayo		18 mayo	
	Dos	[3]	EET-399 x Pound-7	15	3 mayo	5	10	0	15	0	15
	Tres	[12]	EET-399 x UF-677	15	3 mayo	3	12	2	13	2	13
3	Uno	[10]	Pound-7 x Sca-12	15	4 mayo	9 mayo		14 mayo		19 mayo	
	Dos	[13]	UF-677 x UF-677	15	4 mayo	11	4	8	7	8	7
	Tres	[24]	Sca-12 x UF-677	15	4 mayo	2	13	0	15	0	15
4	Uno	[8]	UF-677 x Pound-7	15	5 mayo	10 mayo		17 mayo		22 mayo	
	Dos	[29]	Pound-7 x EET-399	15	5 mayo	2	13	2	13	2	13
	Tres	[4]	EET-48 x Sca-12	15	5 mayo	6	9	4	11	2	13
5	Uno	[7]	UF-677 x Sca-12	15	6 mayo	11 mayo		18 mayo		23 mayo	
	Dos	[24]	Sca-12 x UF-677	15	6 mayo	8	7	3	12	3	12
	Tres	[18]	EET-48 x UF-668	15	6 mayo	11	4	2	13	2	13
6	Uno	[2]	UF-677 x EET-48	15	9 mayo	14 mayo		19 mayo		24 mayo	
	Dos	[20]	UF-668 x UF-668	15	9 mayo	1	14	1	14	1	14
	Tres	[13]	UF-677 x UF-677	15	9 mayo	11	4	8	7	6	9
7	Uno	[5]	EET-48 x EET-48	15	10 mayo	15 mayo		20 mayo		25 mayo	
	Dos	[10]	Pound-7 x Sca-12	15	10 mayo	0	15	0	15	0	15
	Tres	[19]	EET-399 x EET-48	15	10 mayo	13	2	9	6	6	9
8	Uno	[1]	UF-668 x Sca-12	15	11 mayo	15 mayo		20 mayo		25 mayo	
	Dos	[5]	EET-48 x EET-48	15	11 mayo	5	10	4	11	3	12
	Tres	[27]	UF-677 x UF-668	15	11 mayo	4	11	2	13	2	13
9	Uno	[3]	EET-399 x Pound-7	15	12 mayo	16 mayo		21 mayo		26 mayo	
	Dos	[15]	EET-48 x EET-399	15	12 mayo	0	15	0	15	0	15
	Tres	[25]	Sca-12 x Sca-12	15	12 mayo	12	3	11	4	6	9

