

EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD SEXUAL EN CLONES DE CACAO
(*Theobroma cacao* L) REGIONAL EN TUMACO, NARIÑO

ROSA ANDREA PERALTA SEGURA

JUDITH ALEXANDRA CALZADA PRECIADO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN ANDRÉS DE TUMACO

2022

EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD SEXUAL EN CLONES DE CACAO

***(Theobroma cacao L)* REGIONAL EN TUMACO, NARIÑO**

ROSA ANDREA PERALTA SEGURA

JUDITH ALEXANDRA CALZADA PRECIADO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero

Agroforestal

Presidente:

WILLIAM BALLESTEROS POSSU Ph.D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN ANDRÉS DE TUMACO

2022

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado, son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Superior de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

William Ballesteros Possú

Presidente

Jorge Fernando Navia Estrada

Jurado Delegado

Pablo Cesar Cabrera

Firma Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos esta gran oportunidad y por respaldarnos porque siempre estuvo a nuestro lado brindándonos fortaleza, sabiduría y fue nuestra ayuda idónea, la gracia de Dios siempre estuvo con nosotras. (Juan 15:5)

A nuestros amados padres, familia y amigos, por brindarnos su apoyo durante la carrera y al estar presentes para nosotras.

Agradecemos a la Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, que fue por medios de esta nuestra formación académica.

A nuestros distinguidos docentes de toda la formación académica, en especial a nuestros queridos docentes William Ballesteros Possu Ph.D Presidente de Tesis, Jorgue Fernando Navia y Pablo Cabrerías; por su gran dedicación y apoyo que nos brindaron en todo nuestro proceso de esta investigación.

A los habitantes de San Luis Robles del Consejo Comunitario Rescates las Varas en especial a Cortepaz que nos brindaron su confianza y apoyo.

A nuestro querido Ex Coordinador José Erling Escobar Tenorio por su compromiso y apoyo con todos los estudiantes de la Costa Pacífica.

A nuestra querida secretaria académica Hetty Nidia Sevillano por su apoyo y compromiso.

A nuestra querida Lucy Morcillo, funcionaria de la sede Tumaco por ser tan comprometida y diligente.

**EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD SEXUAL EN CLONES DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) REGIONAL, EN TUMACO NARIÑO.**

**EVALUATION OF SEXUAL COMPATIBILITY IN REGIONAL CACAO
(*Theobroma cacao* L.) CLONES, IN TUMACO, NARIÑO.**

Rosa Andrea Peralta¹; Judith Alexandra Calzada²; William Ballesteros Possu Ph.D³

¹ Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Municipio de Tumaco, Colombia. Rositasedura28@gmail.com

² Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Municipio de Tumaco, Colombia. Judithcalzada1995@gmail.com

³ Ingeniero Agroforestal. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. wballesterosp@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el distrito especial del municipio de Tumaco en la vereda San Luis Robles en la corporación Cortepaz del consejo Comunitario Rescate las Varas, reportando brillo solar que oscila 1008 horas luz por año, temperatura promedio de 27.3°C, con precipitación de 3,138,98 mm/año, y humedad relativa del 80%. Con los objetivos de 1) Evaluar la compatibilidad sexual de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) regional; 2) Caracterizar la procedencia de los cinco clones; utilizando un diseño de bloques completamente al azar con 25 tratamientos y 20 repeticiones. Donde

se polinizaron 20 flores por cada clon donde se evaluó el porcentaje de compatibilidad entre clones regionales de cacao después de los 15 días de ser polinizados, el porcentaje de frutos formados después de 30 días y la densidad de mazorca no abortadas por cada clon después de los 60 días de la polinización. El análisis de varianza reveló una diferencia estadística significativa en la autopolinización en los clones CCL 252 y CCL 35 con un porcentaje de éxito de la polinización del 25% que resultó estar por debajo del rango de 30% según la metodología. En la polinización cruzada no se presentó diferencias significativas, se encontró que los clones CCL 27, CCL07 y CCL 17 resultaron ser Intercompatible con un éxito de polinización de 15,6%, 33,75% y 42,5% respectivamente. El éxito medio de esta investigación en la polinización de los 5 clones de cacao fue del 6 y 37,6% para la autopolinización y polinización cruzada. A demás se pudo evidenciar que la procedencia de los clones es de Cortepaz identificándose como Colección Cortes Lasso (CCL), donde lograron tener similitud en las características cualitativas y variabilidad en las cuantitativas.

Palabra clave: Polinización, autopolinización, intercompatibilidad, autoincompatibilidad, Incompatibilidad, rendimiento.

ABSTRACT

This investigation was carried out in the special district of the municipality of Tumaco in the village of San Luis Robles in the Cortepaz corporation of the Rescate las Varas Community Council, reporting sunshine that ranges between 81.7 and 142.3 hours light/day, average temperature of 27.3 ° C, with precipitation of 3,138 mm/year, and relative humidity of 80%. With the objectives of 1) Evaluate the sexual compatibility of

five clones of regional cacao (*Theobroma cacao* L.); 2) Characterize the origin of the five clones; using a completely randomized block design with 25 treatments and 20 replications. Where 20 flowers were pollinated for each clone where the percentage of compatibility between regional cocoa clones was evaluated after 15 days of being pollinated, the percentage of fruits formed after 30 days and the density of non-aborted pods for each clone after 60 days after pollination. Analysis of variance revealed a statistically significant difference in self-pollination in clones CCL 252 and CCL 35 with a pollination success rate of 25% that was found to be below the 30% range according to the methodology. In cross-pollination there were no significant differences, it was found that the clones CCL 27, CCL07 and CCL 17 turned out to be Intercompatible with a pollination success of 15.6%, 33.75% and 42.5% respectively. The average success of this research in pollination of the 5 cocoa clones was 6 and 37.6% for self-pollination and cross-pollination. In addition, it was possible to show that the origin of the clones is from Cortepaz, identifying themselves as the Cortes Lasso Collection (CCL), where they managed to have similarity in qualitative characteristics and variability in quantitative ones.

