

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**FACULTAD DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**“ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE
CUATRO CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN
LA PROVINCIA DE JAÉN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autores: Bach WALTER SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

Asesores: Mg. Sc. JAMES TIRADO LARA

JAÉN-PERÚ, OCTUBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 29 de octubre del año 2019, siendo las 9:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: **M.Sc. Wilfredo Ruíz Camacho.**

Secretario: **Dr. Alexander Huamán Mera.**

Vocal: **M.Sc. Yuriko Sumiyo Murillo Domen,** para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"Estudio de la compatibilidad genética de cuatro clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.), en la provincia de Jaén"**, presentado por el Bachiller Walter Sánchez Fernández de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

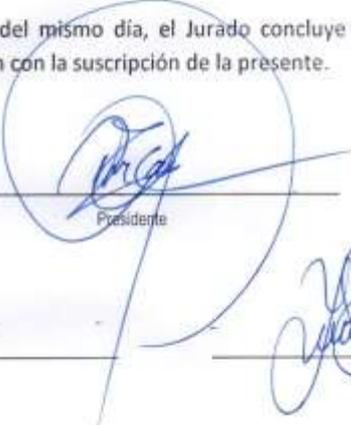
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar () Unanimidad (X) Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	()
d) Regular	13	(12.5)
e) Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 10:06 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Materiales	17
3.2. Metodología.....	18
3.2.1. Ubicación del área de estudio	18
3.2.2. Identificación de clones en estudio	19
3.2.3. Aislamiento de flores	19
3.2.4. Polinización entre flores del mismo árbol.....	19
3.2.5. Polinización entre flores de árboles del mismo clon.....	20
3.2.6. Polinización entre flores de árboles de clones diferentes.....	20
3.2.7. Registro de evaluación	20
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6.1. CONCLUSIONES.....	36
6.2. RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
AGRADECIMIENTO	41
DEDICATORIA.....	42
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción específica del material de análisis a utilizar	17
Tabla 2 Diseño experimental	21
Tabla 3 Tratamiento en la polinización del Marañón M-5	22
Tabla 4 Tratamiento en la polinización del CCN51	22
Tabla 5 Tratamiento en la polinización del ICS6	22
Tabla 6 Tratamiento en la polinización del ICS95	23
Tabla 7 Promedio de frutos cuajados del Clon Marañón M-5.	24
Tabla 8 Porcentaje de Fecundación en el clon Marañón M-5	25
Tabla 9 ANVA de número de flores polinizadas del Clon Marañón M-5	25
Tabla 10 Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, para el Clon Marañón M-5	26
Tabla 11 Promedio de frutos cuajados del Clon CCN51	27
Tabla 12 Porcentaje de Fecundación en el clon CCN51	27
Tabla 13 ANVA de número de flores polinizadas del Clon CCN51.....	28
Tabla 14 Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad	28
Tabla 15 Promedio frutos cuajados del Clon ICS6	29
Tabla 16 Porcentaje de Fecundación en el clon ICS6	30
Tabla 17 ANVA de número de flores polinizadas del Clon ICS6.....	30
Tabla 18 Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad	31
Tabla 19 Promedio de frutos cuajados del Clon ICS95	31
Tabla 20 Porcentaje de Fecundación en el clon ICS95	32
Tabla 21 ANVA de número de flores polinizadas del Clon ICS95.....	33
Tabla 22 Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad	33
Tabla 23 Polinización de flores del Clon Marañón M-5	44
Tabla 24 Promedio de frutos cuajados del Clon Marañón M-5, transformados con raíz cuadrada de $x+1$ (datos tomados de la tabla 7).....	44
Tabla 25 Polinización de flores del Clon CCN51	45
Tabla 26 Promedio frutos cuajados del Clon CCN51, transformados con raíz cuadrada de $x+1$. (Datos tomados de la 11).....	45
Tabla 27 Polinización de flores del Clon ICS6	46

Tabla 28 Promedio de frutos cuajados del Clon ICS6, transformados con raíz cuadrada de $x+1$ (datos tomados de la tabla 15).....	46
Tabla 29 Polinización de flores del Clon ICS95	47
Tabla 30 Promedio de frutos cuajados del Clon ICS95, transformados con raíz cuadrada de $x+1$ (datos tomados de la tabla 19).....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	18
Figura 2. Medición de tubo plástico	48
Figura 3. Protección y ajuste del tubo plástico.....	48
Figura 4. Dispositivo aislador armado.....	48
Figura 5. Identificación de arboles	48
Figura 6. Selección arboles de los clones	48
Figura 7. Codificación	48
Figura 8. Dispositivo aislador sujeto al árbol de cacao	48
Figura 9. Flores aisladas con su codificación	48
Figura 10. Flores aisladas	48
Figura 11. Recolección de flores “Machos”	48
Figura 12. Emasculación	48
Figura 13. Órgano masculino	48
Figura 14. Órgano femenino.....	48
Figura 15. Órgano femenino para ser polinizado	48
Figura 16. Proceso de autopolinización.....	48
Figura 17. Fruto fecundado del clon Marañón M-5	48
Figura 18. Fruto fecundado del clon CCN51	48
Figura 19. Fruto fecundado del clon ICS6	48
Figura 20. Fruto fecundado clon ICS95	48

RESUMEN

La presente investigación denominada “Estudio de la compatibilidad genética de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)”, desarrollada en el Banco de Germoplasma de la Agencia Agraria de la provincia de Jaén, tuvo como objetivos a) determinar la autocompatibilidad, autointercompatibilidad, autoincompatibilidad; b) establecer la existencia de compatibilidad cruzada, c) determinar el porcentaje de fecundación de cuatro clones de cacao tipo criollo (Marañón M-5) y trinitario (CCN51, ISC95, ISC6); utilizándose el Diseño de Completamente al Azar, con tres repeticiones y 10 tratamientos. Se polinizaron 15 flores de cada árbol por cada clon; obteniendo como resultados, que el clon Marañón M-5 es autocompatible con un porcentaje de fecundación entre 26.27% a 33.33%; el clon CCN51, también resultó ser autocompatible con un porcentaje de fecundación entre 33.33% a 46.67%; el clon ICS6, mostro ser autocompatible, con un porcentaje de fecundación entre 26.67% a 46.67%, y el clon ICS95, se comportó como autocompatible, con un porcentaje de fecundación de 26.67% a 53.33%. En la polinización cruzada, con diferente clon, se encontró que el clon Marañón M-5, resulto ser interincompatible, con un porcentaje de fecundación de 0%, y autointercompatible, con un porcentaje de fecundación entre 53.33% a 66.67%, el clon CCN51 resulto ser autointercompatible, con un porcentaje de fecundación de 53.33%, el clon ICS6, autointercompatible, con un porcentaje de fecundación entre 33.33% a 46.67%, el clon ICS95 resulto ser autointercompatible, con un porcentaje de fecundación de 40%.

Palabras clave: Clon; autocompatibilidad; intercompatibilidad, autoincompatibilidad; polinización.

ABSTRACT

The present research called “Study of the genetic compatibility of four cocoa clones (*Theobroma cacao* L)”, developed at the Germplasm Bank of the Agrarian Agency of the province of Jaen, aimed to a) determine the self-compatibility, self-compatibility, self-incompatibility ; b) establish the existence of cross compatibility; c) determine the fertilization rate of four Creole (Marañón M-5) and trinitarian cocoa clones (CCN51, ISC95, ISC6); using the Design of Blocks Completely at Random, with three repetitions and 10 treatments. 15 flowers of each tree were pollinated for each clone; obtaining as results, that the Marañón M-5 clone is self-compatible with a fertilization percentage between 26.27% to 33.33%; clone CCN51, also proved to be self-compatible with a fertilization rate between 33.33% to 46.67%; the ICS6 clone, showed to be self-compatible, with a fertilization percentage between 26.67% to 46.67%, and the ICS95 clone, behaved as self-compatible, with a fertilization percentage of 26.67% to 53.33%. In cross-pollination, with a different clone, the Marañón M-5 clone was found to be inter-incompatible, with a fertilization percentage of 0%, and self-incompatible, with a fertilization percentage between 53.33% to 66.67%, the CCN51 clone The ICS6 clone, self-incompatible, with a fertilization percentage between 33.33% to 46.67%, was found to be self-compatible, with a fertilization percentage between 33.33% and 46.67%, the ICS95 clone proved self-compatible, with a fertilization percentage of 40%.

Keywords: Clone; self compatibility; intercompatibility; auto incompatibility; pollination.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie nativa de los bosques tropicales húmedos de América del sur. Sus poblaciones ostentan una amplia diversidad genética (entre y dentro de ellas), tanto al estado silvestre como cultivado (García, 2010).

El cacao comprende una gran variedad de formas y poblaciones muy diferentes, las formas de cacao se clasifican tradicionalmente en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario; particularmente, el grupo Forastero abarca una alta variabilidad genética, mientras que la variedad Criollo es genéticamente más estrechamente definida. El grupo Trinitario comprende híbridos entre los dos primeros grupos. La mayoría de las variedades de cacao cultivadas mundialmente hoy en día son híbridos de orígenes mixtos que no pueden ser completamente incluidos dentro de esta división clásica. (Dostert *et al.*, 2011).

El cacao es un árbol que puede alcanzar una altura de 6 a 8 m, posee un sistema radicular principalmente pivotante el cual busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos, posee a la vez raíces primarias y secundarias que crecen horizontalmente (Estrada *et al.*, 2011).