10						17 mayo	22 mayo	27 mayo		
	Uno	[4]	EET-48 x Sca-12	15	13 mayo	4 11	4 11	4 11		
	Dos	[25]	Sca-12 x Sca-12	15	13 mayo	2 13	2 13	1 14		
	Tres	[7]	UF-677 x Sca-12	15	13 mayo	2 13	2 13	2 13		
11						21 mayo	26 mayo	31 mayo		
	Uno	[11]	Eet-48 x UF-677	15	16 mayo	3 12	2 13	2 13		
	Dos	[11]	EET-48 x UF-677	15	16 mayo	9 6	6 9	2 13		
	Tres	[29]	Pound-7 x EET-399	15	16 mayo	5 10	4 11	4 11		
12						22 mayo	25 mayo	1 junio		
	Uno	[14]	UF-668 x EET-48	15	17 mayo	8 7	4 11	4 11		
	Dos	[21]	Pound-7 x UF-677	15	17 mayo	8 7	5 10	5 10		
	Tres	[14]	UF-668 x EET-48	15	17 mayo	8 7	7 8	7 8		
13						23 mayo	26 mayo	2 junio		
	Uno	[12]	EET-399 x UF-677	15	18 mayo	8 7	7 8	7 8		
	Dos	[26]	Sca-12 x UF-668	15	18 mayo	13 2	7 8	6 9		
	Tres	[23]	UF-668 x Eet-399	15	18 mayo	1 14	1 14	1 14		
14						24 mayo	27 mayo	3 junio		
	Uno	[13]	UF-677 x UF-677	15	19 mayo	1 14	0 15	0 15		
	Dos	[6]	Pound-7 x Pound-7	15	19 mayo	5 10	0 15	0 15		
	Tres	[5]	EET-48 x EET-48	15	19 mayo	1 14	1 14	1 14		
15						25 mayo	28 mayo	4 junio		
	Uno	[15]	EET-48 x EET-399	15	20 mayo	10 5	10 5	10 5		
	Dos	[16]	UF-668 x Pound-7	15	20 mayo	6 9	2 13	2 13		
	Tres	[16]	UF-668 x Pound-7	15	20 mayo	11 4	11 4	11 4		
16						28 mayo	2 junio	7 junio		
	Uno	[30]	Pound-7 x EET-48	15	23 mayo	13 2	12 3	12 3		
	Dos	[27]	UF-677 x UF-668	15	23 mayo	4 11	0 15	0 15		
	Tres	[11]	EET-48 x UF-677	15	23 mayo	3 12	2 13	2 13		
17						29 mayo	3 junio	8 junio		
	Uno	[29]	Pound-7 x EET-399	15	24 mayo	8 7	0 15	0 15		
	Dos	[1]	UF-668 x Sca-12	15	24 mayo	11 4	10 5	10 5		
	Tres	[28]	EET-399 x UF-677	15	24 mayo	10 5	10 5	10 5		
18						30 mayo	4 junio	9 junio		
	Uno	[28]	EET-399 x UF-668	15	25 mayo	10 5	9 6	9 6		
	Dos	[22]	Sca-12 x Pound-7	15	25 mayo	14 1	9 6	9 6		
	Tres	[3]	EET-399 x Pound-7	15	25 mayo	3 12	0 15	0 15		
19						31 mayo	5 junio	10 junio		
	Uno	[27]	UF-677 x UF-668	15	26 mayo	1 14	0 15	0 15		
	Dos	[12]	EET-399 x UF-677	15	26 mayo	11 4	10 5	10 5		
	Tres	[17]	Sca-12 x EET-399	15	26 mayo	6 9	5 10	3 2		
20						1 junio	6 junio	11 junio		
	Uno	[26]	Sca-12 x UF-668	15	27 mayo	14 1	12 3	12 3		
	Dos	[17]	Sca-12 x EET-399	15	27 mayo	12 3	12 3	10 5		
	Tres	[10]	Pound-7 x Sca-12	15	27 mayo	4 11	2 13	2 13		
21						4 junio	9 junio	14 junio		
	Uno	[20]	UF-668 x UF-668	15	30 mayo	3 12	2 13	1 14		
	Dos	[4]	EET-48 x Sca-12	15	30 mayo	6 9	6 9	6 9		
	Tres	[26]	Sca-12 x UF-668	15	30 mayo	12 3	10 5	10 5		
22						5 junio	10 junio	15 junio		
	Uno	[17]	Sca-12 x EET-399	15	31 mayo	9 6	9 6	7 8		
	Dos	[19]	EET-399 x EET-48	15	31 mayo	11 4	11 4	11 4		
	Tres	[9]	EET-399 x EET-399	15	31 mayo	3 12	2 13	2 13		