Keywords: Pollination, self-pollination, intercompatibility, self-incompatibility, Incompatibility, yield.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Localización	15
Objetivo 1. Evaluar la compatibilidad de cinco clones de cacao (Theobroma cacao L) regional, en Tumaco Nariño	16
Objetivo 2. Caracterizar la procedencia de los cinco clones.....	16
Material vegetal	16
Diseño Experimental	17
Modelo matemático.....	17
Diagrama de un bloque completamente al Azar	17
Tratamientos	18
Polinización	20
Manejo del experimento.....	21
Variables a evaluar	21
Etapa de toma de información en campo.	22
Análisis estadístico	22
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Compatibilidad de los clones regionales de cacao 15 días después de la polinización.....	22
Características de la compatibilidad entre los clones regionales de cacao.	23
Porcentaje de frutos formados 30 días después de polinización.	24
Frutos en pepino 60 días después de polinización	25
Datos de pasaporte de los clones.....	25
4. DISCUSIÓN.....	28
5. CONCLUSIONES	31
6. RECOMENDACIÓN.....	31
7. ANEXOS	32
8. BIBLIOGRAFIA.....	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución del material vegetal completamente al azar para realizar las polinizaciones.....	17
Tabla 2.	Los tratamientos fueron distribuidos al azar entre los diferentes clones y las combinaciones establecidas.....	18
Tabla 3.	Tipos de compatibilidad entre los diferentes clones regionales de cacao	24
Tabla 4.	Porcentaje de frutos formados 30 días después de polinización.....	24
Tabla 5.	Porcentaje de frutos en pepino 60 días después de polinización	25
Tabla 6.	Características cualitativas de los clones de cacao	26
Tabla 7.	Las Características de las hojas y flores	27
Tabla 8.	Características del fruto y semillas de los clones de cacao	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación	15
Figura 2.	Auto e inter-compatibilidad de los clones regionales.....	23

LISTA DE ANEXOS

I.	DATO DE PASAPORTE CCL 27	33
II.	DATOS DE PASAPORTE CCL 35.....	34
III.	DATOS DE PASAPORTE CCL 252	35
IV.	DATOS DE PASAPORTE CCL 17.....	36
V.	DATOS DE PASAPORTE CCL 07.....	37

1. INTRODUCCIÓN

El cacao producido en la región pacífica de Nariño, se reconoce de manera especial debido a sus atributos organolépticos, caracterizándose por tener aromas con tonos frutales y florales, y buen sabor al chocolate (Casa Luker, 2011); según Soic (2018) 'el 76% de cacao en Nariño se genera en la costa pacífica, y proviene principalmente de los árboles con características genéticas regionales, adaptados a una región caracterizada por la presencia de bosques húmedos tropicales'. Cada árbol de cacao puede producir hasta 125,000 flores por año, cada flor produce 14,000 granos de polen y hasta 74 óvulos (Claude et al.,2017).

Cada una de estas flores esta metódicamente diseñada para imposibilitar que los insectos polinizadores consigan el polen que se encuentra en las cinco anteras que tiene la flor (CONABIO,2010). Sin embargo, al final del periodo de receptividad, entre el 50% y el 75% de las flores no están polinizadas y caen del árbol. Finalmente, solo el 2% de las flores producen frutos maduros, debido al aborto de los frutos. (Claude et al., 2017).

La polinización, entendida como la transferencia de polen de la parte masculina de una flor hasta la parte femenina de la misma u otra flor, es un proceso esencial para el mantenimiento de la viabilidad y la diversidad genética de las plantas con flor, además de mejorar la calidad y cantidad de semillas y frutos, así como de las características de la descendencia (García et al., 2016). Dicha transferencia de polen es realizada de manera natural por la mosquita *Forcipomyia* sp, Posnette (1944) sugirió que era el único agente polinizador conocido idóneo con capacidad de depositar una cantidad considerable de polen en la superficie del estilo y estigma de la flor. Sánchez (2019)

menciona, que en cacao el 80% de la polinización se realiza por insectos y que la falta de agentes polinizadores y la autoincompatibilidad de algunos árboles son una de las causas de la baja productividad en los cacaotales, debido a que la polinización natural no es suficiente. En consecuencia, al realizar la polinización manual se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas, del cual se obtienen semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre (Somarriba et al,2010). Además con la polinización manual se puede tener una producción mayor de 3 a 4 veces mayor que con la polinización natural (INTA,2010). En la polinización existen barreras que impiden el proceso normal de fecundación de la flor denominada incompatibilidad, siendo este uno de los problemas de mayor grado de complejidad ya que reduce el potencial de rendimiento del cultivo en condiciones de campo (Quiroz et al., 1992) citado por (Segovia,2017). Este comportamiento decreciente se le atribuye a la incapacidad de fecundación que presentan algunas plantaciones de cacao, que se conoce como incompatibilidad sexual, dividiéndose a su vez en auto incompatibilidad e incompatibilidad cruzada (Vanegas,2021).

La autocompatibilidad sexual es la capacidad que tiene una planta o un grupo de plantas genéticas idénticas (clon) de fecundar sus propias flores y lograr la producción de frutos. Concordantemente dichas plantas pueden clasificarse en autocompatibles, o en caso contrario, autoincompatibles. Por su parte, la intercompatibilidad se refiere a la capacidad que tiene una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente distintos, lo que conlleva a clasificarlos en intercompatibles o no intercompatibles (Martínez Guerrero, & Rincón-Guarín, 2008).

La incompatibilidad sexual en cacao es un factor genético de tipo esporofítico, regido por un proceso bioquímico; donde el tubo polínico presenta rechazo en el ovario de la

flor receptora y en muy pocos casos en el estigma (Camargo, 2008). La incompatibilidad se debe a la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen ($2n$) y el genoma del pistilo ($2n$) de la planta receptora (Knight y Rogers, 1953) y se mide por el porcentaje de prendimiento (Ramirez, 2019).

Aranzazu y Martínez (2008) afirman que en los países productores de cacao desde hace varios años se reportan importantes ensayos con clones e híbridos en condiciones de campo evaluando clones de otras regiones o en la selección de materiales propios, por alta producción con potencial hasta de 3.000 kg/ ha de cacao seco y resistencia a las principales enfermedades y determinado si es compatible e incompatible como requisito indispensable para la instalación de plantaciones comerciales que sean además capaces de suplir las nuevas demanda de mercados dentro de un enfoque sostenible.

(Claude et al., 2017) Realizaron una investigación Compatibilidad de diez clones de elite Cocoa (*Theobroma cacao*) en costa de marfil con la finalidad de introducir clones de altos rendimientos y evaluar su compatibilidad de diez nuevos clones de cacao codificados como (C1, C8, C9, C14, C15, C16, C17, C18, C20 y C21) donde se utilizó un diseño medio dialelo que consta de 10 autopolinizaciones y 45 cruces, replicados 3 veces donde se obtuvo los resultados con diferencias significativas entre los clones para el éxito de la polinización donde de los diez clones evaluados solo seis (C1, C8, C9, C15, C17 y C21) fueron autocompatibles. Con un éxito medio de polinización de 39%, el C9 fue bastante interesante porque se ha informado que se encuentra entre los clones de mayor rendimiento.

(Sánchez, 2019) Realizo una investigación Estudio de la compatibilidad genética de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao*), en la provincia de Jaén. Donde tuvo como

objetivo a) determinar la autocompatibilidad, autointercompatibilidad, autoincompatibilidad; b) establecer la existencia de compatibilidad cruzada. Se obtuvo como resultados que los clones Marañón M-5 (26.27% a 33.33%); CCN51 (33.33% a 46.67%), ICS6 (26.67% a 46.67%) y el ICS95 (26.67% a 53.33%) mostraron autocompatibilidad. En la polinización cruzada, se encontró que el clon M-5 es Interincompatible (0%), y auto-intercompatible (53.33% a 66.67%), el clon CCN51 resulto ser auto-intercompatible (53.33%). El clon ICS6 auto-intercompatible (33.33% a 46.67%), ICS95 auto-intercompatible con un porcentaje de fecundación de 40%.