Posee raíz principal y secundaria profunda, tiene dos tipos de tallos; el primero ortotrópico (de crecimiento recto, vertical), son las plantas que provienen de semillas o plantas francas (híbridos y segregantes de híbridos) y el segundo plagiotrópico (de crecimiento horizontal o lateral), sus hojas poseen una estructura especial, llamada "pulvínulos" que son abultamientos entre la base de la hoja y la base del pecíolo y sirven para seguir la dirección del sol, sus flores nacen de una estructura llamada cojín, cojinete o botón floral, cada cojín puede tener entre 1 – 40 flores, el fruto es una baya, llamada mazorca (Isla y Andrade, 2009).

Cada árbol de cacao puede producir hasta 125,000 flores por año, cada flor produce hasta 14,000 granos de polen y hasta 74 óvulo (Claude *et al.*, 2017). Las flores del cacao crecen y se desarrollan a lo largo del tronco y de las ramas sostenidas, son pequeñas de color rosado, blanco y púrpura frecuentemente (Baena y García, 2012). Según (Claude *et al.*, 2017) El cacao, es una planta heterocigota con una alta variabilidad para rasgos agronómicos y de calidad. Varios estudios han demostrado que las flores del cacao son andróginas y esencialmente fertilizadas por mosquitos (*Forcipomyia spp*).

En el cultivo de cacao la transferencia del polen es un proceso muy delicado, debido principalmente a que la flor parece estar creada por naturaleza para impedir la polinización, no para favorecerla. Sin embargo; cada flor abierta está metódicamente diseñada para imposibilitar que los insectos polinizadores consigan el polen que se encuentra en las cinco anteras que tiene la flor (CONABIO, 2010). El polen de estas flores continúa viable durante tres días, por ende están receptivas durante 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. Sin embargo, una proporción muy grande de estas flores no son polinizadas y caen en un lapso 48 horas (Peña, 2003).

Sin embargo, al final del período 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 desde 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); además se relaciona claramente los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola, ya que una gran porción de las especies de plantas fanerógamas sólo produce semillas cuando los insectos polinizadores han transportado previamente el polen de las anteras a los estigmas de sus flores (Cordova *et al.*, 2013). (Posnette, 1944) sugirió que la mosquita *Forcipomyia sp*, 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.

La polinización natural del cacao ha sido apreciada en muchos casos como un factor limitante de producción, de acuerdo a numerosos trabajos citados por (Soria, 1971) sigue siendo motivo de estudio en muchos países productores de cacao, exclusivamente de la América Continental Tropical y África. (Mindiola, 2017).

En cacao, un 80% de la polinización se realiza por insectos. 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 eficiente. En consecuencia, la técnica de polinización manual puede dar respuesta a esta problemática. El proceso de polinización consiste en seleccionar el árbol macho del cual se obtendrá el polen que será depositado en las flores de la planta hembra. A la flor macho se le eliminan los pétalos para dejar descubiertos los estambres, seguidamente se frota las anteras sobre el estigma y de esa forma se depositan los granos de polen en el pistilo de la flor femenina. Las flores seleccionadas deben estar recién abiertas con anteras de color blanco cremoso, descartando flores con anteras de color amarillo o marrón por no ser aptas. Con la polinización manual se puede obtener una producción de 3 a 4 veces mayor que con la polinización natural. (INTA, 2010)

El mejoramiento genético del cacao a nivel global está dirigido a alcanzar dos grandes objetivos. Uno que busca la obtención de variedades con mayor rendimiento para superar el problema de la baja productividad mundial y el otro se basa en la de resistencia a las enfermedades y plagas, las que destruyen más de un tercio de la producción potencial de cacao (Tarqui, 2010). Sólo el 30% del cacao producido en el mundo provienen de variedades mejoradas y menos del 1% de los mejores clones. Esto es sorprendente considerando la amplia diversidad genética del cacao en Latinoamérica, la cual fue colectada en forma intensa en los años 30 y conservada en colecciones que no han sido sistemáticamente aprovechadas (Phillips *et al.*, 2012).

En el cultivo de cacao existen numerosos factores que limitan la producción tales como genéticos, ecológicos, fisiológicos, patogénicos y culturales. Dentro del factor genético existen barreras que impiden el proceso normal de fecundación de la flor, denominada incompatibilidad, siendo este uno de los problemas con 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).

La reproducción sexual en numerosas plantas con flores incluye la autoincompatibilidad, que es uno de los mecanismos más importantes para evitar la endogamia, aunque la mayoría de las plantas de cacao son autoincompatibles y, por lo tanto, dependen de la polinización cruzada por mosquitos, el éxito entre las polinizaciones en el cacao varía del 18% al 66%, mientras que esta tasa es de hasta el 100% con clones autoincompatibles (Claude *et al.*, 2017).

La auto-compatibilidad 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. 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 intercompatibles (Phillis, 2008) citado por (Díaz y Urbina, 2015).

Se considera que una planta o clon es autocompatible o inter-compatibles cuando las polinizaciones artificiales producen un rendimiento (fecundación y formación superior o igual al 30% de todas las flores polinizadas) (Beker, 2008) citado por (Díaz y Urbina, 2015). La compatibilidad es el estudio de la capacidad de la fecundación de una flor receptora (madre) al entrar en contacto con el donador de polen (padre) las mismas que están nominadas genéticamente y son heredables El factor ecológico juega un papel importante sobre el fenómeno de la compatibilidad sexual, ya que un mismo cultivar en lugares distintos manifiestan un comportamiento diferente. Esto se debe a que las condiciones fisiológicas del árbol pueden hacer cambiar el sistema de compatibilidad en varios niveles (Quinaluisa, 2010) citado por (Mendoza, 2015).

Por el contrario, la incompatibilidad ha sido asociada a una menor producción es decir 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 (Beker,2008) citado por (Diaz y Urbima, 2015).

En 1932, Pound informó por primera vez la autoincompatibilidad en *Theobroma cacao* L. las evaluaciones sobre el mecanismo de autoincompatibilidad en el cacao indicaron que la polinización incompatible no inhibía la germinación del polen o la evolución del tubo de polen. La polinización compatible e incompatible dio como resultado tasas de crecimiento de tubos de polen similares. Como tal, *Theobroma* simboliza una ilustración clásica de un método de autoincompatibilidad ovárica, en cierta medida diferente de la mayoría de los métodos de incompatibilidad de plantas en la naturaleza (Claude *et al.*,2017).

(Claude *et al.*,2017) realizaron una investigación Compatibilidad de diez clones de Elite Cocoa (*Theobroma cacao* L.) en Costa de Marfil con la finalidad de introducir clones de alto rendimiento y evaluar su compatibilidad de diez nuevos clones de cacao (codificados como C1, C8, C9, C14, C15, C16, C17, C18, C20 y C21). Se utilizó un diseño de medio diallel que consta de 10 autopolinizaciones y 45 entrecruces, replicado tres veces. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los clones para el éxito de la polinización. De los diez clones evaluados, seis (C1, C8, C9, C15, C17 y C21) fueron autocompatibles. Con un éxito medio de polinización del 39%, C9 fue bastante interesante porque se ha informado que se encuentra entre los clones de mayor rendimiento.

(Diaz y Urbima, 2015) realizaron una investigación en el Estudio sobre la autointercompatibilidad de 5 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 a nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), mediante la compatibilidad a nivel de gameto a través polinización artificial. Los clones con los cuales se trabajó fueron: UF- 221, GS- 36, POUND - 12, PACAYA, UF227). 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

(Mazeira, 2013) realizo una investigación “Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional *in situ* en la zona de Valencia durante la época seca 2013”; con el propósito de conocer la incompatibilidad y compatibilidad sexual de la planta

de cacao tipo Nacional, para de esta manera mejorar y aumentar la producción de esta variedad tradicional, obteniendo como resultados que un gran número de árboles resultaron autoincompatibles con un porcentaje de 29% lo que corresponde a 42 árboles de los 143 en estudio, resultando 101 árboles restantes autocompatibles de los cuales se obtuvo un porcentaje de fecundación del 58% de las flores polinizadas teniendo de 4 a 5 flores fecundadas, y en la polinización cruzada se obtuvo como resultados que los grupos de árboles autocompatibles y autoincompatibles, tomado como madres los autocompatibles se obtuvo un porcentaje de fecundación del 43% siendo este menor al obtenido en las autopolinizaciones.

(Mendoza, 2015) realizó una investigación en compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos nacional y trinitario. Se realizaron auto polinizaciones en 64 clones de cacao tipo Nacional y Trinitario, polinizando en cada clon 10 flores. Registrando las variables de tamaño de la flor, peso de la flor, largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo y largo del pedúnculo como también compatibilidad, auto compatibilidad

(Mindiola, 2017) realizó una investigación “Caracterización fenotípica en flores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa”, señala que los bajos rendimientos del cacao Nacional han contribuido a que los agricultores lo sustituyan por materiales de origen trinitario más productivos y tolerantes a enfermedades, ocasionando una erosión genética, especialmente de genes relacionados con la calidad.

(Phillips *et al.*, 2012) realizaron un catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. En el documento se describe la estrategia de mejoramiento genético desarrollada por el CATIE y se indican las condiciones físicas, ambientales y agronómicas de los ensayos de campo involucrados en el proceso, así como las razones que justificaron la selección de los materiales y así mismo la caracterización de la morfología de los mismos.