23						6 junio		11 junio		16 junio	
	Uno	[19]	EET-399 x EET-48	15	1 junio	15	0	15	0	15	0
	Dos	[14]	UF-668 x EET-48	15	1 junio	11	4	10	5	9	6
	Tres	[15]	EET-48 x EET-399	15	1 junio	8	7	8	7	8	7
24						7 junio		12 junio		17 junio	
	Uno	[6]	UF-668 x Pound-7	15	2 junio	11	4	10	5	10	5
	Dos	[30]	Pound-7 x EET-48	15	2 junio	15	0	12	3	12	3
	Tres	[2]	UF-677 x EET-48	15	2 junio	13	2	11	4	10	5
25						8 junio		13 junio		18 junio	
	Uno	[18]	EET-48 x UF-668	15	3 junio	1	14	1	14	1	14
	Dos	[9]	Pound-7 x EET-48	15	3 junio	0	15	0	15	0	15
	Tres	[22]	Sca-12 x Pound-7	15	3 junio	11	4	10	5	10	5
26						11 junio		16 junio		21 junio	
	Uno	[25]	Sca-12 x Sca-12	15	6 junio	0	15	0	15	0	15
	Dos	[2]	UF-677 x EET-48	15	6 junio	11	4	10	5	10	5
	Tres	[30]	Pound-7 x EET-48	15	6 junio	12	3	10	5	10	5
27						12 junio		17 junio		22 junio	
	Uno	[22]	Sca-12 x Pound-7	15	7 junio	13	2	12	3	12	3
	Dos	[23]	UF-668 x EET-399	15	7 junio	8	7	7	8	7	8
	Tres	[1]	UF-668 x Sca-12	15	7 junio	8	7	8	7	7	8
28						13 junio		18 junio		23 junio	
	Uno	[21]	Pound-7 x UF-677	15	8 junio	10	5	8	7	8	7
	Dos	[18]	EET-48 x UF-668	15	8 junio	6	9	5	10	5	10
	Tres	[20]	UF-668 x Sca-12	15	8 junio	2	13	1	14	1	14
29						14 junio		19 junio		24 junio	
	Uno	[23]	UF-668 x EET-399	15	9 junio	6	9	5	10	5	10
	Dos	[28]	EET-399 x UF-668	15	9 junio	12	3	12	3	12	3
	Tres	[21]	Pound-7 x UF-677	15	9 junio	6	9	6	9	5	10
30						15 junio		20 junio		25 junio	
	Uno	[24]	Sca-12 x UF-677	15	10 junio	12	3	12	3	11	4
	Dos	[7]	UF-677 x Sca-12	15	10 junio	12	3	10	2	10	5
	Tres	[8]	UF-677 x Pound-7	15	10 junio	7	8	6	9	6	9

11.2 APENDICE DOS

**CUADRO 8A.** Prueba de X<sup>2</sup>, resultados de la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones evaluados, sobre la base de las Propuestas Teórica Esperadas (PTE's), en la primera lectura cinco días después de la polinización. Comparador 3.84 al 5% de confiabilidad con 1 g.l.

NO.	Cruce	flores polinizadas	p	np	%p	Valores de X <sup>2</sup>				
						4:0	3:1	1:1	1:3	0:4
						100%	75%	50%	25%	0%
30	Pound-7 x EET-48	45	40	5	88.89	0.90 <sup>4</sup>	5.03	27.24	96.29	737.60
26	Sca-12 x UF-668	45	39	6	86.67	2.38 <sup>4</sup>	3.61 <sup>3</sup>	24.22	89.65	698.83
