

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA  
“CORNELIO SILVA ARGUELLO”  
UNAN-MANAGUAFAREM CHONTALES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD



## **Seminario de Graduación para Optar al Título de Ingeniero Agrónomo**

**Tema: Estudio sobre la auto- intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015.**

### **Autores**

- Br. Díaz Téllez Edwin Yubari
- Br. Urbina Espino Jimmi Walter

### **Tutor:**

- MSc. Narciso Lenin Duarte Acevedo

### **Asesor externo:**

- Ing. Ariel Raúl Santos Cordonero

**Febrero, 2015**

***¡A la Libertad por la Universidad!***

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo fruto de mi esfuerzo y perseverancia, en primera instancia a Dios por haberme dado la sabiduría y las fuerzas para seguir adelante.

Muy especialmente a mi madre **Fátima Yudith Téllez**, quién siempre me guio y aconsejó por el camino del bien. Dedico mi triunfo también a mi padre **Edwin José Díaz**, quien me enseñó que siempre hay que luchar para ganar, que solo uno mismo es dueño de su futuro y lo que desea ser en su vida.

También al resto de mi familia por su apoyo incondicional, a mi tía **María Felicia Téllez** por toda su ayuda y apoyo económico que me brindó.

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios que fue el que me brindó la fortaleza física y mental, el don de la sabiduría y el entendimiento y la fuerza para seguir siempre adelante.

También a mis padres que me dieron la vida, educación, apoyo y consejos y por supuesto a mis hermanas que estuvieron en todo momento pendiente de mis estudios apoyándome en mis necesidades, en mis triunfos y fracasos, a lo largo de estos cinco años de arduo estudio profesional que sin duda servirán para lograr más metas a lo largo de mi camino, ya que la verdadera herencia que la familia nos puede dejar son únicamente los estudios.

A mis maestros que siempre tuvieron tiempo para enseñarme, sin importarles aquellos momentos desagradables para ellos donde no ponía atención por estar platicando con mis buenos amigos, Robín Salazar, Manuel Guevara, Edwin Díaz, Isabel Amador, Wilber Ríos, y Daniel Rodríguez

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme vida y sabiduría en este momento, y así poder culminar mis estudios universitarios.

También agradezco a mis padres; mi mamá **Fátima Téllez** y a mi papá **Edwin Díaz** por todo su apoyo y por impulsarme siempre a salir adelante.

A toda mi familia por su cariño y apoyo incondicional.

A una persona muy especial para mi **Enma campos**, gracias por estar conmigo.

A mi asesor **Ing. Raúl Santos Cordonero**, por su apoyo, conocimiento y sobre todo en tiempo invertido en este trabajo. Al polinizador **Jorge**, gracias por toda la ayuda.

A mi tutor **MSc. Narciso Duarte**. Gracias por todo su apoyo, conocimiento, ayuda y tiempo dedicado a este trabajo.

Al **INTA** por permitirme realizar mi tesis en el Centro Desarrollo Experimental El Recreo.

## AGRADECIMIENTOS

Me agrada que estas pequeñas líneas del trabajo realizado sirvan para poder expresar un inmenso agradecimiento en primera instancia a Dios, ya que si no hubiese sido por la voluntad de él, hoy no fuese posible este gran triunfo.

En segundo lugar agradecerles inmensamente a mis padres que fueron el pilar fundamental en mi vida de estudios, mi madre **Reyna Isabel Espino Moran** y mi padre **Jimmy Walter Urbina Ibarra**, que gracias al apoyo y cariño incondicional constante que ellos me brindaron, es que yo pude culminar con mis estudios superiores satisfactoriamente.

Sin dejar de menos a mis hermanas que en todo momento estuvieron pendiente de mis necesidades, apoyándome en lo que necesitase de mis estudios.

También a nuestro tutor que siempre estuvo pendiente de todas las revisiones de nuestro trabajo, **MSc. Narciso Lenin Duarte Acevedo** y a nuestro asesor **Ing. Raúl Ariel Santos Cordonero** director del Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA "El Recreo", que siempre nos brindó su apoyo y ayuda al momento de realizar nuestro trabajo práctico, sin dejar de menos al polinizador de esta misma institución Jorge que nos brindó su ayuda en los momentos de realizar nuestros trabajo de tesis

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	v
INDICE DE GRÁFICOS .....	vi
INDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
III. HIPOTESIS.....	4
3.1. Hipótesis de investigación (Hi).....	4
3.2. Hipótesis nula (Ho).....	4
IV. MARCO TEORICO .....	5
4.1. Taxonomía y razas cultivadas .....	5
4.2. Criollos.....	5
4.3. Forasteros.....	5
4.4. Trinitarios.....	6
4.5. Origen y morfología.....	6
4.5.1. Origen .....	6
4.5.2. Planta.....	6
4.5.3. Sistema radicular.....	7
4.5.4. Hojas .....	7
4.5.5. Fruto.....	7
4.5.6. Flores.....	7
4.6. Biología de la flor .....	8
4.6.1. Partes de la flor .....	9
4.7. Auto e intercompatibilidad de cacao.....	11
4.8. Incompatibilidad .....	11
4.8.1. Características del Sistema GI 1-Locus .....	12
4.8.2. Características del Sistema SI.....	13
4.9. Polinización del cacao.....	14

4.10. Polinización artificial del cacao .....	14
V. DISEÑO METODOLÓGICO .....	16
5.1. Área de estudio .....	16
5.2. Diseño experimental .....	16
5.2.1. Parcelas a evaluar .....	16
5.2.2. Variables a evaluar .....	17
5.3. Estudios descriptivos .....	18
5.4. Procedimiento de recolección de datos .....	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
VI. CONCLUSIONES .....	26
VII. RECOMENDACIONES .....	27
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	28
IX. ANEXOS .....	30

## INDICE DE TABLAS

Descripción	Pág.
<b>Tabla N° 1.</b> <i>Taxonomía del Theabroma cacao L.</i>	5
<b>Tabla N° 2.</b> <i>Matriz de compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo.</i>	20
<b>Tabla N° 3.</b> <i>Auto - Compatibilidad de los 5 clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo.</i>	21
<b>Tabla N° 4.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de Madre (Clon UF-296).</i>	21
<b>Tabla N° 5.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de Padre (Clon UF-296).</i>	22
<b>Tabla N° 6.</b> <i>Inter – Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon UF-221).</i>	22
<b>Tabla N° 7.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon UF-221).</i>	22
<b>Tabla N° 8.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon GS-36).</i>	23
<b>Tabla N° 9.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon GS-36).</i>	23
<b>Tabla N° 10.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon POUND-12).</i>	23
<b>Tabla N° 11.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon POUND-12).</i>	24
<b>Tabla N° 12.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon PACAYA).</i>	24
<b>Tabla N° 13.</b> <i>Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon PACAYA).</i>	25

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico N° 1.</b> <i>Partes de la flor de Theobroma cacao L.</i>	10
<b>Gráfico N° 2.</b> <i>Diagrama del muestreo realizado por parcela a las plantaciones estudiadas.</i>	17