(Véliz, 2015) evaluó la auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), con el fin de determinar la Autocompatibilidad, la morfología de la flor y la calidad física pos-cosecha de las almendras

de estos nuevos materiales, para la variable de porcentaje de polinización sobresalió el T5 con el 60 % de flores fecundadas, igualando el porcentaje del clon padre LR14; para las variables de morfología de la flor sobresalieron el T15 y T14 registrando un mayor tamaño 1.95 y 1.92 cm respectivamente, siendo esto relacionado directamente con las demás variables ya que a mayor tamaño de flor mayor será el peso, largo, ancho de pétalo, sépalo y largo de pedúnculo.

El incremento del cultivo de cacao en las áreas favorecidas por climas y suelos adecuados, ha impulsado la realización de investigaciones para lograr nuevos tipos de cacaos, que no sólo tengan un alto rendimiento en granos de buena calidad, sino que además sean de fructificación precoz, con el objetivo de que no haya de esperar 5 a 6 años que demoran los tipos de cacaos tradicionales en producir (Véliz, 2015)

En los últimos años se observa un desarrollo importante de la calidad cacaotera motivado por el incremento de precios y la demanda del mercado internacional. El cacao peruano, ha sido reconocido por su calidad como cacao fino. Para continuar con este posicionamiento en el mercado, se necesita desarrollar, fortalecer la institucionalidad de prestadores de servicios y organizaciones de productos que permita elevar su competitividad. Jaén y San Ignacio presentan una gran diversidad genética de cacao y es un cultivo con mucho potencial que podrían aprovecharse e incrementar su producción con la implementación de técnicas sencillas por parte de los productores (Paredes, 2015).

Los productores desconocen, las características de compatibilidad e incompatibilidad genética de los clones de cacao, lo cual repercute en la instalación de clones que muchas veces no son compatibles entre sí, dando como consecuencia la baja productividad. Respecto en ello se hace necesario, entonces, la determinación de la compatibilidad genética, en cuatro clones de cacao, para dar lugar al impulso de la instalación de plantaciones con aplicación de la tecnología y selección de clones que permitan obtener altos rendimientos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

“Evaluar la compatibilidad genética de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Banco de Germoplasma de la Agencia Agraria, de la provincia de Jaén”.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la autocompatibilidad, autointercompatibilidad, autoincompatibilidad en cuatro clones de cacao tipo Nacional (Marañón M-5) y Trinitario (CCN51, ICS6 y ICS95)
- Establecer la existencia de compatibilidad cruzada en los cuatro clones de cacao tipo Nacional (Marañón M-5) y Trinitario (CCN51, ICS6 y ICS95)
- Determinar el porcentaje de fecundación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Material para análisis

Se utilizaron cuatro clones de cacao, los mayormente cultivados en la provincia de Jaén, los mismos que se encuentran instalados en el Banco de Germoplasma de la Agencia Agraria.

Tabla 1

Descripción específica del material de análisis a utilizar

Clon	Grupo Genético	País de origen	Compatibilidad
Marañón M-5	Forastero x desconocido	Perú	Dnd
CCN51 (Colección Castro Naranjal)	(IMC-67 x ICS-95) con Forastero desconocido	Ecuador	Autocompatible
ICS95 (Imperial Collage Seleccction)	Trinitario	Trinidad y Tobago	Autocompatible
ICS6 (Imperial Collage Seleccction)	Trinitario	Trinidad y Tobago	Autocompatible

Fuente: (García, 2009)

3.1.2. Materiales de campo

- 1 pinza quirúrgicas con puntas finas
- Tubos plásticos transparente de 5 cm de largo y 3 cm de grosor.
- 100 gramos de plastilina
- 2 Porciones de Gasa triple de 5 x 5
- Tarjeta de identificación
- 1 porción Mini banda elástica para cabello
- Pintura aerosol
- Paja rafia

- Solución de agua con lejía al 5%

3.1.3. Material de gabinete

- Lápiz
- Calculadora
- Libreta de campo
- Computadora
- Cámara fotográfica.
- Papel bond A4

3.2. Metodología

3.2.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en una plantación de cacao de tipo criollo y trinitario *in situ* en el Banco de Germoplasma de la Agencia Agraria – Jaén, ubicado en el Caserío Yanuyacu Bajo, Distrito y Provincia de Jaén, Departamento Cajamarca. Su ubicación geográfica es de entre los 5°15' y los 6°4' de latitud Sur; y entre los 78° 33' y los 79° 38' de longitud Oeste.

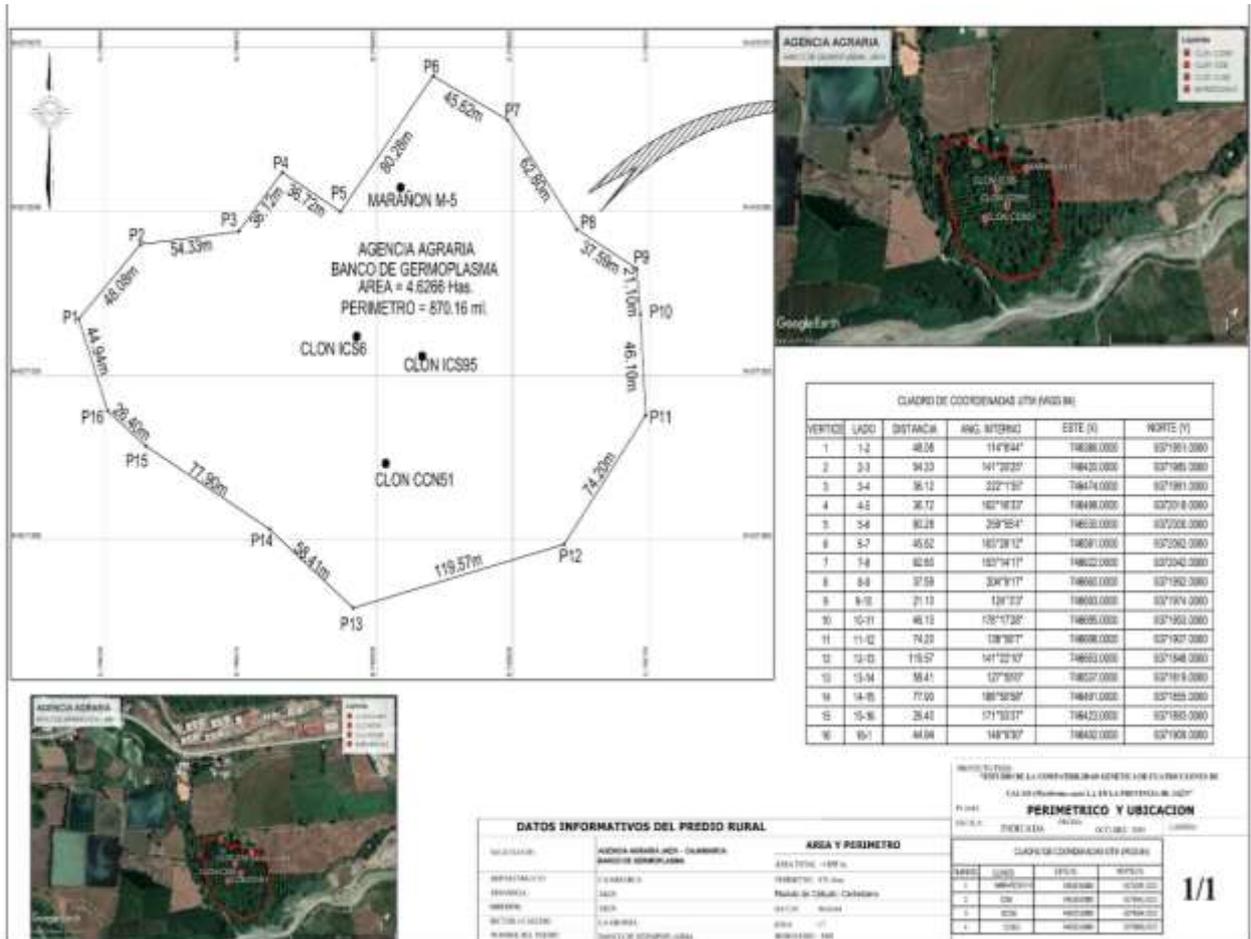


Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.2.2. Identificación de clones en estudio

Se realizó la identificación de clones de cacao, teniendo en cuenta los cultivares más producidos dentro de la provincia de Jaén, Marañón (M5) y Trinitario (CCN51, ISC95, ISC6), seleccionando cinco plantas por clon, los cuales fueron etiquetados con su respectiva codificación. (Figura 5, Anexo 5)

3.2.3. Aislamiento de flores

Una vez identificado los clones, se procedió a aislar los botones florales de cada planta próximos a abrir, aislando quince botones florales por planta, haciendo un total de 75 flores aisladas por clon.

El aislamiento se realizó con tubos plásticos transparentes de 5 cm de largo por 3 cm de diámetro, abierto en los dos extremos (Figura 7, Anexo 5), cubriendo uno de los extremos con gasa fina y asegurado con una liga, con el propósito de evitar la entrada de insectos polinizadores y además de permitir la aireación, el otro extremo se aseguró a la rama mediante un anilló de plastilina.

3.2.4. Polinización entre flores del mismo árbol

- Después de tres días de haber aislado los botones florales, una vez que las flores lograron abrir, se realizó la polinización entre flores de la misma planta
- Se procedió a retirar el tubo plástico transparente sin dañar la flor, y con una pinza de metal, desinfectado con solución de hipoclorito de sodio al 0.5%, se procedió a retirar los estaminoides, estambres y pétalos para así dejar libre el estigma y poder polinizar la flor donante (flor padre).
- De este modo se procedió frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor madre de abajo hacia arriba hasta que esté depositado el polen en el órgano femenino.
- Posteriormente se protegió la flor con el tubo plástico transparente.

