



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD Y HABILIDAD COMBINATORIA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) CLON BOLA MEDIANTE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL, EN LA LOCALIDAD MATA DE CACAO.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero/a Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

Autores:

Franklin Alfredo Atiencia Bazan

Vilma Mariela Cordova Guaman

Tutor:

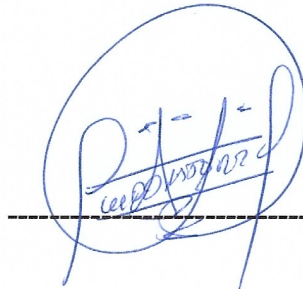
Ing. Jorge Washington Donato Ortiz MSc.

Guaranda – Ecuador

2024

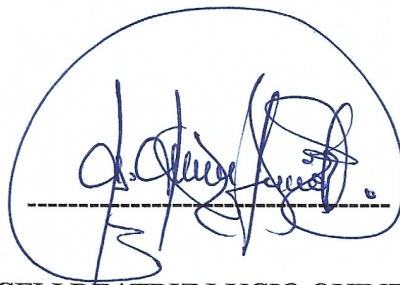
DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD Y HABILIDAD
COMBINATORIA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) CLON BOLA MEDIANTE
POLINIZACIÓN ARTIFICIAL, EN LA LOCALIDAD MATA DE CACAO.

REVISADO Y APROBADO POR:



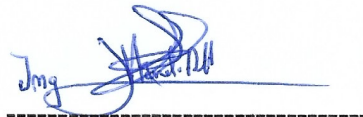
Ing. JORGE WASHINGTON DONATO ORTIZ. MSc.

TUTOR



Dra. ARACELI BEATRIZ LUCIO QUINTANA. PhD.

PAR LECTORA



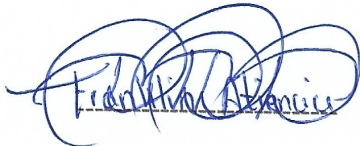
Ing. MARCELO REMIGIO ROJAS ARELLANO MSc.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Atiencia Bazan Franklin Alfredo con CI: 020221051-4 y Cordova Guaman Vilma Mariela con CI: 025011717-3 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

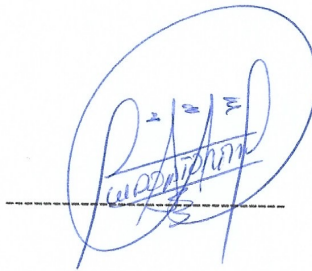
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Franklin Alfredo Atiencia Bazan
Autor
CI:020221051-4



Vilma Mariela Cordova Guaman
Autora
CI:025011717-3



Ing. Jorge Washington Donato Ortiz. Msc.
Tutor
CI:180196455-0



Notaria Tercera del Cantón Guaranda
 Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
 Notario



No. ESCRITURA	20230201003P02772
---------------	-------------------

DECLARACION JURAMENTADA
OTORGADA POR:
FRANKLIN ALFREDO ATIENCIA BAZAN
VILMA MARIELA CORDOVA GUAMAN
CUANTIA: INDETERMINADA
DI: 2 COPIAS
FACTURA. 001-006-000005131

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día ocho de Diciembre del dos mil veintitrés ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece FRANKLIN ALFREDO ATIENCIA BAZAN, de estado civil casado, de ocupación estudiante, domiciliado en la Parroquia Guanujo del Cantón Guaranda Provincia Bolívar con celular (0999428223) y VILMA MARIELA CORDOVA GUAMAN, de estado civil casado, de ocupación estudiante, domiciliada en la Parroquia Guanujo del Cantón Guaranda Provincia Bolívar con celular (0962120745), por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, hábiles e idóneos para contratar y obligarse a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana, bien instruidas por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento dicen: Declaramos que el trabajo de investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD Y HABILIDAD COMBINATORIA DE CACAO (Theobroma cacao L.) CLON BOLA MEDIANTE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL, EN LA LOCALIDAD MATA DE CACAO.** Previo a la obtención del título de Ingenieros agrónomos en la Universidad Estatal de Bolívar, es de nuestra autoría este documento no ha sido previamente presentado por ningún grado de calificación profesional; y, que las referencias que incluyen han sido consultadas por los autores. HASTA AQUÍ LA DECLARACION La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se ratifican y firman conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria la presente declaración de todo lo cual doy Fe.

FRANKLIN ALFREDO ATIENCIA BAZAN
 C.C. 0202210514

VILMA MARIELA CORDOVA GUAMAN
 C.C. 0250117173

MSC. AB. HENRY ROJAS NARVAEZ
 Notario Tercero
 del Cantón Guaranda

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ
 NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



El Nota..