22	Sca-12 x Pound-7	45	38	7	84.44	4.57	2.42 <sup>3</sup>	21.38	83.25	661.11
2	UF-677 x EET-48	45	35	10	77.78	29.81	0.29 <sup>3</sup>	13.91	65.47	554.22
28	EET-399 x UF-668	45	32	13	71.11	58.20	0.29 <sup>3</sup>	8.04	49.83	456.76
19	EET-399 x EET-48	45	31	14	68.89	69.76	0.76 <sup>3</sup>	6.44	45.09	426.36
15	EET-48 x EET-399	45	30	15	66.67	82.36	1.47 <sup>3</sup>	5.02	40.59	397.01
16	UF-668 x Pound-7	45	28	17	62.22	110.71	3.61 <sup>3</sup>	2.71 <sup>2</sup>	32.29	341.46
24	Sca-12 x UF-677	45	28	17	62.22	110.71	3.61 <sup>3</sup>	2.71 <sup>2</sup>	32.29	341.46
14	UF-668 x EET-48	45	27	18	60.00	126.46	5.03	1.82 <sup>2</sup>	28.50	315.25
17	Sca-12 x EET-48	45	27	18	60.00	126.46	5.03	1.82 <sup>2</sup>	28.50	315.25
10	Pound-7 x Sca-12	45	25	20	55.56	161.08	8.59	0.58 <sup>2</sup>	21.62	265.97
21	Pound-7 x UF-677	45	24	21	53.33	179.97	10.72	0.22 <sup>2</sup>	18.54	242.90
12	EET-399 x UF-677	45	23	22	51.11	199.90	13.09	0.04 <sup>2</sup>	15.70	220.88
8	UF-677 x Pound-7	45	22	23	48.89	220.88	15.70	0.04 <sup>2</sup>	13.09	199.90
7	UF-677 x Sca-12	45	22	23	48.89	220.88	15.70	0.04 <sup>2</sup>	13.09	199.90
1	UF-668 x Sca-12	45	21	24	46.67	242.90	18.54	0.22 <sup>2</sup>	10.72	179.97
6	Pound-7 x Pound-7	45	17	28	37.78	341.46	32.29	2.71 <sup>2</sup>	3.61	110.71
11	EET-48 x UF-677	45	15	30	33.33	397.01	40.59	5.02	1.47 <sup>1</sup>	82.36
23	UF-668 x EET-399	45	15	30	33.33	397.01	40.59	5.02	1.47 <sup>1</sup>	82.36
29	Pound-7 x EET-399	45	14	31	31.11	426.36	45.09	6.44	0.76 <sup>1</sup>	69.76
4	EET-48 x Sca-12	45	10	35	22.22	554.22	65.47	13.91	0.29 <sup>1</sup>	29.81
27	UF-677 x UF-668	45	9	36	20.00	588.81	71.16	16.22	0.76 <sup>1</sup>	22.43
13	UF-677 x UF-677	45	8	37	17.78	624.43	77.09	18.71	1.47 <sup>1</sup>	16.11
18	EET-48 x UF-668	45	8	37	17.78	624.43	77.09	18.71	1.47 <sup>1</sup>	16.11
9	EET-399 x EET-399	45	8	37	17.78	624.43	77.09	18.71	1.47 <sup>1</sup>	16.11
3	EET-48 x Pound-7	45	6	39	13.33	698.83	89.65	24.22	3.61 <sup>1</sup>	6.60
5	EET-48 x EET-48	45	6	39	13.33	698.83	89.65	24.22	3.61 <sup>1</sup>	6.60
20	UF-668 x UF-688	45	5	40	11.11	737.60	96.29	27.24	5.03	3.41 <sup>0</sup>
25	Sca-12 x Sca-12	45	2	43	4.44	860.18	117.62	37.38	10.72	0.13 <sup>0</sup>