## INDICE DE ANEXOS

### Descripción

**Anexo N° 1.** *Mapa de ubicación del estudio*

**Anexo N° 2.** *Cronograma de actividades*

**Anexo N° 3.** *Ficha de recolección de datos*

**Anexo N° 4.** *Materiales y procedimiento*

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, localizado en el Km. 281 carretera El Rama, Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS). Su ubicación geográfica está entre los 12° 7' de longitud norte y 84° 24' de latitud oeste, la altitud del sitio varía de 18 y 25 metros sobre el nivel del mar (msnm), la temperatura media anual es de 28° C y una humedad relativa de 85%, las precipitaciones son de 2,600 a 3,200 mm/anales. Este trabajo se desarrolló con el objetivo de contribuir a evaluar la compatibilidad a nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), mediante la compatibilidad a nivel de gameto a través de polinización artificial. Los clones con los cuales se trabajó fueron: UF- 221, GS- 36, POUND - 12, PACAYA, UF- 227). En el trabajo experimental se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), el que estuvo compuesto por 5 parcelas (un clon por parcela) de cacao, cada parcela contó con 3 surcos, donde se escogieron 5 árboles al azar por clon trabajado. Por árbol, se seleccionó 4 flores, las cuales fueron entubadas para luego polinizarse con el mismo clon y también por los clones de las otras parcelas estudiadas. Dentro de los resultados encontrados, todos los clones muestran buena capacidad de auto-compatibilidad  $\geq 30\%$  y de inter-compatibilidad  $\geq 70\%$  a nivel floral. Al realizar un análisis de la compatibilidad, el clon con mayor auto - compatibilidad por orden porcentual están el UF- 296 con 91.7%, PACAYA con 91.7%, GS-36 con 83.3%, POUND - 12 con 75% y UF-221 con 58.3%, siendo este último el de menor porcentaje. Así mismo, al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre del clon UF- 296 demostró que el clon más inter-compatible fue el clon UF-221 con 91%, seguido el clon POUND- 12 con un 83.3%, PACAYA con un 83.3% y GS-36 con 66.7 %. Los tres primeros cruces son los que puede tomar el productor como referencia para establecer un plan de siembra. Al realizar los análisis de inter - compatibilidad a nivel de madre del Clon POUND-12, demuestra que los clones con mayor porcentaje de inter-compatibilidad son los Clones UF-296, GS-36 y el UF-221 con un 75% y el PACAYA con el 66.7%

**Palabras claves:** Compatibilidad, Auto-Compatibilidad, Inter-Compatibilidad, Clon.

## I. INTRODUCCIÓN

*Theobroma cacao L.*, es una planta originaria de la cuenca del alto amazónico, límite fronterizo de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, región en donde se encuentra la mayor variación de la especie; extendido y domesticado por indígenas mesoamericanos (Mayas, Aztecas y Toltecas) en México y Centro América, en donde fue utilizado para la elaboración de bebidas y un medio de transacciones comerciales, (Motamayor, 2007).

La producción mundial de cacao en grano es de 3,38 millones de toneladas registrando una tasa de crecimiento anual promedio de 2,6% entre 1995/96 y 2008/09; sin embargo, en 2010 y 2011 se registra una disminución en la oferta y producción de un 5%, lo que ocasionó un alza en los precios actuales de US\$ 3,200.00/Tonelada.

Nicaragua por su lado se ubica en el lugar 42 de los países productores de cacao y participa con un 0,02% en el comercio mundial, a nivel nacional se cultivan alrededor de 15,750 manzanas de cacao. Existen unos 10,500 productores organizados en 9 comisiones territoriales y 40 cooperativas. El cultivo de cacao es un producto nativo del país, la principal cosecha se realiza entre los meses de octubre y enero, aunque es un cultivo que se produce todo el año.

(Revista del Comercio Exterior, 2012).

En el país se producen tres variedades de cacao como son Forastero, Criollo y Trinitario y clones (UF- 221, GS- 36, POUND-12, PACAYA, UF- 296), pero su producción está dispersa en varias zonas: Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS), Nueva Guinea, Bluefields, Kukra Hill, Rama y Muelle de los Bueyes; Región Autónoma Atlántico Norte (RAAN), la zona de Las Minas (Siuna, Bonanza y Rositas); en la zona norte del país, Waslala, Rio Coco, Matagalpa, Jinotega; y región del sur con Rivas.

Se han reportado algunos esfuerzos como los del INTA<sup>1</sup> con fondos del Banco Central de Nicaragua y la FAO<sup>2</sup> en coordinación con el IICA<sup>3</sup> donde introducen 235 clones de cacao al Centro de Desarrollo Tecnológico El Recreo, procedentes de la colección internacional de cacao del CATIE<sup>4</sup>, Costa Rica; no obstante, el origen de estos clones son de El Ecuador.

Dentro de los datos de producción, se registra que en el año 2006 se produjeron 500 TM y este dato aumentó para el 2009 reportándose una producción anual de 3000 TM (MEFCCA<sup>5</sup>, 2013). Según el MEFCCA dentro del Plan Nacional de Desarrollo, Consumo y Comercio, propuesto para el 2013, estimó que para el ciclo 2013- 2014 la producción sería de unas 5,827 TM.

La producción de cacao en el país viene en auge y por ser de muy buena calidad puede convertirse en uno de los rubros principales de exportación y propiciar el desarrollo de una industria en el país que pueda satisfacer la demanda de cacao para la elaboración de chocolate a países importadores de Europa (500 TM en el 2009) y Norteamérica (2032.904 TM en el 2013).

Dado a todo lo anterior, es necesario hacer estudios sobre compatibilidad sexual entre especies de cacao que contribuya a que los productores tengan una oferta de variedades a utilizar, para que tomen en cuenta con cuales se obtienen mejores rendimientos, mayor producción y menor incidencia de enfermedades y plagas.

---

<sup>1</sup>Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

<sup>2</sup>Programa de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

<sup>3</sup>Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

<sup>4</sup>Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

<sup>5</sup>Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa

## **II. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la compatibilidad a nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo en El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015.

### **2.2. Objetivos específicos**

Identificar los clones de cacao que muestran ser auto compatibles (UF- 296, GS- 36, POUND-12, PACAYA, UF- 221).

Determinar la inter compatibilidad existente entre estos clones (UF- 296, GS- 36, POUND-12, PACAYA, UF- 221).

### **III. HIPOTESIS**

#### **3.1. Hipótesis de investigación (Hi)**

Todos los clones muestran buena capacidad de auto-compatibilidad  $\geq 30\%$  y de inter-compatibilidad  $\geq 70\%$  a nivel floral.

#### **3.2. Hipótesis nula (Ho)**

Todos los clones muestran una capacidad de ser incompatibles menor a 30% y de interincompatibilidad entre los mismos.

## IV. MARCO TEORICO

### 4.1. Taxonomía y razas cultivadas

**Tabla N° 1.** *Taxonomía del Theobroma cacao L.*

Clasificación taxonómica	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Tracheobionta
<b>Orden:</b>	Malvales
<b>Familia:</b>	Malvaceae
<b>Género:</b>	Theobroma
<b>Especie:</b>	<i>T. cacao</i>

El cacao se divide en tres grandes grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario.

### 4.2. Criollos

Palabra que significa nativo pero de ascendencia extranjera, se originaron en Sudamérica, pero fueron trabajos en México y Centro América y son conocidos también como híbridos de cacao dulce. Se caracteriza por su aroma, la mazorca es de color roja o amarilla cuando maduras, corrientemente con 10 surcos profundos, muy rugosos, cascara suave y semillas redondas medianas a grandes, los cotiledones frescos son de color blanco o violeta pálido. Se cultiva principalmente en México, Guatemala, Nicaragua, Ecuador, Colombia y Venezuela. El árbol es de porte bajo y menos robustos que los otros genotipos y tiene bajo rendimiento. El cacao criollo se caracteriza por su alta susceptibilidad a las principales enfermedades.

### 4.3. Forasteros

Este grupo comprende el cacao ordinario de Brasil, África Occidental y el cacao nacional del Ecuador, también conocidos como forastero amazónico, porque aparentemente están distribuidos en forma natural en la cuenca del río Amazona. Es la variedad más cultivada es las regiones cacaoteras de África y Brasil y proporciona más

del 80% de la producción mundial. La mazorca de todos los forasteros es amarilla cuando están maduras y con surcos y rugosidades poco conspicuas, lisas y de extremo redondeado o punta muy corta. Dentro de este grupo se desatacan distintos grupos como Cundeamor, Amelonado, Sambito, Calabacillo y Angoleta. Las semillas son más o menos aplanadas y los cotiledones frescos son de color violeta.

#### **4.4. Trinitarios**

Es resultado de la hibridación entre los cacaos criollos y forasteros. Comprenden formas híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre los criollos y forasteros. Son árboles de gran vigor, alta producción y resistencia a enfermedades. Las mazorcas y sus semillas presentan una amplia variabilidad tanto de color y tamaño; los cacaos trinitarios se pueden encontrar en México, América Central, Trinidad, Colombia, Ecuador, Venezuela y África.