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS ATIENCIA Y CORDOVA.docx

AUTOR

Atiencia Bazan y Cordova Guaman

RECUESTO DE PALABRAS

14415 Words

RECUESTO DE CARACTERES

74885 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

87 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.0MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 6, 2023 6:19 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 6, 2023 6:20 PM GMT-5

● **5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Resumen

Ing. JORGE WASHINGTON DONATO ORTIZ. MSc.

TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado con profundo cariño y gratitud a Dios y a mis amados padres, cuyo apoyo incondicional y confianza han sido el faro que me ha guiado a lo largo de esta travesía. A mis queridos hermanos, hermana, esposa e hija quienes han sido mi fuente constante de inspiración y aliento.

Asimismo, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis dedicados docentes, cuyo compromiso y sabiduría han iluminado mi camino educativo. Gracias a ellos, adquirí el conocimiento y las herramientas necesarias para ser un miembro útil y contribuyente de la sociedad.

Esta investigación es un testimonio de la valiosa influencia de mi familia y mis maestros en mi vida, y les dedico este logro con todo mi corazón.

Franklin

DEDICATORIA

Quiero dedicar la presente investigación a Dios por darme siempre sabiduría para continuar con este largo proceso de formación, a mis predilectos padres quienes han sido mi fuente inagotable de amor, motivación y sacrificio. Su apoyo incondicional y confianza en mí me han impulsado a alcanzar esta meta. A mis añorados hermanos, hermanas, esposo e hija por el apoyo incondicional a lo largo de mi proceso de formación. Gracias por creer en mí y por ser mi faro en los momentos difíciles.

Al mismo tiempo agradezco a mis docentes, quienes han sido fuentes invaluable de conocimiento, inspiración y orientación a lo largo de mi trayecto académico.

Este proyecto de investigación es el resultado de los valores y conocimientos transmitidos por ustedes, y espero que les haga sentir orgullosos. Con gratitud eterna.

Vilma

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios y a nuestros padres quienes ha sido nuestra fuente de inspiración y fortaleza durante todo el proceso de perseguir uno de nuestros sueños más anhelados.

Agradezco de corazón a los distinguidos catedráticos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en la Carrera de Agronomía. Por su generosa contribución al compartir sus vastos conocimientos y experiencias en este campo, enriqueciendo nuestra formación y capacitándonos para poner nuestros conocimientos y habilidades al servicio de la sociedad.

Agradecemos a nuestros compañeros de estudio, quienes a lo largo de la formación compartieron jornadas llenas de optimismo y solidaridad. Gracias a su compañerismo los desafíos de la carrera se convirtieron en recuerdos imperecederos de amistad y enriquecimiento académico.

Nuestro más profundo agradecimiento a nuestro tutor, Ing. Jorge Washington Donato Ortiz. MSc, por su orientación y apoyo invaluable en la culminación exitosa del Proyecto de Titulación.

También un agradecimiento al ingeniero David Silva Mg. y Kleber Espinoza Mg. miembros de la Unidad de Integración Curricular, a los docentes lectores de nuestro proyecto a la Dra. Araceli Lucio PhD y al Ing. Marcelo Rojas MSc. por el apoyo y los aportes en nuestra investigación.

Finalmente, reconocemos y agradecemos al programa de cacao Litoral Sur del INIAP-Bolicho por su aporte de conocimientos y dedicado apoyo en los procesos de seguimiento y evaluación de este proyecto. Su colaboración ha sido fundamental para su éxito.

¡A todos ellos, les agradecemos profundamente por sus invaluable contribuciones, reconociendo que nuestras palabras de gratitud quizás no reflejen plenamente la magnitud de su generosidad y apoyo!

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁG.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivo Específicos	4
1.4. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Origen.....	6
2.2. Taxonomía.....	6
2.3. Genotipos de cacao en el mundo.....	6
2.3.1 Grupo de cacao forasteros.....	6
2.3.2 Grupo de cacao trinitario.....	7
2.3.3 Cacao nacional	7
2.4. Origen del Clon Bola	7
2.5. Concepto de adaptación	7
2.6. Ficha técnica del Clon Bola	7
2.7. Biología del cacao	11
2.8. Morfología de la flor	11
2.8.1 Pedúnculo.....	12
2.8.2 Los sépalos (cáliz).....	12
2.8.3 Los pétalos (corola).....	12
2.8.4 Los estambres (androceo)	12
2.8.5 Polen.....	12
2.8.6 El ovario	13
2.8.7 Pistilo.....	13
2.8.8 El estilo.....	13
2.9. Fenología de la flor	13
2.9.1 Floración	13
2.9.2 Cuajado	13