(Díaz y Urbina, 2015) realizaron una investigación en el estudio sobre la autointercompatibilidad de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS. Este trabajo se desarrolló con el objetivo de contribuir a evaluar la compatibilidad al nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao*), 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, UF227) dentro encontraron que todos los clones muestran buena capacidad de auto-compatibilidad $\geq 30\%$ y de intercompatibilidad $\geq 70\%$ a nivel floral.

Las experiencias de introducción de materiales de siembra mejorados, específicamente el caso de híbridos, en la región de Tumaco no han sido satisfactorias. De acuerdo con reportes del Convenio CVC-Holanda los materiales mejorados entregados a los productores no han tenido un comportamiento agronómico y productivo aceptable. Generalmente son precoces a la producción, pero a medida que se van estabilizando, surgen problemas de ataques severos de monilia (*Moniliophthora roreri*) y escoba de

bruja (*Moniliophthora perniciosa*), hasta tal punto que disminuyen la producción en más del 70% (Minagricultura, 2006).

Por lo anterior, en la vereda de san Luis robles los productores han rescatado unos materiales que han denominados patrimoniales y con base a trabajos de investigación preliminares, los cacao-cultores de la región vienen desarrollando procesos de rescate y selección semi-empíricos, que han llevado a la preselección de una gama de árboles de buenas características tanto productivas como de calidad, los cuales se han propagando en parcelas productivas.

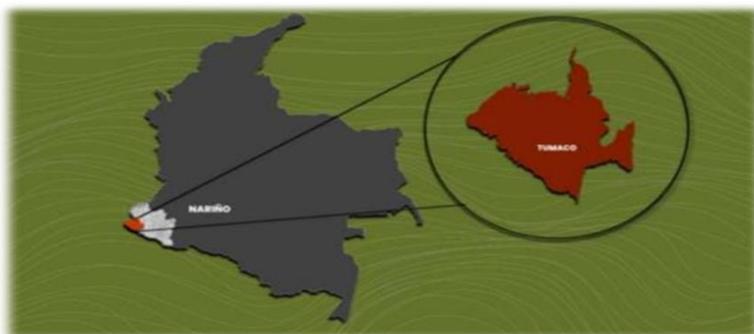
Este estudio se enfocará en estudiar la compatibilidad en 5 clones regionales o patrimoniales de cacao (*Theobroma cacao* L), usados en el jardín clonal del centro de beneficio de Cortepaz, con el objetivo de evaluar la compatibilidad sexual de los clones de cacao y caracterizar la procedencia de estos.

Con el presente proyecto se pretende contribuir al mejoramiento de la productividad del cacao regional en el distrito de Tumaco a través de la investigación de la compatibilidad sexual de los 5 clones regionales seleccionados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Figura 1. Mapa de ubicación



Fuente: Comisión de la verdad, 2020

El trabajo de campo se realizó en el municipio de Tumaco con los productores del consejo comunitario rescate las varas, en el jardín clonal de tres años de establecido, en la propiedad de Cortepaz en la vereda San Luis Robles. En esta zona se reportan datos de brillo solar que oscila 1008 horas luz por año, temperatura promedio de 27.3C°, precipitación de 3, 138,98 mm/año, y humedad relativa del 80% (IDEAM, 2018), el jardín clonal se ubica en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), (Holdrige 1982).

Objetivo 1. Evaluar la compatibilidad de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L) regional, en Tumaco Nariño.

Objetivo 2. Caracterizar la procedencia de los cinco clones.

Se utilizó la lista de descriptores para cacao publicadas en 1981 por el Concejo Internacional de Recursos Fitosanitarios IBGRI (ahora Bioversity Internacional) y los descriptores cualitativos y cuantitativos publicados por Engels et al. (1980) y Engels (1983).

Material vegetal

Del jardín clonal de Cortepaz se seleccionaron cinco clones patrimoniales o regionales mayores de tres años de edad, rescatados por los agricultores de la corporación en diferentes fincas, estos se seleccionaron y clasificaron como superiores para la región, estos fueron identificados como: CCL 27, CCL 35, CCL252, CCL 17 y CCL 07. De cada uno de estos clones se seleccionaron flores para realizar las polinizaciones manuales donde se realizó la autopolinización y la polinización cruzada.

Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar con 25 tratamientos y 20 repeticiones, para un total de 100 unidades experimentales. La parcela útil correspondió a 20 botones florales mientras que el efecto de borde fue conformado por 5 botones florales en la periferia de cada árbol. En el experimento se estudiaron cinco (5) clones regionales, los cuales fueron polinizados entre ellos y consigo mismos.

Modelo matemático

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

u = Parámetro, efecto medio

i = Parámetro, efecto del tratamiento I

j = Parámetro, efecto del bloque j

ij = Valor aleatorio, error experimental de la u. e i, j

Diagrama de un bloque completamente al Azar

Tabla 1. Distribución del material vegetal completamente al azar para realizar las polinizaciones

	MADRE					
		Clon 27	Clon 35	Clon 252	Clon 17	Clon 07

PADRE	Clon 27	Clon 27vs Clon 27	Clon 27vs	Clon 27vs Clon 252	Clon 27vs Clon 17	Clon 27vs Clon 07
	35	Clon35 vs Clon27	Clon 35 vs	Clon 35vs Clon 252	Clon 35vs Clon 17	Clon 35vs Clon 07
	252	Clon252vs Clon 27	Clon 252vs	Clon252vs Clon 252	Clon252vs Clon 17	Clon252vs Clon 252
	17	Clon 17 vs Clon 27	Clon 17vs	Clon 17vs Clon 252	Clon 17vs Clon 17	Clon 17vs Clon 07
	Clon 07	Clon 07 vs Clon 27	Clon 07vs	Clon 07vs Clon 252	Clon 07vs Clon 17	Clon 07vs Clon 07

Tratamientos

Tabla 2. Los tratamientos fueron distribuidos al azar entre los diferentes clones y las combinaciones establecidas

T1 = clon	CCL 27	polinizado por el clon	CCL	27
T2 = clon	CCL 27	polinizado por el clon	CCL	35
T3 = clon	CCL 27	polinizado por el clon	CCL	252
T4 = clon	CCL 27	polinizado por el clon	CCL	17
T5 = clon	CCL 27	polinizado por el clon	CCL	07
T6 = clon	CCL 35	polinizado por el clon	CCL	27
T7 = clon	CCL 35	polinizado por el clon	CCL	35