Observaciones: n: pegue, np: abscisión, %p: porcentaje de pegue, 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 proporciones de pegue/abscisión  
 (4): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 4:0  
 (3): no hay significancia entre la Probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 3:1  
 (2): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 2:2  
 (1): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 1:3  
 (0): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 0:4

## 11.3 APENDICE TRES

**CUADRO 9A.** Prueba de X<sup>2</sup>, resultados de la compatibilidad de los 30 cruces entre los seis clones de cacao evaluados, sobre la base de las Propuestas Teórica Esperadas (PTE's), en la segunda lectura a los 10 días después de la polinización. Comparador 3.84 al 5% de significancia con 1 g.l.

NO.	cruce	flores polinizadas	p	np	%p	Valores de X <sup>2</sup>				
						4:0 100%	3:1 75%	2:2 50%	1:3 25%	0:4 0%
30	Pound-7 x EET-48	45	34	11	75.56	38.22	0.05 <sup>3</sup>	11.78	60.02	520.69
22	Sca-12 x Pound-7	45	31	14	68.89	69.76	0.76 <sup>3</sup>	6.44	45.09	426.36
28	EET-399 x UF-668	45	31	14	68.89	69.76	0.76 <sup>3</sup>	6.44	45.09	426.36
26	Sca-12 x UF-668	45	29	16	64.44	96.01	2.42 <sup>3</sup>	3.78 <sup>2</sup>	36.32	368.71
2	UF-677 x EET-48	45	29	16	64.44	96.01	2.42 <sup>3</sup>	3.78 <sup>2</sup>	36.32	368.71
15	EET-48 x EET-399	45	29	16	64.44	96.01	2.42 <sup>3</sup>	3.78 <sup>2</sup>	36.32	368.71
19	EET-399 x EET-48	45	26	19	57.78	143.25	6.69	1.11 <sup>2</sup>	24.94	290.08
16	UF-668 x Pound-7	45	23	22	51.11	199.90	13.09	0.04 <sup>2</sup>	15.70	220.88
14	UF-668 x EET-48	45	21	24	46.67	242.90	18.54	0.22 <sup>2</sup>	10.72	179.97
17	Sca-12 x EET-399	45	21	24	46.67	242.90	18.54	0.22 <sup>2</sup>	10.72	179.97
12	EET-399 x UF-677	45	19	26	42.22	290.08	24.94	1.11 <sup>2</sup>	6.69	143.25
21	Pound-7 x UF-677	45	19	26	42.22	290.08	24.94	1.11 <sup>2</sup>	6.69	143.25
10	Pound-7 x Sca-12	45	19	26	42.22	290.08	24.94	1.11 <sup>2</sup>	6.69	143.25
8	UF-677 x Pound-7	45	18	27	40.00	315.25	28.50	1.82 <sup>2</sup>	5.03	126.46
1	UF-668 x Sca-12	45	18	27	40.00	315.25	28.50	1.82 <sup>2</sup>	5.03	126.46
24	Sca-12 x UF-677	45	16	29	35.56	368.71	36.32	3.78 <sup>2</sup>	2.42 <sup>1</sup>	96.01
7	UF-677 x Sca-12	45	15	30	33.33	397.01	40.59	5.02	1.47 <sup>1</sup>	82.36
23	UF-668 x EET-399	45	13	32	28.89	456.76	49.83	8.04	0.29 <sup>1</sup>	58.20
11	EET-48 x UF-677	45	10	35	22.22	554.22	65.47	13.91	0.29 <sup>1</sup>	29.81
4	EET-48 x Sca-12	45	10	35	22.22	554.22	65.47	13.91	0.29 <sup>1</sup>	29.81
18	EET-48 x UF-668	45	7	38	15.56	661.11	83.25	21.38	2.42 <sup>1</sup>	10.83
5	EET-48 x EET-48	45	5	40	11.11	737.60	96.29	27.24	5.03	3.41 <sup>0</sup>
6	Pound-7 x Pound-7	45	4	41	8.89	777.41	103.16	30.44	6.69	1.27 <sup>0</sup>
29	Pound-7 x EET-399	45	4	41	8.89	777.41	103.16	30.44	6.69	1.27 <sup>0</sup>
3	EET-399 x Pound-7	45	2	43	4.44	860.18	117.62	37.38	10.72	0.13 <sup>0</sup>
27	UF-677 x UF-668	45	2	43	4.44	860.18	117.62	37.38	10.72	0.13 <sup>0</sup>
9	EET-399 x EET-399	45	2	43	4.44	860.18	117.62	37.38	10.72	0.13 <sup>0</sup>
25	Sca-12 x Sca-12	45	2	43	4.44	860.18	117.62	37.38	10.72	0.13 <sup>0</sup>
13	UF-677 x UF-677	45	1	44	2.22	903.13	125.21	41.11	13.09	1.13 <sup>0</sup>
20	UF-668 x UF-668	45	0	45	0.00	947.13	133.03	45.02	15.70	3.18 <sup>0</sup>

Observaciones: n: pegue, np: abscisión, %p: porcentaje de pegue, 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 y 0:4 proporciones de pegue/abscisión

(<sup>0</sup>): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 4:0

(<sup>1</sup>): no hay significancia entre la Probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 3:1