2.9.3 Madurez.....	14
2.10. Polinización.....	14
2.10.1 Polinización efectiva.....	15
2.10.2 Polinización controlada.....	15
2.10.3 Auto-compatibilidad.....	15
2.10.4 Auto-incompatibilidad.....	16
2.10.5 Inter-incompatibilidad.....	16
2.10.6 Intercompatibilidad.....	16
2.11. Mejoramiento genético.....	16
2.12. Técnicas de hibridación.....	16
2.12.1 Hibridación intraespecífica.....	16
2.12.2 Hibridación interespecífica.....	17
2.12.3 Retrocruzamiento (cross-back).....	17
2.13. Compatibilidad.....	17
2.14. Cruzamientos dialélicos.....	18
2.14.1 Habilidad combinatoria general.....	18
2.14.2 Habilidad combinatoria específica.....	19
CAPÍTULO III.....	20
3. MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
• Localización de la investigación.....	20
• Situación geográfica y edafoclimática.....	20
• Zona de vida.....	20
3.2. METODOLOGÍA.....	21
3.2.1 Material experimental.....	21
3.2.2 Factores en estudio.....	21
3.2.3 Tratamientos.....	21
3.2.4 Tipo de diseño estadístico.....	21
3.2.5 Manejo del experimento en campo.....	21
• Distribución de la unidad experimental.....	21
• Identificación de cojines florales.....	22
• Control de malezas.....	22
• Poda fitosanitaria.....	22

• Poda de mantenimiento.....	22
• Control de plagas	22
• Control de enfermedades	22
• Inducción de floración.	23
• Cruzamientos realizados.....	23
• Procedimiento para realizar la polinización artificial.....	23
3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuesta)	24
• Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente.....	24
• Capacidad de cruzamiento (CC).....	24
• Grado de compatibilidad (GC)	25
• Número de botones florales (NBF).....	25
• Número de flores abiertas (NFA).....	25
• Número de flores semi abiertos (NFSA)	25
• Número de frutos cuajados (NFC).....	25
• Número de frutos (NF)	26
• Largo de fruto (LF).....	26
3.2.7 Tipos de análisis.	26
CAPÍTULO IV	27
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.1 Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente	27
4.1.2 Capacidad de cruzamiento (CC)	30
4.1.3 Grado de compatibilidad (GC).....	32
4.1.4 Número de frutos cuajados (NFC).....	34
4.1.5 Número de frutos (NF).....	37
4.1.6 Largo de fruto (LF)	39
4.1.7 Variables agronómicas.....	41
4.1.8 Análisis de correlación y regresión lineal	45
4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.	46
CAPÍTULO V.....	47
5.1. CONCLUSIONES	47
5.2. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Detalle	Pág.
1	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente durante la primera y la segunda polinización.	27
2	Resultados de los promedios de los tratamientos en relación a la capacidad de cruzamiento (CC) en la primera y la segunda polinización.	30
3	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable grado de compatibilidad (GC) durante la primera y la segunda polinización.	32
4	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable número de frutos cuajados (NFC) durante la primera y la segunda polinización.	34
5	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable número de frutos durante la primera y la segunda polinización.	37
6	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable largo de frutos cuajados durante la primera y la segunda polinización.	36
7	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variables número de botones florales (NBF); número de flores semi abiertos (NFSA); número de flores abiertas (NFA) antes de realizar las polinizaciones.	41
8	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre los grados de compatibilidad. (variable dependiente Y) en las polinizaciones.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pág.
1	Promedios de la variable porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente durante la primera y la segunda polinización.	28
2	Promedios de la variable capacidad de cruzamiento (CC), durante la primera y la segunda polinización.	31
3	Promedios de la variable grado de compatibilidad (GC), durante la primera y la segunda polinización	33
4	Promedios de la variable número de frutos cuajados(NFC) durante la primera y la segunda polinización.	35
5	Promedios de la variable número de frutos (NF) durante la primera y la segunda polinización.	38
6	Promedios de la variable largo del frutos (LF) durante la primera y la segunda polinización.	40
7	Promedios de la variable número de botones florales (NBF), antes de realizar las polinizaciones	42
8	Promedios de la variable número de flores semi abiertos(NFSA), antes de realizar las polinizaciones	43
9	Promedios de la variable número de flores abiertas (NFA), antes de realizar las polinizaciones	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Detalle
1	Mapa de la ubicación del ensayo
2	Croquis del ensayo
3	Base de datos de las variables agronómicas evaluadas
4	Fotografías
5	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