(Arguello *et al.*, 2000).

#### **4.5. Origen y morfología**

##### **4.5.1. Origen**

Trópicos húmedos de América, noroeste de América del Sur, zona amazónica.

##### **4.5.2. Planta**

Árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales.

### **4.5.3. Sistema radicular**

Raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo.

### **4.5.4. Hojas**

Simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto.

### **4.5.5. Fruto**

De tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo.

### **4.5.6. Flores**

Son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya*.

(INFOAGRO, 2015)

#### **4.6. Biología de la flor**

La inflorescencia del cacao es de tipo caulifloro en el cual las flores aparecen sobre la corteza vieja, bien sea en el tronco; en las ramas principales o en las ramificaciones secundarias, esta característica facilita la colocación de un tubo protector para controlar la polinización artificial.

La flor está sostenida por un pedicelo de 1 a 3 cm y es de pequeña talla, regularmente pentámera. Los cinco pétalos, unidos por su base son blancos o teñidos de rosa. Los cinco pétalos, alternos con sépalos, tienen una forma muy característica: muy estrechos con una base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capucho, de color blanco, la abertura del cual está orientado hacia el eje de la flor y cuya parte superior, estrecha, se prolonga en una lígula que la enlaza con el limbo del pétalo más ancho completamente orientado hacia el exterior.

El androceo está compuesto por cinco estambres que alterna con cinco estaminodios estériles. Estambres y estaminodios están soldados por su base para formar un tubo muy corto. Mientras los estambres están recurvados hacia el exterior, directamente los pétalos encontrándose las anteras alojadas en el interior de las cogullas de cada una de los pétalos correspondientes. Cada estambre es doble, proviniendo en realidad de la fusión de otros estambres y las anteras portando cuatro sacos polínicos.

La cobertura del botón floral inicia en la tarde cuando comienza a abrirse las extremidades de los sépalos y completa a las primeras horas de la mañana siguiente.

La dehiscencia de las anteras aparecen al abrirse la flor y el polen es funcional inmediatamente. Los granos de polen, esferoidales, son de pequeñas dimensiones (16 a 23 micras). Su viabilidad es corta y no sobrepasa las 48 horas en las condiciones naturales.

La disposición de las piezas florales del cacao no contribuye a facilitar la polinización. Las anteras están en efecto alojadas en el interior de las cogullas de los

pétalos, mientras que los estigmas mismos están protegidos por los estaminodios que lo rodea. El polen poco viscoso difícilmente alcance el estigma solo por el viento de ello la polinización del cacao está asegurada por insectos que van de árbol en árbol alimentándose de polen.

La germinación del grano de polen sobre el estigma, la penetración en el estilo del tubo polínico y su desarrollo hasta el saco embrional del ovulo se afecta como máximo veinticuatro horas después de la polinización. Los tubos polínicos penetran casi simultáneamente en todos óvulos de la flor. Poco tiempo después de la llegada del tubo polínico al saco embrionario el primer núcleo espermático se fusiona con el de la cosfera para formar un cigoto, mientras que el segundo núcleo espermático se une a los dos núcleos polares para formar el núcleo triploide que produciría el endospermo.

La función de los gametos se ha completado tres días después de la polinización y el desarrollo del ovulo, así como el del fruto comienza inmediatamente después de la fecundación.

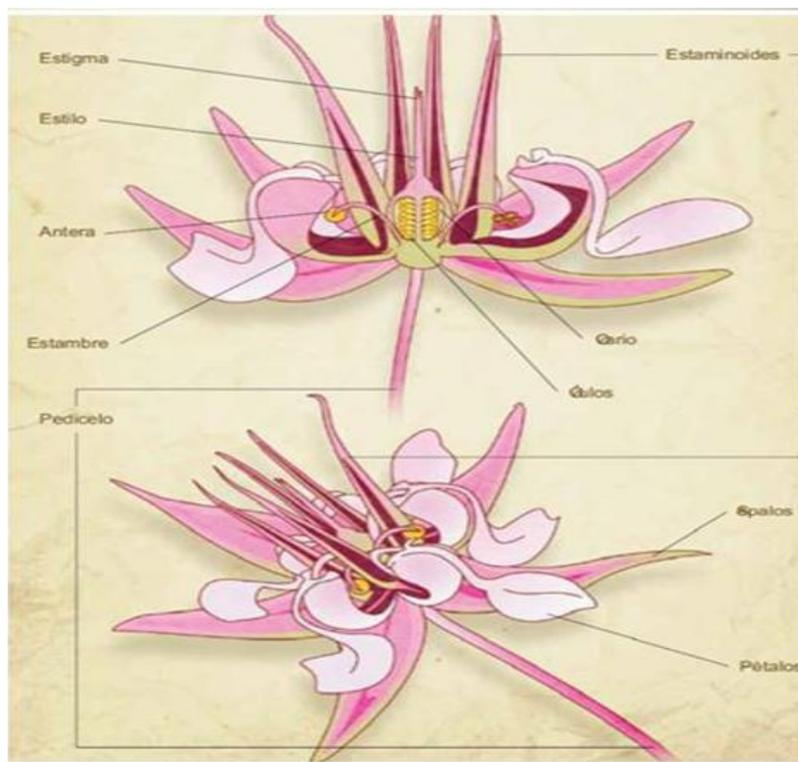
Se observan sin embargos, en el cacao numerosos casos de incompatibilidad que se traducen en la calidad de la flor polinizada debido a la ausencia de fecundación. El ovario superior comprende cinco cavidades que contienen cada una de seis a diez óvulos dispuestos alrededor del eje central del ovario. El estilo es tubular, termina en cinco estigmas (CATIE, 2008).

#### **4.6.1. Partes de la flor**

- **Estaminoides:** Protegen a la parte femenina de la flor y atraen a los insectos polinizadores.
- **Estigma:** Es la parte que recibe los granos de polen.
- **Ovario:** Parte de la estructura femenina que da origen al fruto.

- **Óvulos:** Cada uno será una nueva semilla. Cada flor tiene entre 35-50 óvulos.
- **Estambres:** Son la parte masculina de la flor y contienen los granos masculinos.
- **Polen:** Es el encargado de fecundar los óvulos.
- **Sépalos:** Están en la base de la flor y protegen a las demás partes.
- **Pétalos:** Protegen a los estambres donde se encuentra el polen.
- **Pedicelo:** Conecta la flor con el tronco y es por donde pasaran los alimentos para la futura mazorca.

(Jiménez, 2009).



**Gráfico N° 1.** Partes de la flor de *Theobroma cacao L.*

#### **4.7. Auto e intercompatibilidad de cacao**

La auto-compatibilidad es la capacidad que tiene una planta o un grupo de plantas genéticamente idénticas (clon) de fecundarse sus propias flores y lograr la producción de frutos. Concordantemente dichas plantas pueden clasificarse en auto-compatible, o en caso contrario, auto incompatibles por su parte la inter-compatibilidad se refiere a la capacidad que tiene una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente distinto, lo que conlleva a clasificarlos en inter-compatible o no inter-compatibles.

En condiciones experimentales, se considera que una planta o clon es auto-compatible o inter-compatibles cuando las polinizaciones artificiales producen un prendimiento (fecundación y formación superior o igual al 30% de todas las flores polinizadas).

La compatibilidad es una característica deseable porque facilita los cruzamientos y el cuajamiento de frutos y hace posible la siembra de clones individuales en áreas uniformes. Por el contrario, la incompatibilidad ha sido asociada a una menor producción (Phillis, 2008).

#### **4.8. Incompatibilidad**

El cacao es una planta que presenta el fenómeno de incompatibilidad sexual y que se manifiesta cuando el polen de una flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta, carácter de auto-incompatibilidad, o cuando el polen de la flor de una planta consigue fecundar los óvulos de las flores de otras plantas, carácter de inter-compatibilidad.