T8 = clon	CCL 35	polinizado por el clon	CCL	252
T9 = clon	CCL 35	polinizado por el clon	CCL	17
T10= clon	CCL 35	polinizado por el clon	CCL	07
T1 = clon	CCL 252	polinizado por el clon	CCL	27
T12= clon	CCL 252	polinizado por el clon	CCL	35
T13 = clon	CCL 252	polinizado por el clon	CCL	252
T14= clon	CCL 252	polinizado por el clon	CCL	17
T15= clon	CCL 252	polinizado por el clon	CCL	07
T16= clon	CCL 17	polinizado por el clon	CCL	27
T17= clon	CCL 17	polinizado por el clon	CCL	35
T18= clon	CCL 17	polinizado por el clon	CCL	252
T19= clon	CCL 17	polinizado por el clon	CCL	17
T20= clon	CCL 17	polinizado por el clon	CCL	07
T21= clon	CCL 07	polinizado por el clon	CCL	27
T22= clon	CCL 07	polinizado por el clon	CCL	35

T23= clon	CCL 07	polinizado por el clon	CCL	252
-----------	--------	------------------------	-----	-----

T24= clon	CCL 07	polinizado por el clon	CCL	17
-----------	--------	------------------------	-----	----

T25= clon	CCL 07	polinizado por el clon	CCL	07
-----------	--------	------------------------	-----	----

Polinización

Para esta investigación se tomó el método de polinización convencional (Martins-Pinto et al., 1998). Este proceso se realizó manual y se desarrolló en cuatro etapas que son las siguientes:

Etapa I. En las horas de la tarde se escogieron de 50 a 60 botones florales próximos a abrir, rollizos, se taparon con tubos plásticos para ser polinizados el día siguiente.

Etapa II. En la mañana siguiente se colectaron las flores frescas donadoras de polen (paternas) y se colocaron en un mate. Luego se retiraron los tubos que protegen a las flores receptoras de polen (maternas), con una pinza se extirparon los estaminodios. A la flor paterna se le hizo un frotis con la pinza para verificar si la antera de la flor estuvo soltando polen. Se froto directamente la antera sobre el estigma de la flor receptora verificándose su adherencia. Estas flores se taparon nuevamente con tubos plásticos, identificando los cruzamientos con alfileres de colores.

Este proceso se realizó en horas de 6: 00 -10: 00 a.m, porque las flores están receptivas en las primeras horas de la mañana y empiezan a abrirse progresivamente por la tarde prolongándose por la noche hasta resultar totalmente abierta justo antes del amanecer (Peña, 2003) citado por (Mindiola, 2017).

Etapa III. Después de 24 horas se retiraron los tubos plásticos.

Etapa IV. Las flores fecundadas se registraron después de 3, 15 y 30 días, se tomaron como índice de prendimiento el porcentaje de frutos sobrevivientes a los 15 días.

A pesar que en general se considera que el carácter de compatibilidad se expresa en el 10% de éxito, para la presente investigación se tomó un índice de 30%.

Manejo del experimento

A todos los clones de la parcela experimental (jardín clonal de Cortepaz), se les manejo similarmente. Se ejecutó el plan de mantenimiento y adecuación del jardín clonal, se realizaron las podas cada semestre; se realizó control de plagas y enfermedades como *Moniliophthora roreri* cada 15 días y de *Crinnipellis pernicioso* cada 3 meses, se adecuaron los drenajes en forma permanente. Se fertilizo con bioabono y abono organico para así poder obtener los mejores resultados en las etapas del árbol de cacao desde el botón floral hasta la mazorca madura.

VARIABLES A EVALUAR

Porcentaje de compatibilidad entre los clones registrados de cacao. Se polinizaron 20 flores por cada una de las combinaciones y se contó las flores fecundadas para determinar el porcentaje de prendimiento. 15 días.

Porcentaje de frutos formados. Después de 30 días de fecundadas las flores se contó el número de frutos formados por las flores fecundadas y se determinó el porcentaje de cuajamiento.

Frutos en pepino. Después de 60 días se determinó la cantidad de frutos que forman pepino como un indicador del vigor del clon y la tolerancia a las enfermedades y las condiciones ambientales.

Etapa de toma de información en campo.

Se empleó el método de polinización convencional de Pinto (1998). En el cual se polinizó 20 flores por árbol, después de 15 días si se obtienen más de 6 flores fecundadas se dice que el cruce es compatible Terreros (1983).

Análisis estadístico

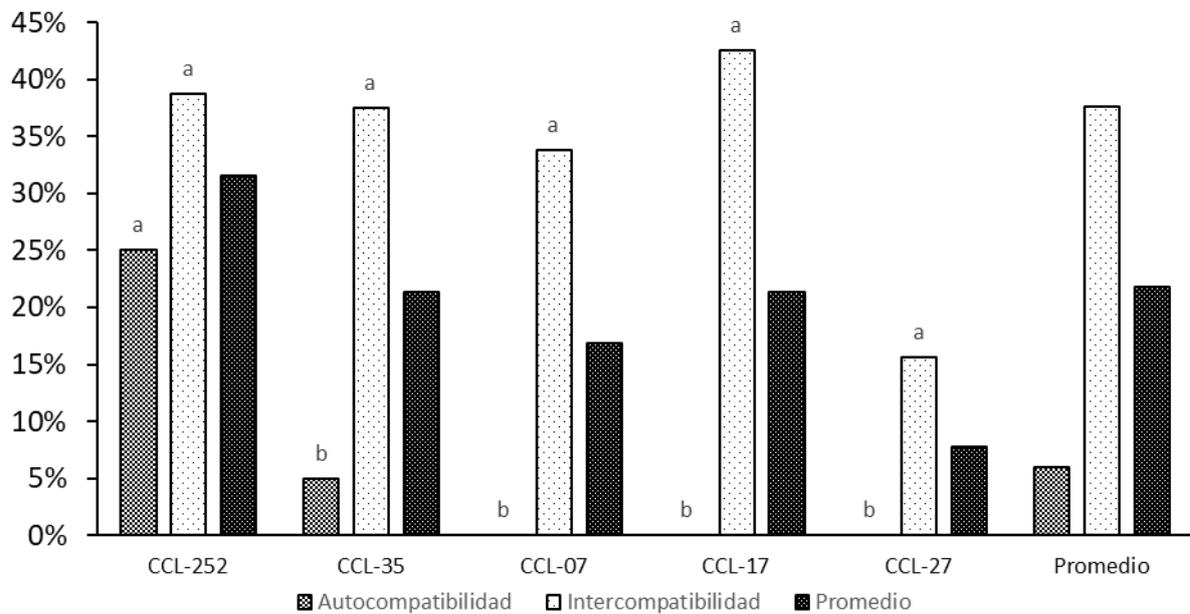
Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza para detectar diferencias significativas. La prueba de Tukey fue utilizada para separar los promedios de los tratamientos. El análisis del experimento se realizó utilizando una probabilidad del 95%. Los datos fueron procesados con el programa de SAS V.9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compatibilidad de los clones regionales de cacao 15 días después de la polinización.