La polinización artificial es vital para mejorar el cultivo de cacao, creando nuevos sabores y perfiles sensoriales únicos. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una disminución de la producción debido a enfermedades, plagas y problemas de incompatibilidad genética en la localidad de Mata de Cacao. En la investigación realizada, se determinó la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao (*Theobroma cacao L.*) Clon Bola mediante polinización artificial, en la localidad Mata de Cacao. Los objetivos planteados fueron: I) Identificar si las plantas élites de cacao Clon Bola poseen habilidad combinatoria general. II) Evaluar el porcentaje de prendimiento y abscisiones de las flores de cacao en el Clon en estudio. III) Determinar la capacidad de cruzamiento y el grado de compatibilidad que tiene el Clon Bola. Los tratamientos en estudio fueron: T1 Clon Bola + CCN51, T2 Clon Bola + INIAP - EETP – 800, T3 Clon Bola + JHVH 10 y T4 Clon Bola + FA-2003. Se utilizó una estadística descriptiva. El tipo de análisis, prueba de Fisher al 5%, prueba de Tuckey al 5% y análisis de correlación y regresión lineal. Se evaluó las variables: Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente (PPFFA), Capacidad de cruzamiento (CC), Grado de compatibilidad (GC), Número de botones florales (NBF), Número de flores abiertas (NFA), Número de flores semi abiertos (NFSA), Número de frutos cuajados (NFC), Número de frutos (NF) y largo del fruto (LF). Los resultados estadísticos demuestran que la compatibilidad y habilidad combinatoria, registró diferencias estadísticas altamente significativas dependiendo de las polinizaciones, indicando que el material es intercompatible en ambas polinizaciones. Además se determinó que el Clon Bola posee habilidad combinatoria general con los clones cruzados como el; CCN51; FA – 2003; INIAP – 800 y JHVH – 10 con una capacidad de cruzamiento (CC), de 42,19 % en la primera polinización y un 50,52 % en la segunda polinización. Las variables: Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente, número de frutos cuajados y número de frutos fueron los componentes que contribuyeron a incrementar los grados de compatibilidad. Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente fueron: T1 que corresponde al cruce del Clon Bola + CCN51 y T4 FA- 2003.

Palabras claves: Compatibilidad, Habilidad combinatoria, Abscisión de flores, Cruzamiento, Polinización artificial

SUMMARY

Artificial pollination is vital to improve cocoa cultivation, creating new flavors and unique sensory profiles. However, in recent years a decrease in production has been observed due to diseases, pests and genetic incompatibility problems in the town of Mata de Cacao. In the research carried out, the compatibility and combinatorial ability of cocoa (*Theobroma cacao L.*) Clone Bola was determined through artificial pollination, in the Mata de Cacao locality. The objectives set were: I) Identify if the elite Clone Bola cocoa plants have general combinatorial ability. II) Evaluate the percentage of attachment and abscissions of cocoa flowers in the Clone under study. III) Determine the crossbreeding capacity and degree of compatibility that the Bola Clone has. The treatments under study were: T1 Bola Clone + CCN51, T2 Bola Clone + INIAP - EETP – 800, T3 Bola Clone + JHVH 10 and T4 Bola Clone + FA-2003. Descriptive statistics were used. The type of analysis, Fisher's test at 5%, Tuckey's test at 5% and correlation and simple linear regression analysis. The variables were evaluated: Percentage of setting of artificially fertilized flowers (PPFFA), Crossing capacity (CC) Degree of compatibility (GC) Number of flower buds (NBF) Number of open flowers (NFA), Number of semi-open flowers (NFSA), Number of fruit set (NFC), Number of fruits (NF) and fruit length (LF). The statistical results demonstrate that the compatibility and combinatorial capacity registered highly significant statistical differences depending on the pollinations, indicating that the material is intercompatible in both pollinations. In addition, it was determined that Clone Bola has general combinatorial ability with crossed clones such as; CCN51; FA – 2003; INIAP – 800 and JHVH – 10 with a crossing capacity (CC) of 42.19% in the first pollination and 50.52% in the second pollination. The variables: Percentage of setting of artificially fertilized flowers, number of set fruits and number of fruits were the components that contributed to increasing the degrees of compatibility. The treatments that presented the highest percentage of budding of artificially fertilized flowers were: T1, which corresponds to the crossing of Clone Bola + CCN51 and T4 FA- 2003.