Este proceso se realizó en horas de la mañana de 06 am -10 am, 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).

3.2.5. Polinización entre flores de árboles del mismo clon

Después de 4 días de haber aislado los botones florales, cuando los botones estaban completamente abiertos se retiró el tubo plástico sin dañar a la flor para realizar la polinización entre flores de árboles del mismo clon.

Con pinzas de metal desinfectadas, se procedió a retirar los estaminoides, estambres y pétalos para dejar libre el estigma y así poder polinizar a la flor donante (flor padre), de este modo se procedió a frotar las anteras durante quince segundos sobre el estigma o estilo de la flor de abajo hacia arriba hasta haber depositado el polen en el órgano femenino (flor madre).

Este proceso se realizó en horas de la mañana de 06 am -10 am, Este proceso se realizó en horas de la mañana de 06 am -10 am, 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).

3.2.6. Polinización entre flores de árboles de clones diferentes

Después de 5 días de haber aislado los botones florales, se realizó la polinización entre flores de árboles de clones diferentes. Con pinzas de metal desinfectada, se procedió a retirar los estaminoides, estambres y pétalos para así dejar libre el estigma y poder polinizar a la flor donante (flor padre) de este modo se procedió a frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor de abajo hacia arriba hasta haber depositado el polen en el órgano femenino (flor madre).

Este proceso se realizó en horas de la mañana de 06 am -10 am, 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).

3.2.7. Registro de evaluación

- Número de flores polinizadas

Una vez abiertos los cojines florales, se procedió a polinizar quince flores por cada árbol. Haciendo un total de 75 flores polinizadas para cada clon. Se utilizaron pequeñas placas de papel bond A4 y en las cuales se escribieron datos como es el

código del cruce, con la finalidad de identificar con facilidad el número de flores polinizadas de cada clon.

- **Número de frutos cuajados o fecundadas**

La comprobación se realizó a los 15 días después de haber polinizado, logrando contabilizar el número de frutos que cuajaron o fecundaron en cada uno de los clones polinizados, es decir cuando los frutos ya tomaron forma.

- **Número de flores no fecundadas o abortadas**

Se contabilizo el número de flores polinizadas que se desprendieron o no fecundaron durante el proceso de fecundación.

- **Porcentaje de fecundación**

Para determinar el porcentaje de fecundación, se realizó contando el número de flores fecundadas a los 15 días después de haber realizado las polinizaciones. Dicho cálculo se efectuó con la siguiente formula.

$$\%Fecundación = \frac{\text{flores autofecundadas}}{\text{total de flores polinizadas}} \times 100$$

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio de la investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) conformado por 10 tratamiento, seleccionando cinco árboles por cada clon, cada árbol con tres repeticiones y a su vez conformado por cinco unidades experimentales (flores polinizadas) obteniendo 75 flores polinizadas por cada clon.

Tabla 2
Diseño experimental

		Hembra				
		CLONES	M-5	CCN51	ICS6	ICS95
Macho	M-5		Y	X	X	X
	CCN51		X	Y	X	X
	ICS6		X	X	Y	X
	ICS95		X	X	X	Y

Y = Cruzamiento con el mismo clon o planta

X = Polinización con diferentes clones

3.3.1. Tratamientos en estudio

Tabla 3

Tratamiento en la polinización del Marañón M-5

Tratamientos	Detalle del tratamiento	
T1	Misma planta	M-5 M X M-5 H
T2	Misma planta	M-5 H X M-5 M
T3	Mismo clon	M-5 M X M-5 H
T4	Mismo clon	M-5 H X M-5 M
T5	CCN51	M-5 M X CCN51 H
T6		N-5 H X CCN51 M
T7	ICS6	M-5 M X ICS6 H
T8		M-5 H X ICS6 M
T9		M-5 M X ICS95 H
T10	ICS95	M-5 H X ICS95 M

M-5: Marañón 5 M: Flor macho H: Flor hembra

Tabla 4

Tratamiento en la polinización del CCN51

Tratamientos	Detalle del tratamiento	
T1	Misma planta	CCN51 M X CCN51 H
T2	Misma planta	CCN51 H X CCN51 M
T3	Mismo clon	CCN51 M X CCN51 H
T4	Mismo clon	CCN51 H X CCN51 M
T5	M-5	CCN51 M X M-5 H
T6		CCN51 H X M-5 M
T7	ICS6	CCN51 M X ICS6 H
T8		CCN51 H X ICS6 M
T9		CCN51 M X ICS95 H
T10	ICS95	CCN51 H X ICS95 M

M-5: Marañón 5 M: Flor macho H: Flor hembra

Tabla 5

Tratamiento en la polinización del ICS6

Tratamientos	Detalle del tratamiento	
T1	Misma planta	ICS6 M X ICS6 H
T2	Misma planta	ICS6 H X ICS6 M
T3	Mismo clon	ICS6 M X ICS6 H
T4	Mismo clon	ICS6 H X ICS6 M
T5	M-5	ICS6 M X M-5 H
T6		ICS6 H X M-5 M
T7	CCN51	ICS6 M X CCN51 H
T8		ICS6 H X CCN51 M
T9	ICS95	ICS6 M X ICS95 H
T10		ICS6 H X ICS95 M

M-5: Marañón 5 M: Flor macho H: Flor hembra

Tabla 6
Tratamiento en la polinización del ICS95

Tratamientos	Detalle del tratamiento	
T1	Misma planta	ICS95 M X ICS95 H
T2	Misma planta	ICS95 H X ICS95 M
T3	Mismo clon	ICS95 M X ICS95 H
T4	Mismo clon	ICS95 M X ICS95 H
T5	M-5	ICS95 M X M-5 H
T6		ICS95 H X M-5 M
T7	CCN51	ICS695 M X CCN51 H
T8		ICS95 H X CCN51 M
T9	ICS6	ICS95 M X ICS6 H
T10		ICS95 H X ICS6 M

M-5: Marañón 5 M: Flor macho H: Flor hembra

IV. RESULTADOS

4.1. Frutos cuajados, después de la polinización en el clon Marañón M - 5

Tabla 7

Promedio de frutos cuajados del Clon Marañón M-5.

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio de Tratam.
			I	II	III		
M 5 x M 5	Misma	M-5 Mx M-5 H	2	1	2	5	1.67
	Planta	M-5 H x M5-M	1	2	1	4	1.33
M 5 x M 5	Mismo Clon	M-5 M x M-5 H	2	1	1	4	1.33
		M-5 H x M5-M	1	2	1	4	1.33
M5 x CCN 51		M-5 M x CCN51 H	0	0	0	0	0
		M-5 H x CCN51 M	3	4	3	10	3.33
M 5 x ICS 6		M-5 M x ICS6 H	0	0	0	0	0
		M-5 H x ICS6 M	4	3	1	8	2.67
M 5 x ICS 95		M-5 M x ICS95 H	0	0	0	0	0
		M-5 H x ICS95 M	3	4	1	8	2.67
Total de Repeticiones			16	17	10	43	
Promedio de Repeticiones			1.6	1.7	1.0		

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

En la tabla 7, el promedio de frutos cuajados o fecundados del Marañón M-5, se observa que el número de frutos cuajados alcanzaron un promedio que fluctúa entre 0 a 3.33, cuando este clon actúa como Macho (donador de polen) con el clon CCN51, ICS6 y ICS95 en las repeticiones realizadas se obtuvo como resultado frutos no cuajados o fecundados con el valor de 0.

Tabla 8
Porcentaje de Fecundación en el clon Marañón M-5

		Porcentaje de Fecundación				
		Tratamientos	R1	R2	R3	% Total
M- 5 x M-5	Misma	M-5 M x M-5 H	40%	20%	40%	33.33%
	Planta	M-5 H x M5-M	20%	40%	20%	26.67%
M- 5 x M-5	Mismo	M-5 M x M-5 H	40%	20%	20%	26.67%
	Clon	M-5 H x M5-M	20%	40%	20%	26.67%
M- 5 x CCN 51		M-5 M x CCN51 H	0%	0%	0%	0.00%
		M-5 H x CCN51 M	60%	80%	60%	66.67%
M-5 x ICS 6		M-5 M x ICS6 H	0%	0%	0%	0.00%
		M-5 H x ICS6 M	80%	60%	20%	53.33%
M-5 x ICS 95		M-5 M x ICS95 H	0%	0%	0%	0.00%
		M-5 H x ICS95 M	60%	80%	20%	53.33%

En la tabla 8, el porcentaje de fecundación del clon Marañón M-5, tiene como resultados que el tratamiento M-5 M x M-5 H , M-5 H x M-5 M (misma planta) y M-5 M x M-5 H, M-5 H x M-5 M (mismo clon), registran un porcentaje de autocompatibilidad entre 33.33% -26.67%, por otro lado los tratamientos M-5 M x CCN51 H, M-5 H x CCN51 M, M-5 M x ICS6 H, M-5 H x ICS6 M, M-5 M x ICS95 H , M-5 H x ICS95 M registran un porcentaje de fecundación de 0. 00 % a 66.67%, 0.00% a 53.33%, 0.00% a 53.33% según estos resultados el Marañón M-5 es Interincompatible; es decir que solo recepciona polen mas no cede polen a otros árboles de clones genéticamente diferentes.

El éxito de la polinización se sometió a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA).