En el análisis de la varianza se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en la autopolinización de los clones ($P < 0,008$). Los clones CCL- 252 y CCL- 35 presentaron formación de fruto después de la autopolinización, pero en diferentes grados. El éxito de polinización oscilo entre 25% para los clones CCL-252 y 5% para el CCL-35, mientras que los otros clones presentaron un 0%(Grafica 1). Como resultado de esta evaluación esta investigación se deduce que los clones tienden a ser autoincompatible (AIC), es decir, las flores de estos clones no aceptan el polen del mismo clon, aunque fueron polinizadas.

Figura 2. Auto e inter-Compatibilidad de los clones regionales.



Por su parte los cruces entre los clones no se presentaron diferencias significativas ($P.=0,8375$). Se evidenció que los cinco clones presentaron formación de fruto después de 15 días. El éxito de polinización varió entre el 15,6% para el clon CCL- 27 y el 42,5% para el clon CCL 17. Se observó que el éxito medio de polinización de los clones de cacao fue del 6 y 37,6% para el auto polinización y polinización cruzada, respetivamente. (Grafica 1).

Características de la compatibilidad entre los clones regionales de cacao.

Los clones estudiados mostraron alta autoincompatibilidad (AIC), pero alta intercompatibilidad (IC). Los cruces entre clones con polinización menor que el 30% correspondieron al clon CCL-252 con los clones CCL27 y CCL35; el resto de las combinaciones presentaron un porcentaje mayor al 30% lo que indica que fue una polinización exitosa. Se resalta, que el cruce entre el clon CCL35 y el CCL17 presentó porcentaje de polinización superior al 60% identificándose en la tabla 3 como ICC.

Tabla 3. Tipos de compatibilidad entre los diferentes clones regionales de cacao

		Madre				
		CCL-27	CCL-35	CCL-252	CCL-17	CCL-07
Padre	CCL-27	AIC	IC	ICM	IC	IC
	CCL-35	IC	AIC	ICM	IC	IC
	CCL-252	ICM	IC	AIC	IC	IC
	CCL-17	IC	ICC	IC	AIC	IC
	CCL-07	IC	IC	IC	IC	AIC

IC: Intercompatible > 30%; ICC: Intercompatible >60%; ICM: Intercompatible < 30%; AC: Autocompatible > 30%; AIC: Autoincompatible <30%

Porcentaje de frutos formados 30 días después de polinización.

El porcentaje de frutos formados después de la polinización a los 30 días osciló entre 15 y 42,5%. El cruce de los clones que más frutos formados presentó fueron CCL-07 x CCL- 27 con 42,5%, CCL-17 x CCL-35 con 42,5%, CCL-35 x CCL-17 con 42,5%, el clon que presentó un promedio mayor de receptividad (madre y padre) fue el CCL-35 con 36,25 y 35,62 respectivamente, y los de menor receptividad el CCL-252 y CCL-07 siendo madre y padre , teniendo en cuenta que este resultado es después de los 30 días de que la polinización manual se realizó, se puede observar en la tabla 4 los resultados.

Tabla 4. Porcentaje de frutos formados 30 días después de polinización

		Madre					Promedio
		CCL-27	CCL-35	CCL-252	CCL-17	CCL-07	
Padre	CCL-27	0	37,5	22,5	32,5	42,5	33,75

CCL-35	37,5	0	25,0	42,5	37,5	35,62
CCL-252	22,5	32,5	0	27,5	15,0	24,34
CCL-17	37,5	42,5	32,5	0	15,0	31,88
CCL-07	42,5	32,5	15,0	20,0	0	27,5
Promedio	35	36,25	23,75	30,63	27,5	

Frutos en pepino 60 días después de polinización

El porcentaje de frutos formados 60 días después de polinización donde se logró obtener de 10 al 37,5%. El cruce de los clones que logró la mayor retención de los frutos a los 60 días después de la polinización fue el CCL-17 x CCL-35; la formación promedio de fruto como padre y madre fue el CCL-17.

Tabla 5. Porcentaje de frutos en pepino 60 días después de polinización

	Madre					Promedio
	CCL-27	CCL-35	CCL-252	CCL-17	CCL-07	
CCL-27	0	27,5	12,5	30	17,5	21,88
CCL-35	27,5	0	22,5	37,5	12,5	25,00
Padre CCL-252	17,5	22,5	0	25	15	20,5
CCL-17	30	37,5	25	0	10	25,66
CCL-07	17,5	12,5	15	10	0	13,75
Promedio	23,13	25,00	18,75	25,63	13,75	

Datos de pasaporte de los clones

Utilizando la lista de descriptores cualitativos y cuantitativos para cacao publicadas por Engels et al (1981) y Engels (1983); donde nos permite dar una idea de la forma de tomar la información para la descripción de los clones, donde se tomó las características

cualitativas del fruto (construcción basal, forma ápice, forma mazorca, color inmaduro de la mazorca, color maduro de la mazorca, rugosidad de la mazorca) hojas (forma y textura), semilla (forma) de cada clon. Y en las cuantitativas del fruto (peso, largo, diámetro), semilla (cantidad, peso seco, largo, diámetro y grosor).

Todos los clones regionales fueron seleccionados en el concejo comunitario Rescate las Varas, en las fincas de los productores por los miembros de Cortepaz, los cuales fueron identificados como Colección Cortes Lasso (CCL) nombre que fue asignado por la corporación Cortepaz

Estos clones difieren mucho en sus características morfoagronómicas en las mazorcas y semillas como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Características cualitativas de los clones de cacao

GENOTIPO	CB	FM	FA	CMI	CMM	RM	FS
CCL 27	Intermedio	Elíptico-Oblongo	Apezonado	Verde Rojizo	Amarillo Naranja Ligerito	Leve	Oblonga-Elíptica
CCL 35	Intermedio-Ligerito	Oblongo	Apezonado	Rojizo	Amarillo Naranja	Intermedio	Elíptica - Irregular
CCL 252	Intermedio	Oblongo	Apezonado	Verde Claro	Amarillo Intermedio	Leve	Irregular
CCL 17	Ausente	Oblongo	Obtuso	Verde	Amarillo Naranja	Intermedio	Oblonga
CCL 07	Intermedio	Oblongo	Apezonado	Verde Rojizo	Amarillo Naranja	Intermedio-Fuerte	Ovada-Elíptica

CB = Constricción basal, FM= Forma de mazorca, FA = Forma de ápice, CMI= Color de la mazorca inmadura, CMM= Color de la mazorca madura, RM= Rugosidad de la mazorca, FS= Forma de semilla.

Las características de la hoja y de la flor se observan altas similitudes. Todos los clones reportan forma ovada y textura coriácea; mientras que el color de la flor presenta tonalidades que van desde el Rojo hasta el color crema pasando por una coloración rojo-crema (tabla 7).