Keywords: Compatibility, Combinatorial capacity, Floral abscission, Crossing, Artificial pollination

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El cacao es un cultivo importante a nivel mundial y se utiliza principalmente para la elaboración de chocolate y otros productos; la producción mundial de cacao en el año 2022, fue de alrededor de 4,8 millones de toneladas métricas al año. Los principales países productores de cacao a nivel mundial son: Costa de Marfil representando un 40%, Ghana, Indonesia y Camerún el 20%, que en conjunto representan gran parte de la producción mundial. En América Latina, los países productores son: Brasil, Perú y República Dominicana con el 30%. (MPCEIP, 2022)

Ecuador es conocido como uno de los principales productores de cacao a nivel mundial, produciendo principalmente cacao de variedades como Arriba Nacional y CCN-51. Alrededor de 244.000 toneladas de cacao concentradas principalmente en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Esmeraldas. (MAG, 2020)

La Provincia de Los Ríos produce alrededor de 35.000 Tn/año, la mayor parte produce el Cantón Babahoyo; sin embargo, la producción en los últimos años a disminuido en gran parte por diversos factores tales como, el gran impacto que tiene por el ataque de enfermedades, plagas y sobre todo la incompatibilidad entre los genotipos de cacao. (Cunin & García, 2022)

La compatibilidad en el cacao es esencial para asegurar la polinización adecuada, reducir el riesgo de enfermedades, combinar características deseables, aumentar el rendimiento y la estabilidad de la producción, así como mantener la diversidad genética. Algunas variedades pueden tener mayor compatibilidad entre sí, mientras que otras pueden tener menor compatibilidad o incluso ser incompatibles. Para lograr el cruzamiento entre diferentes variedades de cacao, es necesario que las plantas posean un alto grado de compatibilidad que benefician la cruce entre ellos, si la mayoría de las selecciones en los materiales poseen esta característica, permiten que la descendencia se pueda cruzar libremente entre ellos. Se considera que el prendimiento debe ser superior o igual a un 30%, si al menos un 2% de sus flores logran su prendimiento, es un material autocompatible. Esto significa que

deben compartir un grado suficiente de similitud genética para que la polinización cruzada sea exitosa y se produzcan semillas viables. (Meza, 2018)

Además, un aspecto fundamental para lograr la mejora genética y desarrollo de variedades con características deseadas, como resistencia a enfermedades, mayor productividad, calidad de sabor y aroma. Es importante tener en cuenta que el cacao se compone de varias variedades y subespecies diferentes y algunas de ellas tienen una mayor compatibilidad genética que otras. Como en el caso de las variedades de cacao criollo tienden a ser más compatibles entre sí debido a su cercanía genética, mientras que las variedades de cacao forastero y trinitario pueden tener una compatibilidad genética variable dependiendo de su origen y características genéticas específicas. (Rivera, 2021)

La habilidad combinatoria en el cacao implica la capacidad de seleccionar y cruzar diferentes variedades para crear nuevas variedades con características específicas y con perfiles sensoriales únicos. (INIAP, 2022)

Polinización artificial es una técnica ampliamente utilizada en el mejoramiento genético del cacao, a través de la polinización controlada, es posible seleccionar las variedades que tienen características deseadas, resistentes a enfermedades, de mayor productividad y calidad del grano. El procedimiento consiste en recolectar el polen de la planta padre, usualmente una variedad deseada y aplicarlo a la flor de la planta madre otra variedad deseada. De esta manera, se asegura que la descendencia tenga las características anheladas de ambas plantas. La polinización artificial también permite la producción de híbridos F1, que son plantas que resultan del cruce entre dos líneas puras diferentes y que, en muchos casos, tienen un rendimiento superior al de sus padres. (Dessauw, 2021)

1.2. PROBLEMA

El cultivo de cacao es una actividad económica y social de gran importancia para Ecuador, sin embargo, por diversos factores el nivel de producción a bajado en gran parte en los últimos años, esto se debe al gran impacto de enfermedades, plagas y sobre todo la incompatibilidad entre genotipos, ya que existe una inmensa cantidad de flores producidas lo que significa que las flores de la misma planta no pueden polinizarse entre sí y afecta a la obtención de frutos, lo que influye en el rendimiento.

Otra de las causas de la baja productividad es la forma de la flor de cacao que es compleja y están protegidas por una estructura llamada "capullo floral" lo que dificulta el acceso de los polinizadores; su posición expuesta en el tronco o ramas la hace susceptible a daños causados por condiciones climáticas adversas, como lluvias intensas, vientos fuertes o sequías prolongadas.