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de X+1, (tomados de la tabla 24), obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 9
ANVA de número de flores polinizadas del Clon Marañón M-5

FV	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.229	2	0.115			
Tratamientos	4.188	9	0.465	10.56 **	2.46	3.60
Error	0.793	18	0.044			
Total		29				

CV: 13.97 %

En el análisis de varianza del clon Marañón M-5, se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas, entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que hay variación del cruzamiento genético entre tratamientos.

Para corroborar este efecto se realizó la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 10

Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, para el Clon Marañón M-5

Código del Tratamiento	Tratamiento	Orden de Mérito	Significancia al 0.05 de probabilidad
T6-M	M-5 H x CCN51 M	2.08	A
T10-M	M-5 H x ICS95 M	1.88	A
T8-M	M-5 H x ICS6 M	1.88	A
T1-M	M-5 Mx M-5 H	1.63	A
T4-M	M-5 H x M5-M	1.52	A
T3-M	M-5 M x M-5 H	1.52	A B
T2-M	M-5 H x M5-M	1.52	A B
T9-M	M-5 M x ICS95 H	1.00	C
T7-M	M-5 M x ICS6 H	1.00	C
T5M	M-5 M x CCN51 H	1.00	C

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

Los resultados de la comparación de medias entre cruzamientos del Marañón M-5 con la misma planta y otros clones (CCN51, ISC6, ISC95); arrojan que no hay diferencias significativas. Además, se observa, que el Marañón M-5, puede aportar polen, así como recibir polen de otras plantas de su misma clase genética y de otros clones.

4.2. Frutos cuajados, después de la polinización, en el clon CCN51

Luego de la polinización, se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 11
Promedio de frutos cuajados del Clon CCN51

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio de Tratam.
			I	II	III		
CCN51 x CCN51	Misma Planta	CCN51 M x CCN51 H CCN51 H x CCN51 M	3 3	2 1	1 1	6 5	2.00 1.67
CCN51 x CCN51	Mismo Clon	CCN51 M x CCN51 H CCN51 H x CCN51 M	3 3	3 3	1 1	7 7	2.33 2.33
CCN 51 x M-5		CCN51 M x M-5 H	3	3	2	8	2.67
		CCN51 H x M-5 M	0	0	0	0	0.00
CCN51 x ICS 6		CCN51 M x ICS6 H	3	1	2	6	2.00
		CCN51 H x ICS6 M	1	3	3	7	2.33
CCN51 x ICS 95		CCN51 M x ICS95 H	3	2	1	6	2.00
		CCN51 H x ICS6 M	2	1	1	4	1.33
Total de Repeticiones			24.0	19	13.0	56	
Promedio de Repeticiones			2.4	1.9	1.3		

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

En la tabla 11, el promedio de frutos cuajados o fecundados del CCN51, se observa que el número de frutos cuajados alcanzaron un promedio que fluctúa entre 0 a 2.67, cuando este clon actúa como hembra (receptora de polen) con el clon Marañón M-5 en las repeticiones realizadas se obtuvo como resultado frutos no cuajados o fecundados con el valor de 0.

Tabla 12
Porcentaje de Fecundación en el clon CCN51

Tratamiento			Porcentaje de Fecundación			
			R1	R2	R3	% total
CCN51 x CCN51	Misma Planta	CCN51 M x CCN51 H CCN51H x CCN51 M	60%	40%	20%	40.00%
CCN51 x CCN51	Mismo Clon	CCN51 M x CCN51 H CCN51H x CCN51 M	60%	60%	20%	46.67%
CCN 51 x M- 5		CCN51 M x M-5 H	60%	60%	40%	53.33%
		CCN51 H x M-5 M	00%	00%	0%	0.00%
CCN 51 x ICS 6		CCN51 M x ICS6 H	60%	40%	60%	40.00%
		CCN51 H x ICS6 M	20%	60%	60%	46.67%
CCN 51 x ICS 95		CCN51 M x ICS95 H	60%	40%	20%	40.00%
		CCN51 H x ICS95 M	40%	20%	20%	26.67%

En la tabla 12, el porcentaje de fecundación del clon CCN51, tiene como resultados que el tratamiento CCN51 M x CCN51 H , CCN51 H x CCN51 M (misma planta) y CCN51M x CCN51 H, CCN51 H x CCN51 M (mismo clon), registran un porcentaje de

autocompatibilidad entre 40.00% -33.33% y 46.67% por otro lado los tratamientos CCN51 M x M-5 H, CCN51 H x M-5 M, CCN51 M x ICS6 H, CCN51H x ICS6 M, CCN51 M x ICS95 H, CCN51H x ICS95 M registran un porcentaje de fecundación de 53.33 % a 0.00%, 40.00% a 46.67%, 40.00% a 26.67% según estos resultados el clon CCN51 es autocompatible, intercompatible e interincompatible con el Marañón M-5 cuando este actúa como Macho (donador de polen).

El éxito de la polinización se sometió a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA).

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de X+1, (datos tomados de la tabla 26), obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 13
ANVA de número de flores polinizadas del Clon CCN51

FV	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.513	2	0.256			
Tratamientos	1.778	9	0.198	3.44*	2.46	3.60
Error	1.034	18	0.057			
Total		29				

CV=14.43%

Para el clon CCN51, se observa que existen diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que hay variación del cruzamiento genético entre tratamientos.

Para comprobar estas diferencias se acudió a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 14
Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

Tratamiento	Detalle del Tratamiento	Orden de Mérito	Significancia al 0.05 de probabilidad		
T5-CCN51	CCN51 M X M-5 H	1.91	A		
T2-CCN51	CCN51 H X CCN51 M	1.80	A		
T6-CCN51	CCN51H X M-5 M	1.80	A		
T7-CCN51	CCN 51 M X ICS6 H	1.80	A		
T10-CCN51	CCN 51 H X ICS95 M	1.72	A		
T3-CCN51	CCN51 M X CCN51 H	1.72	A		
T8-CCN51	CCN 51 H X ICS6 M	1.61	A	B	
T9-CCN51	CCN 51 M X ICS95 H	1.52	A	B	
T1-CCN51	CCN51 M X CCN51 H	1.12		B	C
T4-CCN51	CCN51 H X CCN51 M	1.00			C

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

Los resultados de la comparación de medias entre cruzamientos del CCN51 con la misma planta y otros clones, arrojan que no hay diferencias significativas. Además, se observa que el clon CCN51, puede aportar polen, así como recibir polen de otras plantas de su misma clase genética y de otros clones. Esto puede conducir a afirmar que el clon CCN51 es un clon autocompatible, versión que es corroborada por Quiroz *et al.*, (1992), quienes encontraron que el clon CCN51 es autocompatible.

4.3. Frutos cuajados, después de la polinización, en el clon ICS6

Luego de la polinización, se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 15
Promedio frutos cuajados del Clon ICS6

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio de Tratam.
			I	II	III		
ICS6 x ICS6	Misma	ICS6 M x ICS6 H	2	3	1	6	2.00
	Planta	ICS6 H x ICS6 M	1	3	1	5	1.67
ICS6 x ICS6	Mismo Clon	ICS6 M x ICS6 H	1	3	3	7	2.33
		ICS6 H x ICS6 M	2	1	1	4	1.33
ICS 6 x M-5 M		ICS6 M x M-5 H	1	3	2	6	2.00
		ICS6 H x M-5 M	0	0	0	0	0.00
ICS 6 x CCN51		ICS6 M x CCN51 H	1	3	1	5	1.67
		ICS6 H x CCN51 M	1	3	1	5	1.67
ICS 6 x ICS 95		ICS6 M x ICS95 H	1	3	2	6	2.00
		ICS6 H x ICS95 M	3	1	1	5	1.67
Total de Repeticiones			13.0	23.0	13.0	49	
Promedio de Repeticiones			1.30	2.30	1.3		

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

En la tabla 15, el promedio de frutos cuajados o fecundados del clon ICS6, se observa que el número de frutos cuajados alcanzaron un promedio que fluctúa entre 0 a 2.33, cuando este clon actúa como Hembra (receptora de polen) con el clon Marañón M-5 en las repeticiones realizadas se obtuvo como resultado frutos no cuajados o fecundados con el valor de 0.

Tabla 16
Porcentaje de Fecundación en el clon ICS6

		Porcentaje de Fecundación				
		Tratamientos	R1	R2	R3	% Total
ICS6 x ICS6	Misma	ICS6 M x ICS6 H	40%	60%	20%	40.00%
	Planta	ICS6 H x ICS6 M	20%	60%	20%	33.33%
CICS6 x ICS6	Mismo	ICS6 M x ICS6 H	20%	60%	60%	46.67%
	Clon	ICS6 H x ICS6 M	40%	20%	20%	26.67%
ICS6 x M-5		ICS6 M x M-5 H	20%	60%	40%	40.00%
		ICS6 H x M-5 M	0%	0%	0%	0.00%
ICS 6 x CCN 51		ICS 6 M x CCN51 H	20%	60%	20%	33.33%
		ICS 6 H x CCN51 M	20%	60%	20%	33.33%
ICS 6 x ICS 95		ICS 6 M x ICS95 H	20%	60%	40%	40.00%
		ICS 6H x ICS95 M	60%	20%	20%	33.33%

En la tabla 16, el porcentaje de fecundación del clon ICS6, tiene como resultados que el tratamiento ICS6 M x ICS6H , ICS6 H x ICS6 M (misma planta) y ICS6M x ICS6 H, ICS6 H x ICS6 M (mismo clon), registran un porcentaje de autocompatibilidad entre 40.00% - 33.33% y 46.67% por otro lado los tratamientos ICS6 M x M-5 H, ICS6 H x M-5 M, ICS6 M x CCN51 H, ICS6H x CCN51 M, ICS6 M x ICS95 H , ICS6H x ICS95 M registran un porcentaje de fecundación de 40.00 % a 0.00%, 33.33% a 33.33%, 40.00% a 33.33% según estos resultados el clon ICS6 es autocompatible, intercompatible e interincompatible con el Marañón M-5 cuando este actúa como Macho (donador de polen).