(<sup>2</sup>): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 2:2

(<sup>3</sup>): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 1:3

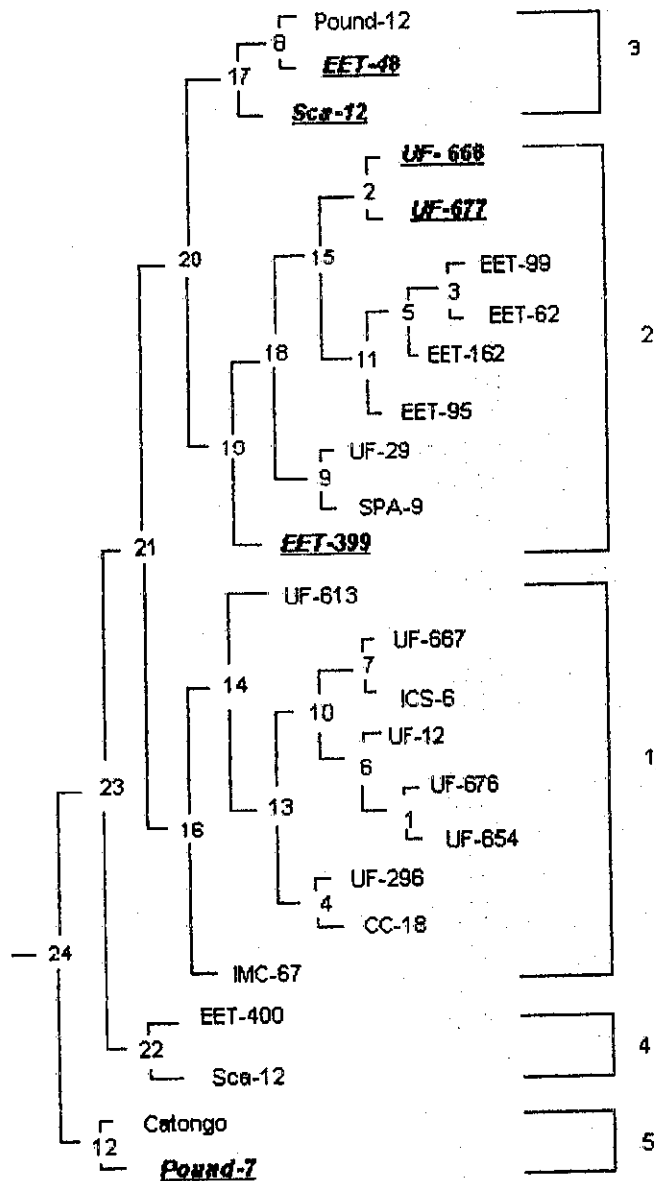
(<sup>4</sup>): no hay significancia entre la probabilidad calculada y la probabilidad tabulada con una Propuesta Teórica Esperada de 0:4

## 11.4 APENDICE CUATRO

POLINIZADORA UNO									
	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes
SEMANA 1	[6]		[9]		[10]		[8]		[7]
SEMANA 2	[2]		[5]		[1]		[3]		[4]
SEMANA 3	[11]		[14]		[12]		[13]		[15]
SEMANA 4	[30]		[29]		[28]		[27]		[26]
SEMANA 5	[20]		[17]		[19]		[16]		[18]
SEMANA 6	[25]		[22]		[21]		[23]		[24]
POLINIZADORA DOS									
	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes
SEMANA 1	[8]		[3]		[13]		[29]		[24]
SEMANA 2	[20]		[10]		[5]		[15]		[25]
SEMANA 3	[11]		[21]		[26]		[6]		[16]
SEMANA 4	[27]		[1]		[22]		[12]		[17]
SEMANA 5	[4]		[19]		[14]		[30]		[9]
SEMANA 6	[2]		[23]		[18]		[28]		[7]
POLINIZADORA TRES									
	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes
SEMANA 1	[6]		[12]		[24]		[4]		[18]
SEMANA 2	[13]		[19]		[27]		[25]		[7]
SEMANA 3	[29]		[14]		[23]		[5]		[16]
SEMANA 4	[11]		[28]		[3]		[17]		[10]
SEMANA 5	[26]		[9]		[15]		[2]		[22]
SEMANA 6	[30]		[1]		[20]		[21]		[8]