Actualmente el Clon Bola de ascendencia Nacional ubicado en Mata de Cacao cuenta con una edad de cinco años establecido en campo y se encuentra en plena producción. Según observaciones directas presenta una producción homogénea por lo que se considera autocompatible por ello que se desea saber si el material posee compatibilidad y habilidad combinatoria con otros clones para realizar los trámites de la consecución del registro de la patente con la ayuda del Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias (INIAP),

Considerando la importancia de la habilidad combinatoria que poseen los clones de cacao en el campo, se realizó la polinización artificial para obtener híbridos con resistencia a enfermedades de alto rendimientos y que no hereden el problema de incompatibilidad, facilitando la oportunidad de seleccionar los mejores genotipos individuales de la F1 para luego clonar a través de la propagación vegetativa para esta zona agroecológica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao, Clon Bola mediante polinización artificial.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Identificar si las plantas élites de cacao Clon Bola poseen habilidad combinatoria general.
- Evaluar el porcentaje de prendimiento y abscisiones de las flores de cacao en el Clon en estudio.
- Determinar la capacidad de cruzamiento y el grado de compatibilidad que tiene el Clon Bola.

1.4. HIPÓTESIS

H₀. La compatibilidad y habilidad combinatoria del cacao Clon Bola no depende de la polinización artificial.

H_a. La compatibilidad y habilidad combinatoria del cacao Clon Bola depende de la polinización artificial.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

El origen del cacao se remonta a la región amazónica de América del Sur, específicamente en el área que ahora es Colombia, Ecuador y Perú. Se cree que el cacao fue domesticado por primera vez por el pueblo olmeca de México hace unos 3000 años, y luego fue utilizado por los Mayas y los Aztecas con fines ceremoniales y medicinales. (Villena, 2021)

2.2. Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Malvales
Familia:	Sterculiaceae
Género:	<i>Theobroma</i>
Especie:	<i>Cacao L.</i>
Nombre Científico:	<i>Theobroma cacao L.</i>

(Quevedo, 2020)

2.3. Genotipos de cacao en el mundo

Las poblaciones de cacao provenientes de la Amazonía han sido denominadas Forastero. Los tipos criollos y forasteros han sido considerados como dos subespecies distintas y se pensó que eran originarias de Centro y Sur América, respectivamente. Un tercer grupo fue identificado como Trinitario y fue descrito como híbrido entre criollo y forastero. (Cunin & García, 2022)

2.3.1 Grupo de cacao forasteros

Se refiere a una variedad de cacao conocida por su alto rendimiento y resistencia a enfermedades, lo que la convierte en una de las variedades de cacao más cultivadas

en el mundo. Los árboles de cacao forastero son altos y robustos, los granos suelen ser redondos y tienen un sabor más amargo en comparación con otras variedades de cacao. (Ruiz, 2019)

2.3.2 Grupo de cacao trinitario

Es un híbrido de las variedades criollo y forastero. Esta variedad es conocida por su calidad y sabor es ampliamente cultivada en muchos países productores de cacao. El grupo Trinitario se originó en Trinidad y Tobago y lleva el nombre de la isla de Trinidad. (Moreno, 2020)

2.3.3 Cacao nacional

La variedad de cacao nacional es nativa del Ecuador y proviene de los declives de la oriental cordillera de los Andes en la hoya Amazónica; y se conservó como exclusiva hasta 1890, cuando se inicio la introducción de material de Venezuela de origen trinitario. (Gaibor, 2018)

2.4. Origen del Clon Bola

Nace de árboles ancestrales de cacaoteras nacionales en la “Finca Atiencia” ubicada en San José del Tambo, Provincia Bolívar en el año 2003, a los dos años de búsqueda consiguen un nuevo Clon, que en el año 2012 lo denominan “Cacao Bola”, se llevó una investigación para determinar la productividad de este material que terminó en el año 2017 donde se obtuvo resultados favorables en su productividad.

2.5. Concepto de adaptación

El Clon Bola se adaptan a zonas con la categoría bioclimática de Bosque Húmedo Tropical, Bosque Húmedo Subtropical y Bosque Húmedo Semitropical, suelos profundos y de buena fertilidad.

2.6. Ficha técnica del Clon Bola

Con el fin de contar con una descripción de este material se realizó una caracterización morfo-agronómica.

Procedencia	San José del Tambo
Nombre comercial	Cacao Bola
Mentor	Benjamin Leonidas Atiencia Alarcón
Obtutores del material vegetal	José María Atiencia Sarmiento; Franklin Alcivar Atiencia Sarmiento
Responsable del seguimiento	José María Atiencia Sarmiento
Metodología utilizada para su obtención	Mejoramiento por colecta de material vegetal “Varetas” de 20 plantas élites de la zona de mas de 80 años misma que sirvió para hacer una miselania.