El éxito de la polinización se sometió a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA).

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de X+1, (datos tomados de la tabla 28) obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 17
ANVA de número de flores polinizadas del Clon ICS6

FV	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.463	2	0.232			
Tratamientos	1.697	9	0.189	3.28*	2.46	3.60
Error	1.035	18	0.058			
Total		29				

CV: 14.89%

Para el clon ICS6, se observa que existen diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que hay variación del cruzamiento genético entre tratamientos.

Para comprobar estas diferencias se acudió a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 18
Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

Tratamiento	Detalle del Tratamiento	Orden de Mérito	Significancia al 0.05 de probabilidad
T3-ICS6	ICS6 M X ICS6 H	2.00	A
T1-ICS6	ICS6 M X ICS6 H	1.72	A
T5-ICS6	ICS6 M X M-5 H	1.72	A
T9-ICS6	ICS6 M X ICS95 H	1.72	A
T10-ICS6	ICS6 H X ICS95 M	1.61	A
T2-ICS6	ICS6 H X ICS6 M	1.61	A
T7-ICS6	ICS6 M X CCN51 H	1.61	A
T8-ICS6	ICS6 H X CCN51 M	1.61	A
T4-ICS6	ICS6 H X ICS6 M	1.52	A
T6-ICS6	ICS6 H X M-5 M	1.00	A

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

Los resultados de la comparación de medias entre cruzamientos del clon ICS6 con la misma planta y otros clones, arrojan que no hay diferencias significativas. Además, se observa, que el clon ICS6, puede aportar polen, así como recibir polen de otras plantas de su misma clase genética y de otros clones. Esto puede conducir a afirmar que el clon ICS6 es un clon Autocompatible, versión que es corroborada por Quiroz *et al.*, (1992), quienes determinaron que el clon ICS6 es autocompatible.

4.4. Frutos cuajados, después de la polinización, en el clon ICS95

Luego de la polinización, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 19
Promedio de frutos cuajados del Clon ICS95

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio de Tratam.
			I	II	III		
ICS95 x	Misma	ICS95 M x ICS95 H	1	3	4	8	2.67
ICS95	Planta	ICS95 H x ICS95 M	1	2	1	4	1.33
ICS95 x	Mismo	ICS95 M x ICS 95 H	3	4	1	8	2.67
ICS95	Clon	ICS95 H x ICS95 M	2	3	1	6	2.00
ICS 95 x M-5 M		ICS95 M x M-5 H	1	3	2	6	2.00
		ICS95 H x M-5 M	0	0	0	0	0.00
ICS 95 x CCN51		ICS95 M x CCN51 H	0	0	0	0	0.00
		ICS95 H x CCN51 M	2	2	1	5	1.67
ICS 95 x ICS 6		ICS95 M x ICS6 H	1	2	3	6	2.00

	ICS95 H x ICS6 M	2	1	2	5	1.67
Total de Repeticiones		13.0	20.0	15.0	48	
Promedio de Repeticiones		1.30	2.0	1.5		
M-5: Marañón 5	M: Macho	H: Hembra				

En la tabla 19, el promedio de frutos cuajados o fecundados del clon ICS6, se observa que el número de frutos cuajados alcanzaron un promedio que fluctúa entre 0 a 2.67, cuando este clon actúa como Hembra (receptora de polen) con el clon Marañón M-5 y Macho (donador de polen) con el clon CCN51 en las repeticiones realizadas se obtuvo como resultado frutos no cuajados o fecundados con el valor de 0,

El número de frutos cuajados alcanzaron un promedio que fluctúa entre 0.00 a 2.67.

Tabla 20

Porcentaje de Fecundación en el clon ICS95

			Porcentaje de Fecundación			
tratamientos			R1	R2	R3	% Total
ICS95 x ICS95	Misma	ICS95 M x ICS95 H	20%	60%	80%	53.33%
	Planta	ICS6 H x ICS6 M	20%	40%	20%	26.67%
ICS695 x ICS95	Mismo	ICS95 M x ICS95 H	60%	80%	20%	53.33%
	Clon	ICS95 H x ICS95 M	40%	60%	20%	40.00%
ICS95 x M-5		ICS95 M x M-5 H	20%	60%	40%	40.00%
		ICS95 H x M-5 M	0%	0%	0%	0.00%
ICS 95 x CCN 51		ICS 95 M x CCN51 H	0%	0%	0%	0.00%
		ICS95 H x CCN51 M	40%	40%	20%	33.33%
ICS 95 x ICS 95		ICS95 M x ICS6	20%	40%	60%	40.00%
		ICS95 H x ICS6M	40%	20%	40%	33.33%

En la tabla 20, el porcentaje de fecundación del clon ICS95, tiene como resultados que el tratamiento ICS95M x ICS95H , ICS95H x ICS95 M (misma planta) y ICS95M x ICS95 H, ICS95H x ICS95 M (mismo clon), registran un porcentaje de autocompatibilidad entre 53.33% -26.67% y 53.33% - 40.00% por otro lado los tratamientos ICS95 M x M-5 H, ICS95 H x M-5 M, ICS95 M x CCN51 H, ICS95H x CCN51M, ICS95M x ICS6H , ICS96H x ICS6 M registran un porcentaje de fecundación de 40.00 % a 0.00%, 0.00% a 33.33%, 40.00% a 33.33% según estos resultados el clon ICS95 es autocompatible, intercompatible e interincompatible con el Marañón M-5 cuando este actúa como Macho (donador de polen), además es interincompatible con el clon CCN51 cuando actúa como Macho (donador de polen).

El éxito de la polinización se sometió a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA).

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de $X+1$, (datos tomados de la tabla 30) obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 21
ANVA de número de flores polinizadas del Clon ICS95

	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.111	2	0.056			
Tratamientos	2.417	9	0.269	4.05**	2.46	3.60
Error	1.194	18	0.066			
Total		29				

CV= 16.82%

Para el clon ICS95, se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas, entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que hay variación del cruzamiento genético entre tratamientos; por lo que, para comprobar estas diferencias se acudió a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 22
Significancia de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

Tratamiento	Detalle del Tratamiento	Orden de Mérito	Significancia al 0.05 de probabilidad
T1-ICS95	ICS95 M X ICS95 H	1.88	A
T4-ICS95	ICS95 H X ICS95 M	1.72	A
T5-ICS95	ICS95 M X M-5 H	1.72	A
T9-ICS95	ICS95 M X ICS6 H	1.72	A
T8-ICS95	ICS95 H X CCN51 M	1.63	A
T3-ICS95	ICS95 M X ICS95 H	1.61	A
T2-ICS95	ICS95 H X ICS95 M	1.52	A
T10-ICS95	ICS95 H X ICS6 M	1.52	A
T6-ICS95	ICS95 H X M- 5 M	1.00	B
T7-ICS95	ICS95 M X CCN51 H	1.00	B

M-5: Marañón 5 M: Macho H: Hembra

Los resultados de la comparación de medias entre cruzamientos del ICS95 con la misma planta y otros clones, arrojan que no hay diferencias significativas. Además, se observa, que el ICS95 puede aportar polen, así como recibir polen de otras plantas de su misma clase genética y de otros clones.

V. DISCUSIÓN

- Según los resultados obtenidos en la tabla 8, el clon Marañón M-5 mostro un bajo porcentaje de fecundación de 0% en los tratamientos (M-5 M x CCN51 H, M-5 M x ICS6 H, M-5 M x ICS95 H), en el cual demostró ser un clon interincompatible, es decir que sólo recepciona polen mas no cede polen a otros árboles de clones genéticamente diferentes. Por otro lado, los tratamientos M-5 M x M-5 H, M-5 H x M-5 M y M-5 M x M-5 H y M-5 H X M-5 M registran un porcentaje de autocompatibilidad entre 26.67%, a 33.33%, estos resultados concuerdan con un estudio realizado por (Alvarado *et al.*, 2009) donde indico que este clon es intercompatible con su misma rama genética, es decir que sólo puede ceder polen a árboles de clones genéticamente iguales.
- Según los resultados obtenidos en la tabla 12, el clon CCN51 mostro un bajo porcentaje de fecundación de 0% en el tratamiento CCN51 H x M-5 M, el cual demostró ser un clon interincompatible, seguido de los tratamientos CCN51 M x CCN51 H, CCN51 H x CCN51 M con un porcentaje de fecundación de 46,67%,,, estos tratamientos resultaron ser autocompatibles, seguido del tratamiento CCN51 H x ICS6 M, CCN51M x M-5H con un porcentaje de fecundación de 46, 67 % y 53.33%, el cual resulto ser Autocompatible e intercompatible. Estos porcentajes de fecundación concuerdan con la investigación realizada por Quiroz *et al.*, (1992) donde menciona que el clon CCN-51 es autocompatible, influyendo las condiciones ambientales cambiando la fisiología del árbol variando su compatibilidad en algunas épocas del año, quedando por lo tanto su genotipo floral indeterminado.