Tabla 7. Las Características de las hojas y flores

Clon	Forma de la hoja	Textura de la hoja	Color flor
CCL- 27	Ovada	Coriáceas	Rojo- Crema
CCL-35	Ovada	Coriáceas	Rojo
CCL-252	Ovada	Coriáceas	Crema
CCL-17	Ovada	Coriáceas	Rosada
CCL-07	Ovada	Coriáceas	Crema

Las características morfoagronómicas de fruto y semilla que presentaron los clones evaluados son variables. El mayor peso y largo de la mazorca la presentó el clon CCL-252 con 1298,8 g y 28,93 cm, versus el promedio general de 1026,08 g y 22,83 cm, respectivamente. El mayor diámetro de mazorca y cantidad de semillas lo presentó el CCL-07 con 53,7 cm y 50.1, respectivamente, comparándolo con el promedio de 26,99 cm y 46,5 unidades realizadas en este estudio (tabla 8),

Tabla 8. Características del fruto y semillas de los clones de cacao

Clon	PM	LM	DM	CS	PSS	LS	DMS	GSS
CCL-27	1019,2	22,11	10,06	47,6	1,393	26,36	13,12	8,38
CCL-35	815,5	19,77	16,13	47	1,866	28,29	15,51	9,14
CCL-252	1298,8	28,93	38,31	37,8	1,821	22,82	13,43	6,01
CCL-17	1027,5	21,2	16,75	50	1,207	22,91	12,358	8,08
CCL-07	969,4	22,12	53,7	50,1	1,703	28,36	13,478	7,61
Promedio	1026,08	22,826	26,99	46,5	1,598	25,748	13,5792	7,844

PM= Peso de mazorca (gm), LM= Largo de mazorca (cm), DM= Diámetro de mazorca (cm), CS= Cantidad de semillas, PSS= Peso seco de semillas (g), LS= Largo de semilla (cm), DMS= Diámetro de semilla (cm), GSS= Grosor de semilla (cm).

4. DISCUSIÓN

Los cinco clones estudiados presentaron autocompatibilidad inferior al 30%. Estos resultados son menores que los reportados por Yamada y Guries (1998) y Efombagn et al. (2009), quienes obtuvieron un porcentaje de polinización del 43% y 38% en cacaoteros autocompatibles. Aunque los valores registrados en este estudio resultaron bajos, se encuentran en el rango reportado por Silva et al. (2010) de 0 a 78%. Sin embargo, entre estos clones, los clones CCL 252 y CCL 35 mostraron una autocompatibilidad exitosa que osciló entre el 25 y 5% respectivamente; esto, a pesar de haber sido identificados como autoincompatibles debido a la restricción de 30% establecida en este estudio.

Los clones mostraron alta autoincompatibilidad (AIC) pero alta intercompatibilidad (IC), los cruces del clon CCL 252 con CCL 27 y CCL35 son intercompatibles con una polinización $\leq 30\%$ (ICM), las demás combinaciones con un porcentaje $\geq 30\%$ siendo Intercompatible (IC), aunque estos promedios fueron inferiores a los reportados por Ramírez; 2019, quien obtuvo índices de intercompatibilidad $\geq 70\%$, los cruces entre el clon CCL 35 y el CCL 17 presentaron porcentaje de polinización superior al 60% (ICC), obteniendo una polinización exitosa para esta investigación. Esto se puede manifestar con lo mencionado por (Quinaluisa, 2010) quien expresa que no todos los arboles dan resultados iguales debido a que unos cuajan más que otros.

El clon con mayor receptividad de formación de frutos siendo padre y madre fue el clon CCL 35 (36,25% y 35,62%) y de menor receptividad los clones CCL 252 y CCL07, se

puede decir que el clon CCL 35 tuvo un mayor grado de formación de frutos luego de los 30 días de la polinización. Es un clon que recibe buena compatibilidad y escasa restricciones. El cruce entre los clones CCL 17 y CCL 35 logro la mayor retención de frutos formados a los 60 días después de la polinización, ya que no presento marchitamiento y no fue afectado por enfermedades, este resultado se puede argumentar con lo mencionado por Mckelvie (1956) donde dice que el marchitamiento se presenta aun aún los 100 días después del cuajamiento, más sim embargo en los clones CCL 252, CCL 07 fueron los más bajos en retención de frutos formados, por lo que presentaron marchitamiento.

Aneja (1999) afirma que las caídas de las flores están correlacionadas con la abscisión floral. Por otro lado, Mohanaramya (2013) afirma que la alta incidencia de radiación solar está relacionada con una mayor abscisión floral. La abscisión de las flores en el cacao se produce dos o tres días después de la antesis si la fecundación no es exitosa (Lachenaud et al., 1995). Las flores no polinizadas caen después de dos días, y las flores polinizadas también pueden caer sin cuajar debido a la escasez de granos de polen en el estigma (Lanaud et al, 1987). Además, la importancia de la polinización puede estar regida por el grado de compatibilidad del polen, el número de partículas de polen en el estigma y la unidad potencial de los clones (Szymajda et al. 2015).

Se reporta que el éxito de la polinización en el cacao oscila entre el 18% y el 66% (Posnete, 1957), rango donde se encuentra los resultados de este estudio que esta entre 6% y 37,6%, los resultados obtenidos en la autopolinización fueron mucho más bajos que los obtenidos en la polinización cruzada. Estos resultados coinciden con Lanaud et al. (1987) y Szymajda et al (2015) en especies de *Prunus*. Una posible explicación de

este fenómeno podría ser debido al genotipo de estos que los predispone a rechazar su polen o una estrategia de coevolución de estos materiales.

Se sabe que en clones que se autopolinizan el estigma y los estambres se encuentran en la misma flor por lo que es muy probable que se produzca la polinización lo cual garantizaría un mayor rendimiento de estos materiales. La autopolinización en una variedad autoincompatible no dará como resultado una polinización exitosa como tal; la polinización cruzada es entonces la única forma de fertilización exitosa (Marther, 1943).

En cuanto a la autocompatibilidad y a la intercompatibilidad basada en nuestro umbral de 30%, todos los clones son intercompatibles. Esto es interesante resaltar, porque la mayoría de los clones universales han mostrado resultados contrarios (N'guessan, 2010). Estas diferencias podrían deberse al genotipo, pero se necesita de un estudio más detallado.

Una posible explicación podría deberse al hecho de que compatibilidad y el rendimiento potencial no están necesariamente relacionados (N'guessan, 2010). Mas, sin embargo, la incompatibilidad sexual es uno de los factores que contribuyen a la baja productividad del cacao, (Sanchez, 2019).