La incompatibilidad en cacao es de tipo esporofítico, o sea que se debe a la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen (2n) y el genoma del pistilo (2n). Este mecanismo de esta, involucrado a un locus simple con cinco alelos múltiples y

con el siguiente grado de dominancia:  $S_1 > S_2 = S_3 > S_5$  y posteriormente un último alelo  $S_6$  recesivo a los otros, independiente de un precursor de incompatibilidad.

El citoplasma asociado con los gametos masculinos y femeninos contienen un precursor de incompatibilidad que es el grado por el alelo dominante S antes de las meiosis (control esporofítico), de tal manera por conjugarse el alelo dominante ( $S_2 = S_3$ ), el precursor tiene grabaciones específicas y al conjugarse alelos similares determinan la no fusión (50%). Cuando ocurre la no fusión del 100% de los óvulos, se presume la existencia de un genotipo homocigoto para el alelo S. Se considera otra hipótesis que presume la existencia de dos loci que exhiben dominancia y recesibilidad, A y B, con acción complementaria. Cuando uno o ambos loci son homocigotos recesivos el precursor no puede ser grabado por el alelo S en el genotipo el cual es auto-compatible independiente de los alelos S.

(Becker, 2004).

El fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos sistemas: heteromórfico y homomórfico. En el primer caso se impide la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. En el segundo, en el sistema homomórfico se impide la fecundación por razones genéticas y morfológicas, este sistema a su vez, dependiendo del mecanismo de la reacción, puede ser: gametofítico y esporofítico.

El sistema gametofítico (G1) se caracteriza por la acción independiente tanto en el estilo como en el polen de los alelos pertenecientes al locus de la incompatibilidad. El grano de polen que lleva genes de incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo.

(Padlik, 1999).

#### **4.8.1. Características del Sistema GI 1-Locus**

- La inhibición del crecimiento del tubo polínico ocurre en el estilo

- La incompatibilidad ocurre cuando el mismo S-alelo está presente en el grano de polen y en el tejido estilar.
- La reacción del polen es completamente determinada por el genotipo haploide, no existe interacción con el esporofito.
- Los S-alelos en el estilo actúan independientemente uno del otro.
- Los granos de polen son casi siempre bicelulares
- La poliploidización suprime la incompatibilidad.
- El número mínimo de S-alelos para mantener una población es 3.

El sistema esporofítico el cual se presenta en las plantas de cacao se halla determinado por un solo locus con alelos múltiples y se encuentran determinados por el núcleo diploide del esporofito, en otras palabras el comportamiento de cada grano de polen o tubo polínico está dirigido y determinado por el genotipo diploide.

#### **4.8.2. Características del Sistema SI**

- La inhibición del crecimiento del tubo polínico ocurre en el estigma o en el ovario (cacao).
- Generalmente existe alelismo múltiple
- El grano de polen es tricelular
- La poliploidía no afecta el sistema de incompatibilidad
- La reacción del polen no está determinada por su genotipo haploide sino por la relación de dominancia en el esporofito
- La reacción del pistilo está determinada también por relaciones de dominancia intra-locus. Las relaciones de dominancia en el polen y el pistilo pueden ser diferentes
- La reacción de incompatibilidad ocurre cuando los mismos alelos se expresan en el polen y en el pistilo.

Los alelos S muestran relación de dominancia, acción individual o acción competitiva y dominancia en cualquiera, polen o estilo de acuerdo a la compatibilidad alélica involucrada, la determinación esporofítica puede darse también de tal modo que no haya series de dominancia, sino codominancia de los dos alelos presentes en el progenitor masculino, en su acción para determinar la norma de reacción del polen.

(Padilla, 2007).

#### **4.9. Polinización del cacao**

La polinización: Es el transporte del polen de las anteras para el estigma de la misma flor o de otra flor, realizada por el viento, el agua, aves, mamíferos y principalmente por los insectos.

En el cacao, debido a que el polen es pegajoso y tiene alto contenido de humedad, es difícil que el viento pueda transportarlo, solo cuando el polen queda expuesto a varias horas de sol y en presencia de viento frecuente es que se seca y puede ser transportado por el viento, pero esto ocurre en pocos casos. Por eso, la polinización de las flores de cacao depende de la participación de insectos en el proceso de transferencia del polen de una flor a otra. Gracias a su pegajosidad los granos de polen se adhieren al cuerpo del insecto y así éstos al volar de unas flores a otras se convierten en vectores que favorecen a la polinización del cacao.

Los polinizadores del cacao son “pequeño insectos”, también conocidos como majes o jejenes, su tamaño es de 2 a 3 mm de largo de cuerpo. Han sido reportados en varias regiones del mundo, por ejemplo: Malasia, Brasil, Costa Rica, otros

#### **4.10. Polinización artificial del cacao**

Este método de fecundación artificial se viene practicando desde hace varios años, en especial para la producción de la semilla híbrida en las granjas y centros de propagación de semillas, pero puede ser aplicado en plantaciones comerciales de todo tipo de

agricultores, generando una producción adicional a lo que se obtiene a través de la polinización de los agentes naturales; el método artificial permite aumentar el rendimiento de manera considerable en el cultivo del cacao.

En el cacao, la disposición de las piezas florales facilita enormemente estas operaciones, ya que las anteras están albergadas en el interior de las cogullas de los pétalos y sin la intervención de los insectos, el polen no puede llegar al pistilo.

En el cacao, de la inmensa cantidad de flores producidas, existe una desproporción marcadamente desfavorable con respecto a la cantidad de frutos obtenidos, lo que a su vez influye en el rendimiento, ello se debe no solo al fenómeno de incompatibilidad sino a factores externos e internos de la planta.

(CATIE, 2008).

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, localizado en el Km. 281 carretera El Rama, Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS). Su ubicación geográfica está entre los 12° 7' de longitud norte y 84° 24' de latitud oeste, la altitud del sitio varia de 18 y 25 metros sobre el nivel del mar (msnm), la temperatura media anual es de 28° C y una humedad relativa de 85%, las precipitaciones son de 2,600 a 3,200 mm/anuales (CDT-INTA, El Recreo, 2011).

### 5.2. Diseño experimental

En el trabajo experimental se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), el que estuvo compuesto por 5 parcelas de *Theobroma cacao L.*, cada parcela contó con 3 surcos, donde se escogieron 5 árboles al azar por clon trabajado. Por árbol, se seleccionó 4 flores, las cuales fueron entubadas para luego polinizarse con el mismo clon y también por los clones de las otras parcelas estudiados.