- Según los resultados obtenidos en la tabla 16, el clon ICS6 se observa que el tratamiento, ICS6 M X ICS6 H, ICS6 H x ICS6 M, ICS6 M X ICS6 H, ICS6 H X ICS6 M con un porcentaje de fecundación entre 26.67% a 46.67%. los tratamientos ICS6 M X M-5 H y ICS6 M X ICS95 H con un porcentaje de fecundación de 40% y ICS6 M X CCN51 H y ICS6 H X CCN51 M, 33.33% resultaron ser Autocompatibles e intercompatibles. Estos porcentajes de fecundación concuerdan con Ramírez (2019) , en su trabajo de investigación “Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales”, determino que el clon ICS6 es auto incompatible con el clon ISC95, al igual que Quiroz *et al.*, (1992) en su trabajo de investigaacion “Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)” obtuvieron como resultado que el clon ICS6 es autocompatible.

- Según los resultados obtenidos en la tabla 20, el clon ICS95 se observa que el tratamiento ICS95 M X ICS95 H y ICS95 M X ICS95 H, resulto ser autocompatible con un porcentaje de fecundación de 53.33%, seguido del tratamiento T4-ICS95 (ICS95 H X ICS95 M) con un porcentaje de fecundación de 40% en autocompatibilidad y el tratamiento ICS95 M X M-5 H y ICS95 M X ICS6 H con un porcentaje de fecundación 40% de autointercompatibilidad. Según Ramírez (2019), en su trabajo de investigación “Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales”, determinó que el clon ICS95 es auto compatible con el clon CCN51, al igual que Quiroz *et al.*, (1992) en su trabajo de investigaacion “Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)” obtiene como resultado que el clon ICS95 es autocompatible y compatible con otros clones.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En la autopolinización, los clones que resultaron ser autocompatibles fueron el Marañón M-5, CCN51, ICS6 y ICS95; es decir al polinizar estos clones entre sus mismas plantas y entre su mismo clon se puede obtener como resultado frutos fecundados.
- En la polinización cruzada, los clones trinitarios que resultaron ser autointercompatibles fueron el CCN51, ICS6 e ICS95; es decir al realizar la polinización cruzada podemos obtener frutos fecundados entre misma planta y entre diferentes plantas.
- Según los resultados obtenidos del clon Marañón M-5 se obtuvo un porcentaje de fecundación muy bajo de 0.00 % cuando este clon se presenta como Macho (donador de polen), se concluye que es interincompatible, es decir puede recibir polen de otros clones de su propia rama genética, mas no donar polen a otros clones.
- Según los resultados obtenidos en el porcentaje de fecundación del clon CCN51, ICS6 y el clon ICS95; se puede concluir que son autocompatibles, es decir pueden donar polen a misma planta y a su mismo clon obteniendo frutos fecundados.
- La incompatibilidad sexual es uno de los factores que contribuyen a la baja productividad del cacao.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda incluir el programa de mejoramiento genético de cacao en el banco de germoplasma de la agencia agraria de Jaén.
- Se debe incluir en el banco de germoplasma, no sólo clones que sean autocompatibles, sino que sean compatibles con el polen de los arboles vecinos para garantizar una mayor probabilidad de frutos cuajados o fecundados.
- Se debe tomar en cuenta que la flor se 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.
- Se recomienda realizar las labores culturales ya que esto ayuda a aumentar la presencia de insectos polinizadores lo que ayuda a tener un mayor fructificación

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, D., Pérez, J., Velásquez, G., & Velásquez, M. (2009). Manual de Polinizaciones Controladas en cacao. Instituto de Investigación y Desarrollo del sur del occidente
- Baena, M., & Garcia, A. (2012). Obtencion y caracterizacion de fibra dietariaa partir de cascarilla de las semillas tostadas de Thebroma cacao L. de una industria chocolatera colombiana. Universidad Tecnologica De Pareira, Colombia. Tesis.
- Claude, J., Diby , L., & Kouamé , C. (2017). Compatibility of Ten Elite Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones. Horticulturae, 45. doi.org/10.3390/horticulturae 0300045.
- CONABIO. (2010). *Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad*. Obtenido de *Theobroma cacao* L.
- Cordova , C., Cerda , R., Deheuvelds, O., Hidalgo, E., & Hidalgo, E. (2013). Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. *Agroforesteria en las Americas N° 49*, 1-3.
- Diaz, Y., & Urbima, J. (Febrero de 2015). 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. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua- Managua.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (Octubre de 2011). Factsheet: Datos botánicos de cacao. Desarrollo de monografías botánicas (factsheets) para tres cultivos peruanos.
- Estrada, W. J., Romero, C. X., & Moreno, P. J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con tecnicas agroecologicas. Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña.
- García, L. (Agosto de 2009). Catálogo de Cultivares de Cacao. Ministerio de agriultua.
- García, M., Ríos, A., & Álvarez, J. (2016). Pollination in agricultural systems: a systematic literature review. *Idesia* vol.34 no.3 Arica , 51-66.

- García, C. (Noviembre de 2010). Catalogo de Cultivares de Cacao del Perú. Ministerio de Agricultura-DEVIDA.
- INTA. (2010). Guía tecnológica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.
- Isla, E., & Andrade, B. (Octubre de 2009). Propuesta para el manejo de cacao orgánico. Proyecto "Paz y Conservación Binacional en la Cordillera del Cóndor, Ecuador-Perú- Fase II (Componente Peruano).
- Mazeira, F. (2013). Compatibilidad genética en arboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca 2013. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Mendoza, C. (2015). Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos nacional y trinitario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Mindiola, K. (2017). Caracterización fenotípica en flores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Paredes, E. (2015). Mejoramiento de la provisión de los servicios agrarios de la dirección regional de agricultura cajamarca. Manual del cultivo del Cacao, 38.
- Peña, J. (2003). Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología.*, 6-20.
- Phillips, W., Arciniegas, A., Mata, A., & Motamayor, C. (2012). Catalogos de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Posnette, A. (1944). Pollination of Cacao in Trinidad. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 21. 115-118.
- Quiroz, J., Vera, J., & Enriquez, G. (Julio de 1992). Determinación de Genotipo de Compatibilidad de algunos Clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Quevedo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

- Ramírez, O. (20 de Abril de 2019). Fundación Hondureña de Integración Agrícola. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales.
- Segovia, D. (2017). Relación de la morfología floral de la compatibilidad genética en trece clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Soria, S. (1971). La polinización del cacao por las mosquitas *Forcipomya* spp. (Diptera: Ceratopogonidae). Palmira, Colombia. *Acta Agronómica*, 77- 80.
- Tarqui, O. (2010). Evaluación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de plantulas híbridadas seleccionadas por resistencia a la enfermedad escoba de bruja (*Moniophthora perniciosa*). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Véliz, M. (2015). Auto-Compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos internacionales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por protegerme siempre durante mi camino, y darme fuerzas para superar dificultades y obstáculos a lo largo de toda mi vida.

A la Universidad Nacional de Jaén, por mi formación académica; a mi Madre maravillosa, quien ha creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo; a mi asesor de tesis el Mg.Sc James Tirado Lara por toda la colaboración y ayuda brindada durante la ejecución de este proyecto.

Agradecer también a todas las personas que me apoyaron en la realización de mi proyecto de tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A Mi madre, por ser el pilar fundamental de mi vida quien con sacrificio, entrega y amor me brindó su apoyo incondicional; ella le dedico esta presente investigación, porque ha fomentado en mí; el deseo de superación y de triunfo en la vida.

ANEXOS

ANEXO 1: Resultados obtenidos de polinización entre su misma planta, mismo clon y diferentes clones del clon Marañón M-5

Tabla 23

Polinización de flores del Clon Marañón M-5

Tratamientos			REPETICIONES											
			R1				R2				R3			
			I	II	III	%	I	II	III	%	I	II	III	%
M- 5 x M-5	Misma Planta	M-5 Mx M-5 H	5	2	3	40	5	1	4	20	5	2	3	40
		M-5 H x M5-M	5	1	4	20	5	2	3	40	5	1	4	20
M- 5 x M-5	Mismo Clon	M-5 M x M-5 H	5	2	3	40	5	1	4	20	5	1	4	20
		M-5 H x M5-M	5	1	4	20	5	2	3	40	5	1	4	20
M- 5 x CCN 51		M-5 M x CCN51 H	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
		M-5 H x CCN51 M	5	3	2	60	5	4	1	80	5	3	2	60
M-5 x ICS 6		M-5 M x ICS6 H	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
		M-5 H x ICS6 M	5	4	1	80	5	3	2	60	5	1	4	20
M-5 x ICS 95		M-5 M x ICS95 H	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
		M-5 H x ICS95 M	5	3	2	60	5	4	1	80	5	1	4	20

M-5= Marañón 5 M= Macho H= Hembra %= Porcentaje de fecundación

Tabla 24

Promedio de frutos cuajados del Clon Marañón M-5, transformados con raíz cuadrada de $x+1$ (datos tomados de la tabla 7)

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Pro m.
			I	II	III		
Marañón 5 x Marañón 5	Misma Planta	M-5 Mx M-5 H	1.73	1.41	1.73	4.87	1.62
		M-5 H x M5-M	1.41	1.73	1.41	4.55	1.52
Marañón 5 x Marañón 5	Mismo Clon	M-5 M x M-5 H	1.73	1.41	1.41	4.55	1.52
		M-5 H x M5-M	1.41	1.73	1.41	4.55	1.52
Marañón 5 x CCN 51		M-5 M x CCN51 H	1	1	1	3	1.00
		M-5 H x CCN51 M	2	2.24	2	6.24	2.08
Marañón 5 x ICS 6		M-5 M x ICS6 H	1	1	1	3	1.00
		M-5 H x ICS6 M	2.24	2	1.41	5.65	1.88
Marañón 5 x ICS 95		M-5 M x ICS95 H	1	1	1	3	1.00
		M-5 H x ICS95 M	2	2.24	1.41	5.65	1.88
Total de repeticiones			15.5	15.76	13.7	45.06	
Promedio de repeticiones			1.55	1.57	1.38		