Características agronómicas:	Descripciones
Ciclo de vida	
Pre vivero (días)	15
Vivero en sitio definitivo (días)	90
Establecimiento (días)	30
Producción de plantas/año	20000
Características de la planta	
Arquitectura	Semi – erecto
Altura (cm)	350 a 400
Número de cojinetes florales/planta	112
Número de botones florales/planta	386
Número de flores abiertas/planta	123
Número de flores cerradas/planta	201
Número de flores semiabiertas/planta	236
Longitud de lámina foliar (cm)	33 – 45
Diámetro de lámina foliar (cm)	15 – 23
Longitud del pecíolo (cm)	2,2 -2,8
Forma de la hoja	Ovadas-elípticas
Color de los brotes terminales	Verde claro
Color del pecíolo	Gris-café.
Color de la hoja	Verde claro

Forma de la base de la hoja	Ligeramente cordada
Forma del ápice de la hoja	Apiculado
Floración	Primer y tercer trimestre del año
Antocianina en sépalos	Hirsutinidina
Antocianina en estaminodios	Hirsutinidina
Antocianina en estambre	Hirsutinidina
Color de la flor	Verdoso
Color de los sépalos	Verdoso
Longitud del estaminodio (mm)	6,8
Longitud del ovario (mm)	2,5
Número de óvulos por ovario	En dos filas de 6 a 12

Características del fruto

Color fruto inmaduro	Verde claro
Color fruto maduro	Amarillento
Forma del ápice del fruto	Obtuso
Constricción basal del fruto	Bien marcada
Forma del fruto	Amenolada
Rugosidad del fruto	Leve
Color del mucílago	Blanco
Longitud fruto (cm)	17 - 26
Peso mazorca (g)	969,42
Diámetro fruto (cm)	7,8 - 11,67
Relación longitud - diámetro fruto	1,3 – 2,1
Grosor caballete (mm)	9,3 – 26,4
Profundidad surco primario (mm)	5,6 – 16,7
Número semillas íntegras/fruto	43
Número semillas vanas/fruto	2
Masa húmeda (g)/ 100 semillas	0,9 – 0,38
Masa seca (g)/ 100 semillas	0,3 – 0,15
Relación masa húmedad/seca (g)	1,3 - 4,5
Granos/mazorca	45
Forma de la semilla	Oblonga

Forma de semilla en sección transversal	Aplanada
Color predominante de los cotiledones	Purpura
Longitud semilla (mm)	18,8 – 28,9
Diámetro semilla (mm)	10,5 – 13,4
Grosor semilla (mm)	6,3 – 11,3
Relación largo diámetro de la semilla	1,6 – 2,3

Características de rendimiento

Frutos árbol/año	35
Índice de grano	7,5
Índice de mazorca	24
Rendimiento Kg/ha/año	3508
Cantidad de árboles por ha	1111

Plagas y enfermedades

<i>Moniliophthora perniciosa</i>	Tolerante
<i>Moniliasis</i>	Tolerante
<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Tolerante
<i>Phytophthora</i>	Tolerante
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	Moderadamente
<i>Ephestia elutella</i>	Moderadamente
<i>Monalonion dissimulatum Dist.</i>	Moderadamente

Adaptabilidad

Zona central del país	Los Ríos (Ventanas) Bolívar Santo Domingo de los Tsáchilas (Santo Domingo de los Tsáchilas)
Zona sur y Amazonía	Guayas (Milagro) Oriente (Lago Agrio)

Descripción del parental

Característica de la planta madre del material.

Planta madre	Característica
80	Años de vida
1000	Altura planta (cm)
17 – 26	Longitud fruto (cm)
7,8 - 11,67	Diámetro fruto (cm)
43	Número semillas íntegras/fruto
2	Número semillas vanas/fruto

2.7. Biología del cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta perenne y diploide, lo que significa que su número cromosómico es $2n=20$. Esto indica que cada célula del cacao contiene 20 cromosomas organizados en pares, uno proveniente del progenitor paterno y otro del progenitor materno. (Cente, 2019)

El tronco del árbol de cacao puede ser considerado vertical y continuo, aunque la producción de brotes y flores puede ser discontinua y variable. La floración del cacao generalmente ocurre durante la temporada de lluvias y los frutos tardan varios meses en madurar. Sin embargo, los patrones exactos de brotación y floración pueden variar dependiendo de la edad del árbol y las condiciones climáticas. (Barrón, 2018)