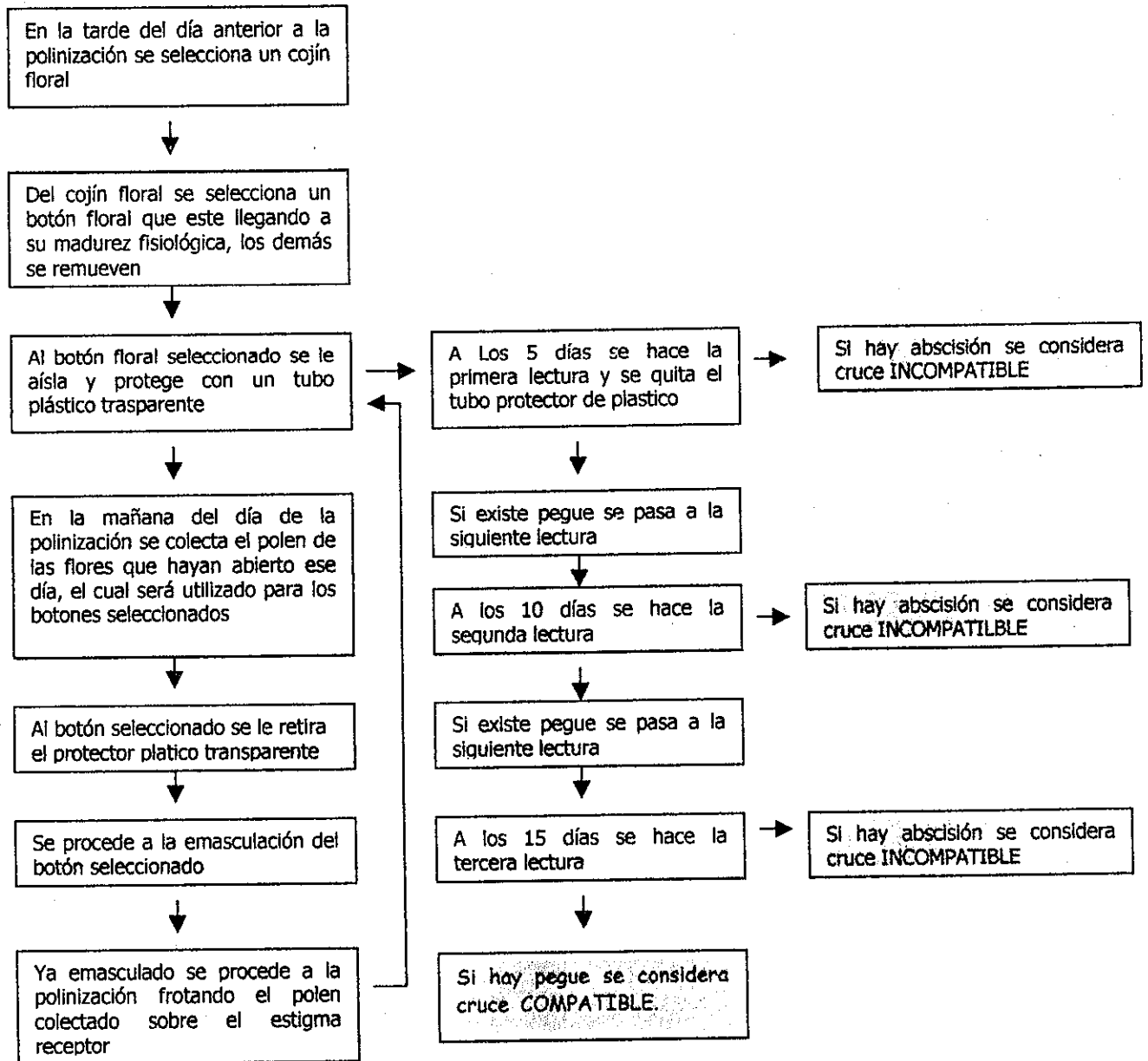
**Figura 1:** Esquema de la forma en que se realizaron las polinizaciones durante las seis semanas de polinización, en el estudio de la determinación de la compatibilidad de los 6 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

## 11.5 APENDICE CINCO



**Figura 2.** Fuente Enríquez (15) Fenograma de los 25 clones de cacao del jardín clonal del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, distribuidos desde el punto de vista de emparentados entre el grupo y entre grupos

## 11.6 APENDICE SEIS



**Figura 3:** Esquema de la Técnica de polinización a mano propuesta por Pound/Volcker utilizada en el estudio de la determinación de la compatibilidad entre seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitepéquez.







Ref. Sem.083-99.

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "DETERMINACION DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE SEIS CLONES DE  
CACAO (Theobroma cacao L.) EN EL CENTRO DE AGRICULTURA  
TROPICAL BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARIO OSBERTO ENRIQUEZ DE LEON

CARNET No: 8010056

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Antonio Zúñiga Armas  
Ing. Agr. Domingo Amador Pérez  
Dr. Luis Mejía de León

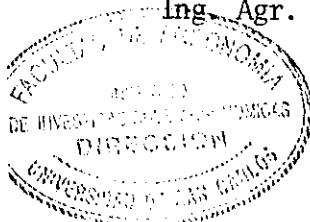
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha  
cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía  
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
A S E S O R



Ing. Agr. Julio R. Contreras García  
A S E S O R

Ing. Agr. Alvaro G. Hernández Dávila  
DIRECTOR DEL I.I.A.



IMPRIMASE

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O



AGHD/Oscar E.  
cc. Archivo  
Control Académico.



•