Otro importante factor a tener en cuenta es el efecto de los polinizadores. Se indica que el cultivo de cacao es estrictamente dependiente de la polinización realizada por insectos, debido al reducido tamaño de la estructura floral, donde se observa que las anteras con sus granos pegajosos de polen están protegidas por los pétalos (Klein et al., 2008), limitando entonces la actividad polinizadora de los insectos. Los insectos polinizadores de cacao son del género *Forcipomyia* (Díptera: Ceratopogonidae) considerado como el más eficiente polinizador en las zonas productoras de cacao

(KAUFMANN, 1975; SORIA, 1980; HERNÁNDEZ, 1965; AZAHAR y WAHI, 1984; WINDER y SILVA, 1972). Estos insectos son diminutos de 2 a 3 mm (BYSTRACT y WIRTH., 1978). otros géneros como *Dasyhelea*, *Atrichopogon* (Díptera: Ceratopogonidae) han sido reportados en Centroamérica (SORIA,1980). Los investigadores consideran que la hojarasca, mazorcas en descomposición de cacao, vástagos de plátano y plantas retenedoras de agua o phytotelmas como principales refugios de estadios inmaduros de Ceratopogonidae (YOUNG, 1979).

5. CONCLUSIONES

Los cinco clones evaluados resultaron ser intercompatibles, solo los clones CCL 252 con 25% y CCL 35 con 5% fueron Autocompatibles.

Todos los clones después de 15 días presentaron formación de frutos, resaltando el éxito de la polinización en el clon CCL 17 (42,5%), CCL 252 (38.75%), CCL 35(37,50%) CCL 07 (33,75%) y CCL 27 (15,6%).

Los cruces CCL 07 x CCL 27, CCL 17 x CCL 35, CCL 35 x CCL17 presentaron el mayor grado de formación de frutos después de la fecundación.

Los clones evaluados presentaron variabilidad en las características cuantitativas y similitud en las variables cualitativas.

6. RECOMENDACIÓN

Estudiar la intercompatibilidad de estos clones con otros clones de la región para conocer el porcentaje de compatibilidad que puedan tener.

Investigar el estado de los polinizadores naturales de cacao debido a que facilitan el cruzamiento de polen entre plantas.

Determinar los efectos del cambio climático sobre la persistencia de las flores debido a que puede influenciar el proceso de la polinización.

Tener precaución para el establecimiento comercial de los clones debido al alto grado de autoincompatibilidad que presentaron los clones.

El clon CCL 35 a pesar de tener un porcentaje promedio mayor siendo madre y padre en formación de frutos no se recomienda debido a que es susceptible a enfermedades.

7. ANEXOS

I. DATO DE PASAPORTE CCL 27

CCL 27

País de Origen:	Colombia
Institución:	Cortepaz



CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS	
Flor	
Color:	Rojo - Crema
Mazorca	
Color Inmaduro:	Verde rojizo
Color Maduro:	Amarillo Naranja ligero
Construcción Basal:	Intermedio
Forma:	Eliptico - oblongo
Forma Ápice:	Apezonado
Rugosidad:	Leve
Semilla	
Forma:	Oblonga- Eliptica
Hoja	
Forma:	Ovada
Textura:	Coriáceas
Compatibilidad	
Intercompatible	

CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS	
Mazorca	
Peso (g):	1019,20
Largo (cm):	22,11
Diametro (cm):	10,06
Semilla	
Cantidad de semillas:	47,6
Peso seco (gr):	1,393
Largo (mm):	26,36
Diametro seco (mm):	13,12
Grosor seco (mm):	8,38

II. DATOS DE PASAPORTE CCL 35

CCL 35

País de Origen:	Colombia
Institución:	Cortepaz



CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS	
Flor	
Color:	Rojo
Mazorca	
Color Inmaduro:	Rojizo
Color Maduro	Amarillo Naranja
Construcción Basal:	Intermedio – Ligero
Forma:	Oblongo
Forma Ápice:	Apezonado
Rugosidad:	Intermedio
Semilla	
Forma:	Elíptica - Irregular
Hoja	
Forma:	Ovada
Textura:	Coriáceas
Compatibilidad	
Intercompatible	

CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS	
Mazorca	
Peso (g):	815,5
Largo (cm):	19,77
Diametro (cm):	16,13
Semilla	
Cantidad de semillas	47
Peso seco (gr):	1,866
Largo (mm):	28,29
Diametro seco (mm):	15,51
Grosor seco (mm):	9,14

III. DATOS DE PASAPORTE CCL 252

CCL 252



País de Origen:	Colombia
Institución:	Cortepaz

CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	
Flor	
Color:	Crema
Mazorca	
Color Inmaduro:	
Color Maduro:	Amarillo - Intermedio
Contrucción basal:	Intermedio
Forma:	Oblongo
Forma Ápice:	Apezonado
Rugosidad:	Leve
Semilla	
Forma:	Irregular
Hoja	
Forma:	Ovada
Textura:	Coriáceas
Compatibilidad	
Intercompatible	

CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS	
Mazorca	
Peso (g):	1298,8
Largo (cm):	28,93
Diametro (cm):	38,31
Semilla	
Cantidad de semillas	37,8
Peso seco (gr):	1,821
Largo (mm):	22,82
Diametro seco (mm):	13,43
Grosor seco (mm):	6,01

IV. DATOS DE PASAPORTE CCL 17

□

CCL 17

País de Origen:	Colombia
Institución:	Cortepaz



CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	
Flor	
Color:	Rosada
Mazorca	
Color Inmaduro:	Verde
Color Maduro:	Amarillo Naranja
Contrucción basal:	Ausente
Forma:	Oblongo
Forma Ápice:	Obtuso
Rugosidad:	Intermedio
Semilla	
Forma:	Oblonga
Hoja	
Forma:	Ovada
Textura:	Coriáceas
Compatibilidad	
Intercompatible	

CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS	
Mazorca	
Peso (g):	1027,5
Largo (cm):	21,2
Diametro (cm):	16,75
Semilla	
N° semillas	50
Peso seco (gr):	1,207
Largo (mm):	22,91
Diametro seco (mm):	12,358
Grosor seco (mm):	8,08

V. DATOS DE PASAPORTE CCL 07

CCL 07

País de Origen:	Colombia
Institución:	Cortepaz



CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	
Flor	
Color:	Crema
Mazorca	
Color Inmaduro:	Verde Rojizo
Color Maduro:	Amarillo Naranja
Contrucción Basal:	Intermedio
Forma:	Oblongo
Forma Ápice:	Apezonado
Rugosidad:	Intermedio – Fuerte
Semilla	
Forma:	Ovada - Eliptica
Hoja	
Forma:	Ovada
Textura:	Coriáceas
Compatibilidad	
Intercompatible	

CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS	
Mazorca	
Peso (g):	969,4
Largo (cm):	22,12
Diametro (cm):	53,7
Semilla	
Nº semillas	50,1
Peso seco (gr):	1,703
Largo (mm):	28,36
Diametro seco (mm):	13,478
Grosor seco (mm):	7,61

8. BIBLIOGRAFIA

AD de Mckelvie. Marchitez de Cherelle del cacao I. Desarrollo de la vaina y su relación con la marchitez. Revista de Botánica Experimental. 1956; 7 (2): 252-263

Aneja, M.; Gianfagna, T.; Ng, E. The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flowers. Plant Growth Regul. 1999, 27, 149-155.