#### 5.2.1. Parcelas a evaluar

**Parcela I:** UF- 296

**Parcela II:** PACAYA

**Parcela III:** POUND - 12

**Parcela IV:** GS-36

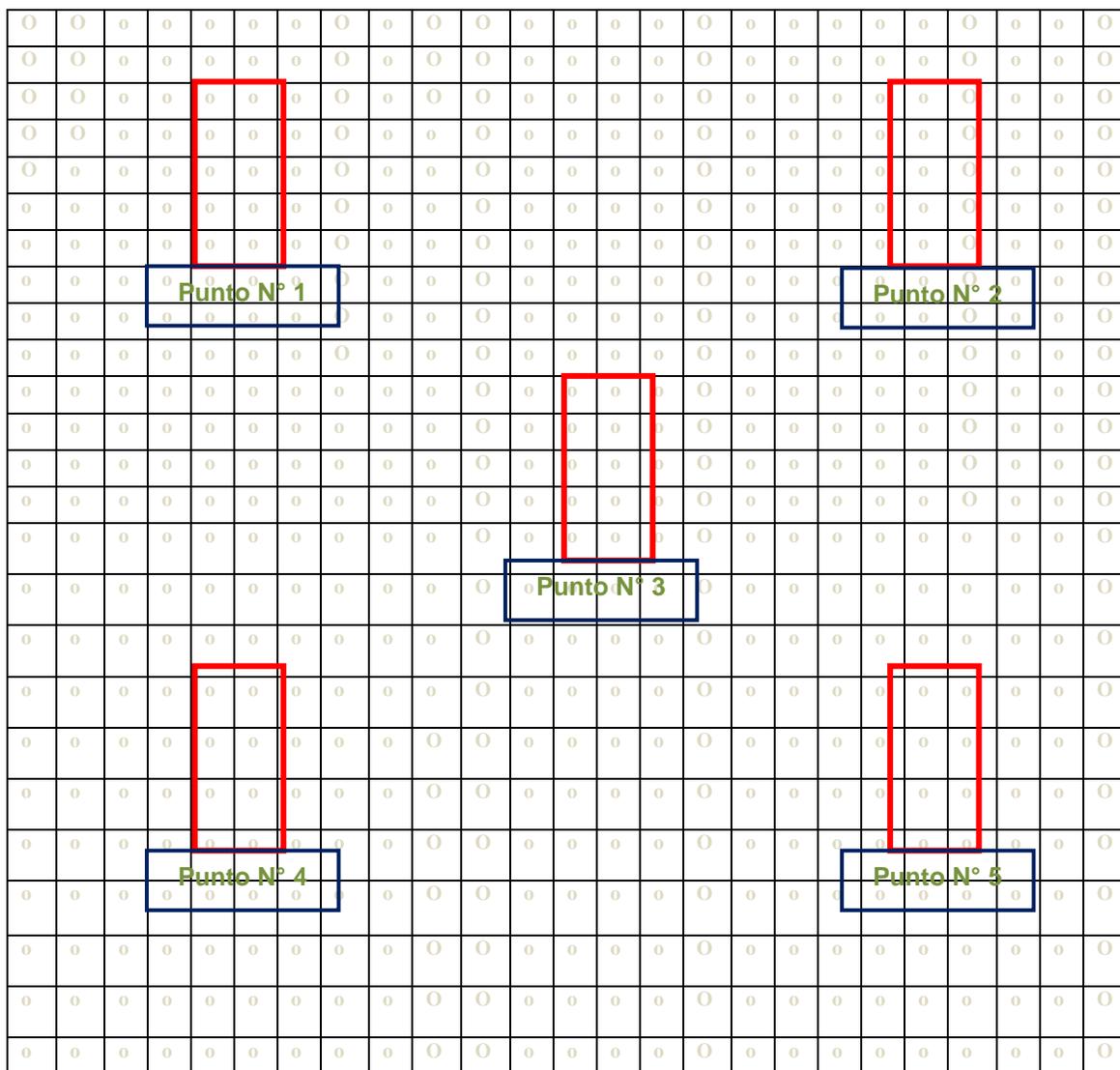
**Parcela V:** UF- 221

## 5.2.2. Variables a evaluar

### Método de evaluación:

Fecundación > 30% = Compatibilidad +

Fecundación < 30% = Incompatibilidad -



Fuente: Adaptado de OIRSA, 2013.

**Gráfico N° 2.** Diagrama del muestreo realizado por parcela a las plantaciones estudiadas.

### 5.3. Estudios descriptivos

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Danhke, 1989). Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así (vélgase la redundancia) describir lo que se investiga.

### 5.4. Procedimiento de recolección de datos

Se realizaron 3 polinización controlada en momentos diferentes del año por cada parcela, estos datos se fueron registrando en una ficha desarrollada para tal efecto, bajo la siguiente metodología:

- **Aislamiento de las flores (Chote):** Se aislaron 20 botones florales/planta/parcela.
- **Polinización asistida:** Se realizó la polinización de los botones aislados con flores de la misma planta utilizando 1 flor para cada 3 aisladas.
- **Levantamiento de información:** Flores fecundadas a los 2-3 días

Para la polinización manual se requirió de un tubo plástico de 4-5 cm de largo y de 1,5 a 2 cm de diámetro, abierto por ambos lados, plastilina, muselina, pinzas, etiquetas y lupa. Para realizar la polinización se escogió la flor, lista para abrir (aparencia abultada), el día anterior.

Se colocó el tubo (previamente tapado por un extremo con la muselina) sobre la flor, si va a ser auto polinizada se tomó polen de la misma flor con una brocha fina de pelo de camello y se le colocó sobre el estigma. En caso de cruces, se emasculó la flor, para ello se tomaron los cinco pétalos a los cuales están adheridos los estambres, se eliminaron los

estaminodios y se procedió a la polinización con el polen de otra planta, se tapó de nuevo la flor con el tubo.

A los tres días se revisó las flores, se les quitaba el tubo y se dejaban así para que el nuevo fruto desarrollara.

Dentro de las consideraciones a tomar en cuenta estuvieron que la flor abre en la madrugada, que el gineceo permanece viable solo 8 horas desde la apertura de la flor, lo que hay que considerar al querer realizar las polinizaciones.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que la hipótesis de investigación es válida. Todos los clones muestran buena capacidad de autocompatibilidad  $\geq 30\%$  y de intercompatibilidad  $\geq 70\%$  a nivel floral.

Al realizar cruzamientos dirigidos de forma manual y con lecturas de 12 repeticiones para cada clon objeto de estudio, se construyó una matriz de compatibilidad sexual de los 5 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), que se encuentran presente en el Centro de Desarrollo Tecnológico INTA El Recreo, considerados de los más importantes del centro de investigación, obteniendo los siguientes valores ha como se muestran en las tablas que se exponen a continuación:

**Tabla N° 2.** Matriz de compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo.

CLON	PADRE					
	UF-296	UF-221	GS-36	POUND-12	PACAYA	
MADRE	UF-296		★ 😊			
	UF-221	😊		★ 😊		★ 😊
	GS-36	😊			★ 😊	
	POUND-12	★	★	★		
	PACAYA	★	★		★	
Auto-Compatible $\geq 30\%$		Inter-Compatibilidad (MADRE)				★
Inter- Compatible $\geq 70\%$		Inter-Compatibilidad /PADRE)				😊
Inter- Compatible $\leq 70\%$						

En la **Tabla N° 2.**, Se representa la matriz de auto e inter compatibilidad a nivel de madre y padre de los distintos clones más utilizados en el INTA El Recreo, el grado de inter-compatibilidad se representa con el color anaranjado énfasis y el grado de auto compatibilidad se representa con el color azul. Se resaltan los cruces menores del 70%

en color amarillo, todos los clones poseen una auto e inter-compatibilidad a nivel de madre y padre mayor del 30%.

En las líneas verticales se ubican las madres y en las líneas horizontales los padres, las figuras insertadas de estrella representa la inter-compatibilidad a nivel de madre y la figura insertada de carita representa la inter-compatibilidad a nivel de padre.

Los clones resaltados con el color anaranjado énfasis, demuestran poseer mayor inter compatibilidad a nivel floral mayor del 70% por lo tanto estos clones deben de ser tomados en cuenta por los productores al momento de establecer un plan de siembra, como referencia para mejorar la productividad y un mayor rendimiento del cultivo.

Estudios similares desarrollados por Aranza *et al.*, (2012), en Colombia demostraron la compatibilidad de 21 clones desarrollando una metodología de polinizar 20 flores en un solo muestreo, realizando lectura a los 15 días, con 6 flores polinizadas aducían ser compatibles. A diferencia de los resultados obtenidos en Colombia, al realizar polinizaciones en tres momentos diferentes del año (Julio y Septiembre del 2014 y Enero 2015), se polinizaron 4 flores por clon, para un total de 12 polinizaciones y realizando lecturas a las 72 horas, obtuvimos datos altos de compatibilidad entre los 5 clones estudiados.

Phillips *et al.*, (2012), también utilizó una metodología similar en el cual polinizaron 30 flores en tres repeticiones diferentes donde clasificó los clones como auto e inter-compatibles, cuando el porcentaje de polinización exitosa es  $\geq 30\%$ , a los 15 días después de ser polinizadas según los autores utilizando esta metodología encontraron resultados satisfactorios de auto e inter-compatibilidad de los clones que estudio.