ANEXO 2: Resultados obtenidos de polinización entre su misma planta, mismo clon y diferentes clones del clon CCN51

Tabla 25

Polinización de flores del Clon CCN51

Tratamientos			REPETICIONES											
			R1				R2				R3			
			I	II	III	%	I	II	III	%	I	II	III	%
CCN5x CCN51	Misma Planta	CCN51 M x CCN51 H	5	3	2	60	5	2	3	40	5	1	4	20
		CCN51H x CCN51 M	5	3	2	60	5	1	4	20	5	1	4	20
CCN5x CCN51	Mismo Clon	CCN51 M x CCN51 H	5	3	2	60	5	3	2	60	5	1	4	20
		CCN51H x CCN51 M	5	3	2	60	5	3	2	60	5	1	4	20
CCN 51 x M 5		CCN51 M x M-5 H	5	3	2	60	5	3	2	60	5	2	3	40
		CCN51 H x M-5 M	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	1	0
CCN 51x ICS 6		CCN51 M x ICS6 H	5	3	2	60	5	2	3	40	5	3	2	60
		CCN51 H x ICS6 M	5	1	4	20	5	3	2	60	5	3	2	60
CCN 51x ICS 95		CCN51 M x ICS95 H	5	3	2	60	5	2	3	40	5	1	4	20
		CCN51 H x ICS95 M	5	2	3	40	5	1	4	20	5	1	4	20

M-5= Marañón 5 M= Macho H= Hembra %= Porcentaje de fecundación

Tabla26

*Promedio frutos cuajados del Clon CCN51, transformados con raíz cuadrada de x+1.
(Datos tomados de la 11)*

Tratamientos			Repeticiones			Total Trat.	Promedio de Trat
			I	II	III		
CCN51x CCN51	Misma Planta	CCN51 M x CCN51 H	2	1.73	1.41	5.14	1.71
		CCN51H x CCN51 M	2	1.41	1.41	4.82	1.61
CCN51x CCN51	Mismo Clon	CCN51 M x CCN51 H	2	2	1.41	5.41	1.80
		CCN51H x CCN51 M	2	2	1.41	5.41	1.80
CCN 51 x M-5		CCN51 M x M-5 H	2	2	1.73	5.73	1.91
		CCN51 H x M-5 M	1	1	1	3	1.00
CCN 51 x ICS 6		CCN51 M x ICS6 H	2	1.41	1.73	5.14	1.71
		CCN51 H x ICS6 M	1.41	2	2	5.41	1.80
CCN 51 x ICS 95		CCN51 M x ICS95 H	2	1.73	1.41	5.14	1.71
		CCN51 H x ICS95 M	1.73	1.41	1.41	4.55	1.52
Total de Repeticiones			18.1	16.69	14.9	49.75	
Promedio de Repeticiones			1.81	1.669	1.49		

ANEXO 3: Resultados obtenidos de polinización entre su misma planta, mismo clon y diferentes clones del clon ICS6

Tabla 27
Polinización de flores del Clon ICS6

Tratamientos			REPETICIONES											
			R1				R2				R3			
			I	II	III	%	I	II	III	%	I	II	III	%
ICS6x	Misma	ICS6 M x ICS6 H	5	2	3	40	5	3	2	60	5	1	4	20
ICS6	Planta	ICS6 H x ICS6 M	5	1	4	20	5	3	2	60	5	1	4	20
CICS6x	Mismo	ICS6 M x ICS6 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	3	2	60
ICS6	Clon	ICS6 H x ICS6 M	5	2	3	40	5	1	4	20	5	1	4	20
ICS6 x M-5		ICS6 M x M-5 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	2	3	40
		ICS6 H x M-5 M	5	0	1	0	5	0	1	0	5	0	1	0
ICS 6 x CCN 51		ICS 6 M x CCN51 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	1	4	20
		ICS 6 H x CCN51 M	5	1	4	20	5	3	2	60	5	1	4	20
ICS 6 x ICS 95		ICS 6 M x ICS95 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	2	3	40
		ICS 6H x ICS95 M	5	3	2	60	5	1	4	20	5	1	4	20

M-5= Marañón 5 M= Macho H= Hembra %= Porcentaje de fecundación

Tabla28

Promedio de frutos cuajados del Clon ICS6, transformados con raíz cuadrada de x+1(datos tomados de la tabla 15)

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio Tratam.
			I	II	III		
ICS6 x ICS6	Misma Planta	ICS6 M x ICS6 H	1.73	2	1.41	5.14	1.71
		ICS6 H x ICS6 M	1.41	2	1.41	4.82	1.61
CICS6 x ICS6	Mismo Clon	ICS6 M x ICS6 H	2	2	2	6	2.00
		ICS6 H x ICS6 M	1.73	1.41	1.41	4.55	1.52
ICS6 x M-5		ICS6 M x M-5 H	1.41	2	1.73	5.14	1.71
		ICS6 H x M-5 M	1	1	1	3	1.00
ICS 6 x CCN 51		ICS 6 M x CCN51 H	1.41	2	1.41	4.82	1.61
		ICS 6 H x CCN51 M	1.41	2	1.41	4.82	1.61
ICS 6 x ICS 95		ICS 6 M x ICS95 H	1.41	2	1.73	5.14	1.71
		ICS 6H x ICS95 M	2	1.41	1.41	4.82	1.61
Total de Repeticiones			15.51	17.8	14.9	48.25	
Promedio de Repeticiones			1.551	1.78	1.49		

ANEXO 4: Resultados obtenidos de polinización entre su misma planta, mismo clon y diferentes clones del clon ICS95

Tabla 29
Polinización de flores del Clon ICS95

Tratamientos			REPETICIONES											
			R1				R2				R3			
			I	II	III	%	I	II	III	%	I	II	III	%
ICS95 x ICS95	Misma Planta	ICS95 M x ICS95 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	4	1	80
		ICS6 H x ICS6 M	5	1	4	20	5	2	3	40	5	1	4	20
ICS695 x ICS95	Mismo Clon	ICS95 M x ICS95 H	5	3	2	60	5	4	1	80	5	1	4	20
		ICS6 H x ICS6 M	5	2	3	40	5	3	2	60	5	1	4	20
ICS95 x M-5		ICS95 M x M-5 H	5	1	4	20	5	3	2	60	5	2	3	40
		ICS95 H x M-5 M	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
ICS 95 x CCN 51		ICS 95 M x CCN51 H	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
		ICS95 H x CCN51 M	5	2	3	40	5	2	3	40	5	1	4	20
ICS 95 x ICS 95		ICS95 M x ICS6	5	1	4	20	5	2	3	40	5	3	1	60
		ICS95 H x ICS6M	5	2	3	40	5	1	4	20	5	2	3	40

M-5= Marañón 5 M= Macho H= Hembra %= Porcentaje de fecundación

Tabla 30
Promedio de frutos cuajados del Clon ICS95, transformados con raíz cuadrada de $x+1$ (datos tomados de la tabla 19)

Tratamientos			Repeticiones			Total Tratam.	Promedio Tratam.
			I	II	III		
ICS95 x ICS95	Misma Planta	ICS95 M x ICS95 H	1.41	2	2.24	5.65	1.88
		ICS6 H x ICS6 M	1.41	1.73	1.41	4.55	1.52
ICS695xICS95	Mismo Clon	ICS95 M x ICS95 H	2	1.41	1.41	4.82	1.61
		ICS6 H x ICS6 M	1.73	2	1.41	5.14	1.71
ICS95 x M-5		ICS95 M x M-5 H	1.41	2	1.73	5.14	1.71
		ICS95 H x M-5 M	1	1	1	3	1.00
ICS 95 x CCN 51		ICS 95 M x CCN51 H	1	1	1	3	1.00
		ICS95 H x CCN51 M	1.73	1.73	1.41	4.87	1.62
ICS 95 x ICS 95		ICS95 M x ICS6	1.41	1.73	2	5.14	1.71
		ICS95 H x ICS6M	1.41	1.41	1.41	4.23	1.41
Total de Repeticiones			14.5	16.0	15.0	45.54	
Promedio de Repeticiones			1.45	1.60	1.50		

ANEXO 5: Fotografías

1. Preparación del material para realizar el aislamiento de los cojines florales



Figura 2. Medición de tubo plástico



Figura 3. Protección y ajuste del tubo plástico



Figura 4. Dispositivo aislador armado

2. Identificación y selección de clones a evaluar.



Figura 5. Identificación de arboles



Figura 6. Selección arboles de los clones

3. Codificación y aislamiento de botones florales



Figura 7. Codificación



Figura 8. Dispositivo aislador sujeto al árbol de cacao



Figura 9. Flores aisladas con su codificación



Figura 10. Flores aisladas

4. Polinización



Figura 11. Recolección de flores "Machos"



Figura 12. Emasculación



Figura 13. Órgano masculino



Figura 14. Órgano femenino



Figura 15. Órgano femenino para ser polinizado



Figura 16. Proceso de autopolinización

5. Frutos fecundados



Figura 17. Fruto fecundado del clon Marañón M-5



Figura 18. Fruto fecundado del clon CCN51



Figura 19. Fruto fecundado clon ICS6



Figura 20. Fruto fecundado del clon ICS6