Aranzazú Hernández, F., Martínez Guerrero, N., & Rincón-Guarín, D. A. (2008). Autocompatibilidad e Intercompatibilidad sexual de materiales de cacao. Bucaramanga: Corpoica. 28 p.

Aranzazu H. F, Martínez G. N, Rincón G. D. 2008. Autocompatibilidad sexual de materiales de cacao. Bucaramanga, Colombia: Unión Temporal Colombia.sp.

CANABIO. (2010). *Comision Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad*. Obtenido de *Theobroma cacao* L.

Claude, J., Diby, L.& Kouamé, C. (2017). Compatibility of Ten Elite Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones. Horticulturae, 45.doi.org/10.3390/horticulturae.0300045.

Cordeagropaz, proyecto de renovación de 4000 hectareas de cacao, en el municipio de Tumaco-Nariño, (2001),79 p.

Cordeagropaz Diagnostico socioeconómico y productivo de 5035 familias cacaoteras, atendidas por Cordeagropaz, municipio de Tumaco, (2015). 16; 19p.

Ewald, J. 2003. A critique for phytosociology. Journal of Vegetation Science 14: 291-296.

Efombagn IB, Sounigo O, Eskes AB, Motamayor JC, Manzanares-Dauleux MJ, Schnell R et al. (2009a). Parentage analysis and outcrossing patterns in cacao (*Theobroma cacao* L.) farms in Cameroon. Heredity 103: 46-53.

Efombagn IB, Motamayor JC, Sounigo O, Eskes AB, Nyasse`S, Cilas C et al. (2009a). Genetic diversity and structure of farm and Genbank accessions of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Cameroon revealed by microsatellite markers. Tree Genet Genomes 4: 821-831.

Garcia, M., Rio, A; & Álvarez, J. (2016). Pollination in agricultural systems: a systematic literatura review. Idesia vol.34 no.3 Arica, 51-66.

Gonzalez MV, Coque M, Herrero M. Papillar integrity as an indicator of stigmatic receptivity in kiwifruit (*Actinidia Deliciosa*). *Journal of Experimental Botany*. 1995; 46(2):263-269

Groeneveld JH, Tschardt T, Moser G, Clough Y Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 2010; 12(3):183-191

Hernandez B. Insect Pollination of Cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica; 1965

HOLDRIGE, LR. 1982. *Ecologia basada en zonas de vida*, San Jose Costa Rica, IICA, 216 p

INTA. (2010). *Guia tecnologica del cultivo de caca (Theobroma cacao L.)*. Instituto de Nutriccion y Tecnología de los Alimentos.

Kaufmann T. Ecology and behavior of cocoa pollinating Ceratopogonidae in Ghana, W. Africa. *Environmental Entomology*. 1975;4(2):347-351

Knight, R. and Rogers, H.H. (1953) Sterility in *Theobroma cacao* L. *Nature* 172, (4369): 164.

Lachenaud, P Variations in the number of beans per pod in *Theobroma cacao* L. in the Ivory Coast. III Nutritional factors, cropping effects and the role of boron. *J. Hortic. Sci.* 1995, 70,7-13

Lanaud, C.; Sounigo, O.; Amefia, Y.K.;Paulin, D.; Lachenaud, P.; Clement, D. Nouvelles donnèes sur le foctionnement du systèmè d` incompatibilitè du cacaoyer et ses consequences pour la selection. *Cafè Cacao Thè* 1987, 31, 267- 277.

Mohanaramya M. "Studies on Floral Biology, Hybridization and Performance of Elite Clones of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Different Locations of Tamil Nadu." Horticultural College & Research Institute. Coimbatore: Tamil Nadu Agricultural University; 2013

N'guessan, K.M.F. Etude la Compatibilitè de Quinze Clones de Cacaoyer (*Theobrama cacao* Linnè) D'intèrèt Agronomique; Rapport de fin de stage de Brevet de Technicien Supèrieur Option: Agronomie Tropicale; Ecole de Formation et de Recyclage Professionnel d' Abidjan: Abidjan, Côte d' Ivoire, 2010.

Posnette, A. (1944). Pollination of Cacao in Trinidad. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 21. 115- 118.

Ramirez, A, O.A. 2019. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales. En línea: <https://cutt.ly/yCa0yti>

Soria S d J, Garcia J, Trevizan S. Mechanical pollination of cacao using motorized knapsack sprayers in Brazil: Agro- economical assessment. Revista Theobroma. 1980; 10(3):149-155

Sánchez Fernández, W. (2019). Estudio de la Compatibilidad Genética de Cuatro Clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Provincia de Jaén.

Somarriba, Ch. E.; Cerda, B. R.; Astorga, D. C.; Quesada, Ch. F. y Vásquez, M. N. 2010 Reproducción sexual del cacao. Costa Rica: CATIE. 48p.

Szymajda, M.; Napiòrkowska, B.; Korbin, M.;Z' urawicz, E. Studies on the interspecific crossing compatibility among three *Prunus* species and their hybrids. Hort. Sci. (Prague) 2015, 42, 70-82.

Posnette, A.F. The pollination of cacao in the Gold Coast. J. Hort. Sci. 1950, 25, 155-163. <https://doi.org/10.1080/00221589.1950.11513708>

QUINALUISA C. 2010 Estudio de la compatibilidad de árboles seleccionados por productividad y sanidad en un grupo de progeneis híbridas provenientes de cruces entre cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y otros orígenes genéticos. Tesis de grado facultad de ciencias agrarias Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Pág. 4-10.

Silva, C., Albuquerque, P., Ervedosa, F., Figueira, A Sebbenn, A. M. Understanding the genetic diversity, spatial genetic structure and mating system at the hierarchical levels of fruits and individuals of a continuous *Theobroma cacao* population from the Brazilian Amazon. Heredity 106, 9 (2011). <https://doi.org/10.1038/hdy.2010.145>

SOIC, Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2014 La cadena de cacao: Indicador e

instrumentos. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Febrero%20Cacao.pdf#search=cacao>

Vanegas Yanangomez, O. F. 2021. Incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* l.) y su incidencia en la producción. En línea: <https://cutt.ly/gCa7qUd>

Winder JA. Field observations on Ceratopogonidae and Diptera: Nematocera associated with cocoa flowers in Brazil. *Bulletin of Entomological Research* 1977;67(1):57-63

Winder JA, Silva P. Cacao pollination: Microdiptera of cacao plantations and some of their breeding places. *Bulletin of Entomological Research*. 1972;61(4):651-655

Young AM. Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa-pollinating midges in relation to flowering and fruit set between shaded and sunny habitats of the la Lola cocoa farm in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology*. 1983;20(3):801-831

Yamada, M.M.; Guries, R.P Mating system analysis in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotrópica* **1998**, 10, 165-1