Como se muestra en la **Tabla N°3.**, al realizar un análisis de la compatibilidad, el clon con mayor auto-compatibilidad por orden porcentual están el UF- 296 con 91.7%, PACAYA con 91.7%, GS-36 con 83.3%, POUND - 12 con 75% y UF-221 con 58.3%, siendo este último el de menor porcentaje; aun así, todos los cruces que se dieron

auto-compatibilidad demuestran un elevado porcentaje de compatibilidad entre los mismos clones.

**Tabla N° 3.** *Auto - Compatibilidad de los 5 clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo.*

<b>AUTOCOMPATIBILIDAD</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
UF-296 x UF-296	91,7
PACAYA x PACAYA	91,7
GS-36 x GS-36	83,3
POUND-12 x POUND-12	75,0
UF-221 x UF-221	58,3

### **Inter-compatibilidad a nivel de madre y padre**

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre del clon UF- 296 demostró que el clon más inter-compatibile fue el clon UF-221 con 91%, seguido el clon POUND- 12 con un 83.3%, PACAYA con un 83.3% y GS-36 con 66.7 %. Los tres primeros cruce son los que puede tomar el productor como referencia para establecer un plan de siembra.

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de padre del Clon UF-296 demostró que el clon que es más inter-compatibile como madre es UF-221 con un 83.3%, GS-36 con un 83.3%, POUND- 12 con 75% y el PACAYA con 66.7 %. Siendo los dos primeros los más importantes para cruzar a nivel de madre con el UF-296.

**Tabla N° 4.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de Madre (Clon UF-296).*

<b>% UF- 296 COMO MADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-296 x UF-221</b>	91,7
<b>UF-296 x POUND- 12</b>	83,3
<b>UF-296 x PACAYA</b>	83,3
<b>UF-296 x GS-36</b>	66,7

**Tabla N° 5.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de Padre (Clon UF-296).*

<b>% UF- 296 COMO PADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-221 x UF-296</b>	83,3
<b>GS-36 x UF-296</b>	83,3
<b>POUND-12 x UF-296</b>	75,0
<b>PACAYA x UF-296</b>	66,7

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre del clon UF- 221 demostró que el clon más inter-compatible fue el Clon GS-36 en un 91.7%, PACAYA 91.7%, UF-296 en un 83.3% y POUND- 12 en un 75%. Este último aunque fue el de menor porcentaje demuestra poseer inter-compatibilidad superior al 70%.

**Tabla N° 6.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon UF-221).*

<b>% DE UF-221 COMO MADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-221xGS36</b>	91,7
<b>UF-221 x PACAYA</b>	91,7
<b>UF-221xUF-296</b>	83,3
<b>UF-221xPOUND-12</b>	75,0

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de padre el Clon UF-221 demostró que el Clon con mayor porcentaje de inter-compatibilidad es el UF-296 con 91.7%, seguido por el POUND-12 con un 75% y por último los clones GS-36 y PACAYA con un 66.7%.

**Tabla N° 7.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon UF-221).*

<b>UF- 221 COMO PADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-296xUF-221</b>	91,7
<b>POUND-12xUF-221</b>	75,0
<b>GS-36xUF-221</b>	66,7
<b>PACAYAxUF-221</b>	66,7

**Tabla N° 8.** *Inter Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon GS-36).*

<b>% GS- 36 COMO MADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>GS-36xPOUND- 12</b>	100,0
<b>GS-36xPACAYA</b>	83,3
<b>GS-36xUF-296</b>	83,3
<b>GS-36xUF-221</b>	66,7

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre, el Clon GS-36 demostró que el Clon con mayor porcentaje de inter-compatibilidad fue el POUND-12 con un 100%, seguido del PACAYA y el UF-296 con un 83.3% y el UF-221 con 66.7%.

**Tabla N° 9.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon GS-36).*

<b>GS- 36 COMO PADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-221xGS36</b>	91,7
<b>POUND-12xGS-36</b>	75,0
<b>UF-296xGS-36</b>	66,7
<b>PACAYAxGS-36</b>	58,3

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de padre el Clon GS-36, nos muestra que el Clon con mayor porcentaje de inter-compatibilidad es el clon UF-221 con un 91,7%, luego tenemos el POUND-12 con un 75%, el UF-296 con 66.7% y el PACAYA con un 58.3%.

**Tabla N° 10.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon POUND-12).*

<b>% POUND- 12 COMO MADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>POND-12xUF-296</b>	75,0
<b>POND-12xGS-36</b>	75,0
<b>POND-12xUF-221</b>	75,0
<b>POND-12xPACAYA</b>	66,7

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre del Clon POUND-12, demuestra que los clones con mayor porcentaje de inter-compatibilidad son los Clones UF-296, GS-36 y el UF-221 con un 75% y el PACAYA con el 66.7%

**Tabla N° 11.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon POUND-12).*

<b>%POND- 12 COMO PADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>GS-36xPOUND- 12</b>	100,0
<b>UF-296xPON-D12</b>	83,3
<b>UF-221xPOUND-12</b>	75,0
<b>PACAYAxPOUND-12</b>	66,7

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de padre del Clon POUND-12, muestra que el Clon GS-36 con un 100% es el Clon con mayor Porcentaje de inter-compatibilidad, seguido del UF-296 con un 83.3%, luego tenemos el UF-221 con 75% y el PACAYA con un 66.7%

**Tabla N° 12.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de madre (Clon PACAYA).*

<b>% DE PACAYA COMO MADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>PACAYAxUF-296</b>	66,7
<b>PACAYAxPOUND-12</b>	66,7
<b>PACAYAxUF-221</b>	66,7
<b>PACAYAxGS-36</b>	58,3

Al realizar los análisis de inter-compatibilidad a nivel de madre el Clon PACAYA, nos muestra que el Clon con mayor porcentaje de inter-compatibilidad es el UF-296, POUND-12 y el UF-221 con un 66.7% y el GS-36 con 58.3%

**Tabla N° 13.** *Inter - Compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo a nivel de padre (Clon PACAYA).*

<b>%PACAYA COMO PADRE</b>	
<b>CLONES</b>	<b>Porcentaje Fecundación (%)</b>
<b>UF-22I x PACAYA</b>	91,7
<b>GS-36xPACAYA</b>	83,3
<b>UF-296xPacaya</b>	83,3
<b>POND-12xPACAYA</b>	66,7

Al analizar los datos de inter-compatibilidad a nivel de padre del Clon PACAYA, nos muestra que el Clon con mayor porcentaje de inter-compatibilidad es el UF-221 con un 91.75%, luego tenemos los Clones GS-36 y UF-296 con el 83.3% y seguidamente el POUND-12 con un 66.7%

## **VI. CONCLUSIONES**

La evaluación de la auto e inter-compatibilidad de 5 clones de cacao (UF-296,UF-221, GS-36,POUND-12, PACAYA), establecidos en el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT), INTA El Recreo, comprueba que los materiales en estudio son auto compatibles  $\geq 30\%$ ; sin embargo, los clones que obtuvieron mayor auto-compatibilidad fueron UF- 296 y PACAYA.

Los mejores materiales donadores de polen como padres son:UF-221 con UF-296 y como madre, GS-36 con UF-221 como madre, POUND-12 con GS- 36 como madre y PACAYA con UF-221 como madre.

Los mejores materiales con mayor disposición para recibir polen como madre son: UF-296 con UF-221, UF-221 y GS-36 con POUND-12, todos los clones para esta parcela poseen una gran inter-compatibilidad a nivel materno  $\geq 70\%$ .

Todos los clones poseen auto e inter-compatibilidad  $\geq 30\%$ ; sin embargo, hay clones que  $> 70\%$  de auto e inter-compatibilidad siendo estos los mejores para escoger al momento de establecer un plan de siembra.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Establecer áreas experimentales del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), en donde se puedan profundizar más estudios de investigación de las diferentes variedades de clones, que permita aumentar su rendimiento, mejorar la calidad y que sea más resistente a las plagas y enfermedades.

Agrandar las parcelas de siembra de los diferentes clones dados que en algunos ciclos se cuenta con poca población de árboles para realizar estudios como este.

Darle un mejor manejo agronómico a las plantas de cacao que constantemente están en producción ya que esto repercute en la producción de flores por parte de la planta.

Para futuros trabajos acortar el tiempo de espera, normal de 15 días para realizar lecturas que aparecen normalmente en citas de autores a las 72 horas como el que se realizó en este trabajo, en el cual se obtuvieron resultados eficientes de la fecundación de las flores ya que se puede observar a los 3 o 4 días después de la polinización con los clones estudiados.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ARGUELLO, O; MEJÍA L. 2000. Variabilidad morfo agronómica de 59 árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Santander. In Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, Bucaramanga, CO. p 50 – 54.
- BECKER, (2004). Incompatibilidad. Universidad Nacional Agraria, UNA
- CATIE, (2008). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. El auto-incompatibilidad en los híbridos de cacao del CATIE.
- DANHKE, G. L. (1989), “Investigación y comunicación” en C. Fernandez-Collado y Danhke G.L. (comps.), *La comunicación humana: Ciencia social*, Mexico: McGraw-Hill, pp. 385-454.
- ICCO,(2011). Resultados de estadísticas, producción mundial de cacao. Disponible en <http://www.ICCO.org/publications/pdf/894.pdf> p 3.
- JIMÉNEZ, (2009). Morfología y tipos de flores polinizadas y fecundadas. Universidad Nacional Agraria, UNA
- MOTAMAYOR, JC; RISTERUCCI, AM; LÓPEZ, PA; ORTIZ, CF; MORENO, A; LANAUD, C. (2002). Cacaodomestication. In The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89:380-386.
- MOTAMAYOR, J, C.(2007). Diversidad Genética del cacao. Universidad Nacional Agraria, UNA.
- PADILK, (1999). Determinación de auto compatibilidad de 21 clones de plantas elites seleccionada en un ensayo comparativo se 36 genotipos de cacao.

Plan nacional de desarrollo (2013-2014). Gobierno de reconciliación y unidad nacional.

PHILLIPS, W; (2008). Catálogo de cultivares de cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Programa de Mejoramiento de cultivos tropicales. Oficina Nacional de Semillas. 2008. (Series Técnicas, Boletín Técnico 18-60 p).

INFOAGRO (2015). Cultivo del cacao 1ª parte,. Recuperado de <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm>

SORIA, VJ. (1968). Principales variedades de cacao cultivadas en América Tropical. Turrialba CR v.16 (3): 261-265.

Revista de comercio externo, el cacao, (2002).

VÉLEZ, (2009). Compatibilidad sexual de algunos clones de cacao, compañía nacional de chocolate.

# IX. ANEXOS

**Anexo N° 1. Mapa de ubicación del estudio**





**Anexo N° 3. Ficha de recolección de datos**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA</b>					
<b>UNAN-MANAGUA</b>					
<b>FACULTA REGIONAL MULTIDICCIPLINARIA DE CHONTALES</b>					
<b>"CORNELIO SILVA ARGUELLO"</b>					
<b>FAREM CHONTALES</b>					
<b>Clones</b>	<b>POUND- 12</b>	<b>GS-36</b>	<b>UF 221</b>	<b>PACAYA</b>	<b>UF-296</b>
<b>POUND-12</b>					
<b>GS-36</b>					
<b>UF-221</b>					
<b>PACAYA</b>					
<b>UF- 296</b>					

**Anexo N° 4. Materiales y procedimiento**

**Paso 1. Selección de la flor**



**Paso 2. Entubado de la flor**



**Paso 3.** *Polinización manual de la flor*



**Paso 4.** *Se vuelve a entubar la flor y se amarra cinta fijando la fecha*



**Paso 5. Identificación del fruto**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales**  
**“Cornelio Silva Argüello”**

**UNAN FAREM CHONTALES**

**Departamento de Ciencia, Tecnología y Salud**

**Seminario de Graduación para Optar al Título de Ingeniero Agrónomo**

**Estudio sobre la auto- intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao.L.*), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015**

**Autores**

**Br. Edwin Yubari Díaz Téllez**

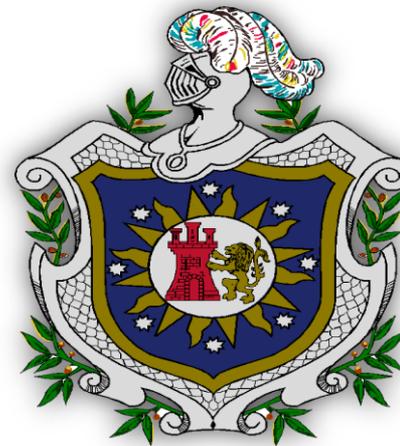
**Br. Jimmi Walter Urbina Espino**

**Tutor:**

**Narciso Lenin Duarte Acevedo MSc.**

**Asesor:**

**Ing. Ariel Raúl Santos Cordonero**



**Febrero 2015**

# INTRODUCCIÓN

*Theobroma cacao*. L, es una planta originaria de la cuenca del alto amazónico. La producción mundial de cacao en grano es de 3,38 millones de toneladas con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,6%. En Nicaragua existen 10,500 productores divididos en 9 comisiones territoriales y 40 cooperativas. En el país se producen tres variedades de cacao.



El Instituto Nicaragüense de Tecnología agropecuaria (INTA) introducen 235 clones de cacao al Centro Experimental El Recreo, procedentes del CATIE. Dentro de los datos de producción, se registra que en el año 2006 se produjeron 500 TM, estimó que para el ciclo 2013- 2014 la producción sería de unas 5,827. La producción de cacao va en auge. es necesario hacer estudios sobre compatibilidad sexual entre especies de cacao.



# OBJETIVOS

## Objetivo general

- Evaluar la compatibilidad a nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao.L.*), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo en El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015.

## Objetivos específicos

- Identificar los clones de cacao que muestran ser autos compatibles (UF- 296, GS- 36, POUND-12, PACAYA, UF- 221).
- Determinar la inter compatibilidad existente entre estos clones (UF- 296, GS- 36, POUND-12, PACAYA, UF- 221).

# HIPOTESIS

## **Hipótesis de investigación (Hi)**

- Todos los clones muestran buena capacidad de autocompatibilidad  $\geq 30\%$  y de intercompatibilidad  $\geq 70\%$  a nivel floral.

## **Hipótesis nula (Ho)**

- Todos los clones muestran una capacidad de ser incompatibles menor a 30% y de interincompatibilidad entre los mismos.

# MARCO TEORICO

## Taxonomía y razas cultivadas

*Theobroma cacao* L. pertenece a la familia Malvaceae, orden Malvales. El cacao se divide en tres grandes grupos genéticos:



# MORFOLOGÍA Y ORIGEN

**Origen:** Trópicos húmedos de América, Noroeste de América del Sur, zona amazónica.

**Planta**

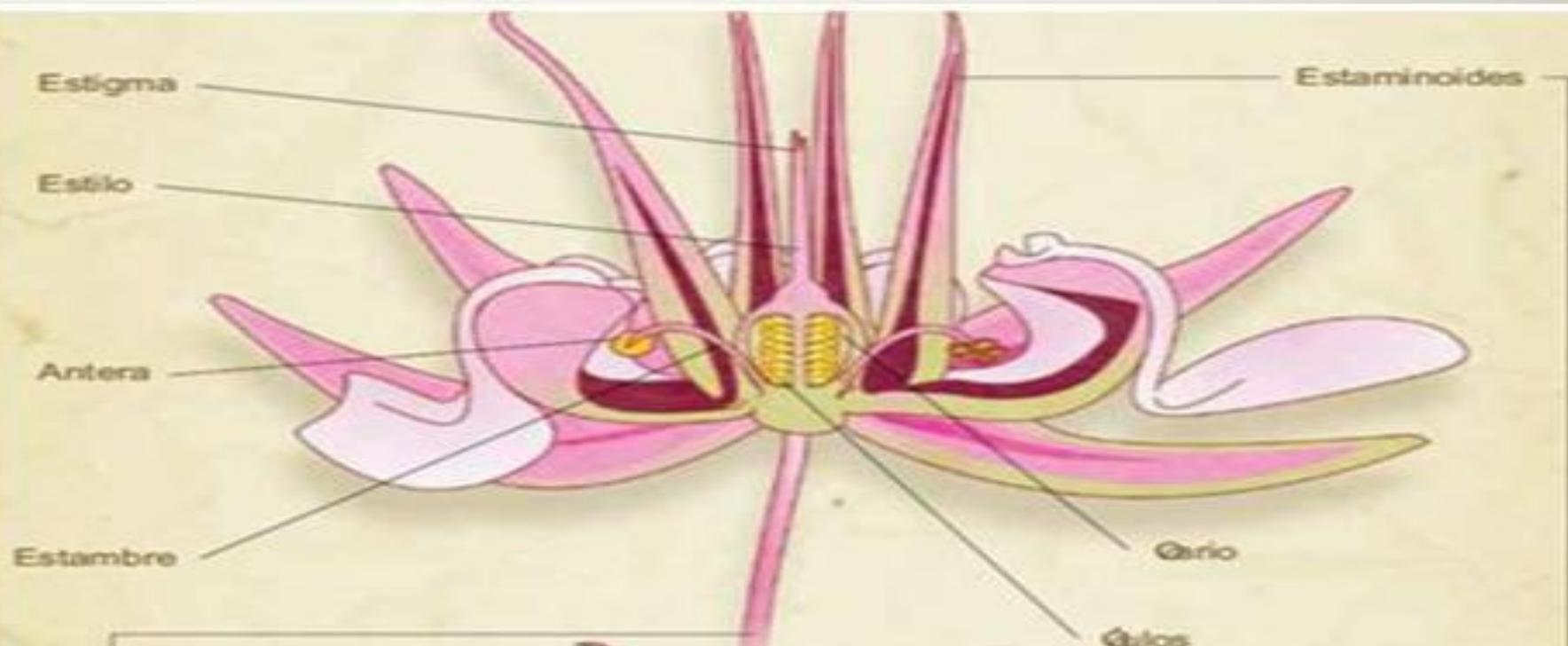
**Sistema radicular**

**Hojas**

**Fruto**

**Flores**





# AUTO E INTER COMPATIBILIDAD DE CACAO

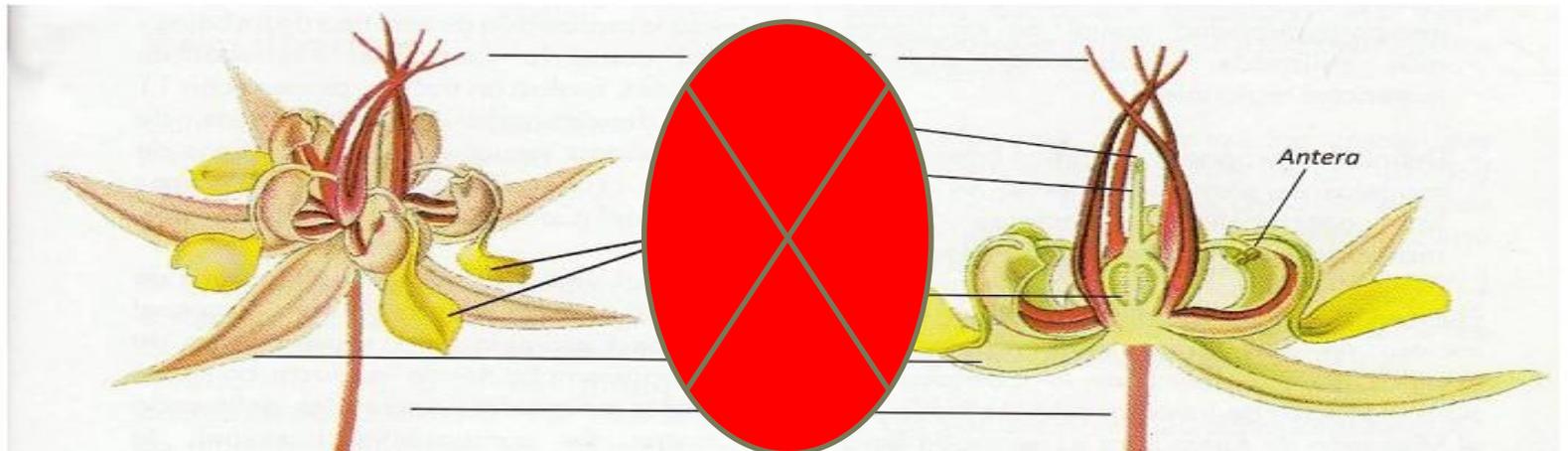
La autocompatibilidad es la capacidad que tiene una planta o un grupo de plantas genéticamente idénticas (clon) de fecundar sus propias flores y lograr la producción de frutos.

La inter-compatibilidad se refiere a la capacidad que tiene una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente distinto, lo que conlleva a clasificarlos en inter compatibles o no inter compatibles.



# INCOMPATIBILIDAD

- El cacao es una planta que presenta el fenómeno de incompatibilidad sexual y que se manifiesta cuando el polen de una flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta.
- **Heteromórfico:**
- **Homomórfico:**



# Polinización del cacao

La polinización:



Polinización artificial:



# DISEÑO METODOLÓGICO

- Área de estudio:
- Tipo de estudio:



- **Universo y muestra:**
- **Definición y medición de variables:**



# Materiales y Métodos de Recolección de Datos

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA					
UNAN-MANAGUA					
FACULTA REGIONAL MULTIDICCIPLINARIA DE CHONTALES					
"CORNELIO SILVA ARGUELLO"					
FAREM CHONTALES					
Clones	POUND- 12	GS-36	UF 221	PACAYA	UF-296
POUND- 12					
GS-36					
UF-221					
PACAYA					
UF- 296					

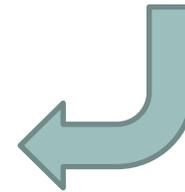
**Tabla de Recolección de Datos**



*Selección de la flor*



*Entubado de la flor*



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que la hipótesis de investigación es válida. Todos los clones muestran buena capacidad de autocompatibilidad  $\geq 30\%$  y de intercompatibilidad  $\geq 70\%$  a nivel floral.
- Al realizar cruzamientos dirigidos de forma manual y con lecturas de 12 repeticiones para cada clon objeto de estudio, se construyó una matriz de compatibilidad sexual de los 5 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*).

## **Matriz de compatibilidad de los clones usados en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo**

CLON	PADRE					
MADRE		UF-296	UF-221	GS-36	POUND-12	PACAYA
	UF-296		★ 😊			
	UF-221	😊		★ 😊		★ 😊
	GS-36	😊			★ 😊	
	POUND-12	★	★	★		
	PACAYA	★	★		★	
Auto-Compatible $\geq 30\%$		Inter-Compatibilidad (MADRE)				★
Inter- Compatible $\geq 70\%$		Inter-Compatibilidad /PADRE)				😊
Inter- Compatible $\leq 70\%$						

## CONCLUSIONES

- Los materiales en estudio son auto compatibles  $\geq 30\%$ ; sin embargo los clones que obtuvieron mayor auto compatibilidad fueron UF- 296 y PACAYA.
- Todos los clones poseen auto e inter-compatibilidad  $\geq 30\%$ ; sin embargo, hay clones que  $> 70\%$  de auto e inter compatibilidad

# RECOMENDACIONES

- Establecer áreas experimentales del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), en donde se puedan profundizar más estudios de investigación de las diferentes variedades de clones, que permita aumentar su rendimiento, mejorar la calidad y que sea más resistente a plagas y enfermedades.



**GRACIAS POR SU ATENCION**