2.8. Morfología de la flor

Las flores del árbol del cacao son pequeñas, de color blanco o rosa pálido, y emergen directamente del tronco o de las ramas del árbol. Los primordios florales nacen endógenamente del floema. El período desde el momento que emerge el botón floral, por sobre la corteza, hasta la apertura de la flor, es de aproximadamente 30 días y este fenómeno está altamente influido por el ambiente. La inflorescencia es del tipo definido. Las flores están presentes como una cima monocasial, aunque algunas veces se puede observar como dicasial. (MPCEIP, 2022)

2.8.1 Pedúnculo

En el transcurso del tiempo el fruto del cacao se convierte en una drupa bastante grande con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, se origina del crecimiento del pedicelo de la flor, la cual lo sostiene un pedúnculo no muy largo pero robusto. (Barrón, 2018)

2.8.2 Los sépalos (cáliz)

Suelen ser pequeños y sirven para proteger el botón floral en desarrollo y proporcionar soporte estructural para las partes florales. Durante la polinización, los sépalos de la flor de cacao también ayudan a facilitar la transferencia de polen de los estambres al estigma, lo que permite una fertilización exitosa. (Pintado, 2017)

2.8.3 Los pétalos (corola)

Son típicamente de color blanco, amarillo o rosado y son más largos que los sépalos. La corola de la flor del cacao sirve para proteger los órganos reproductores y atraer polinizadores. Durante la polinización, los pétalos de la flor de cacao juegan un papel importante al facilitar la transferencia de polen de los estambres al estigma y permite la formación de frutos. (Gaibor, 2018)

2.8.4 Los estambres (androceo)

En cada flor de cacao, hay varios estambres que rodean el pistilo, que es la parte femenina de la flor. Cada estambre está compuesto por un filamento delgado y alargado que sostiene la antera en su extremo. La antera es la parte del estambre que contiene los sacos polínicos, que a su vez contienen los granos de polen. (Cabrera, 2018)

2.8.5 Polen

En conservaciones artificiales el grano de polen ha durado hasta 300 días, son muy pequeños (16 a 23 μ) y esferoidales. Contiene cientos de granos, estos granos son transportados por un número reducido de insectos, en general sale del saco en forma de gránulos y el grano del polen es pegajoso. (Quevedo, 2020)

2.8.6 El ovario

El ovario contiene de 35 – 50 óvulos, conformado por cinco cavidades y es súpero. Parte de la estructura femenina que da origen al fruto. (Scheltema, 2022)

2.8.7 Pistilo

Cabe mencionar que es importante la longitud del pistilo siendo el primer caso que impide la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. (Villena, 2021)

2.8.8 El estilo

El estilo termina en cinco estigmas que se adhieren más o menos entre sí y es tubular. (MPCEIP, 2022)

2.9. Fenología de la flor

2.9.1 Floración

Las flores se desarrollan en agrupaciones llamadas cojines florales, los cuales contienen entre 4 y 8 flores. En su estado inicial, las flores no están abiertas, ya que los botones florales tardan aproximadamente 30 días en abrirse. Este proceso ocurre durante la noche, y al amanecer las flores están completamente abiertas. Permanecen en esta condición durante dos o tres días, pero si enfrentan problemas de incompatibilidad genética o no son polinizadas, se marchitan y caen. Es importante destacar que no todas las flores de un cojín floral se abren simultáneamente. (Dorantes, 2017)

2.9.2 Cuajado

El cuajado de los frutos es un proceso que ocurre desde la polinización mediante el cual el polen, que es el gameto masculino de las plantas, se cubrirá a los estigmas de otra flor, permitiendo así la fertilización del óvulo y la producción de un nuevo fruto. La flor del cacao parece estar diseñada para dificultar la polinización, ya que

su polen no es accesible para los insectos que se alimentan de ella, como la mosca *forcipomyia*. (Zambrano, 2017)

2.9.3 Madurez

En un período de seis meses, una planta de cacao puede producir en promedio 4.554 ± 687 flores. Sin embargo, solo un porcentaje de entre el 5% y el 10% de estas flores es polinizada efectivamente y formarán un fruto. Los árboles que no lograron desarrollar mazorcas pueden presentar esterilidad masculina, esterilidad femenina e incompatibilidad. La esterilidad masculina puede deberse al fracaso en el desarrollo del grano de polen, la ausencia del mismo o una formación incorrecta de la flor. Por otro lado, la esterilidad femenina puede ser causada por el aborto del óvulo o por una estructura floral con características morfológicas inadecuadas. (Cente, 2019)

2.10. Polinización

La polinización del cacao es entomófila realizada por insectos de la familia Ceratopogonidae. Estas son mosquitas diminutas, las cuales se encuentran en porcentajes variados, dependiendo del manejo de las plantaciones en diferentes zonas cacaoteras del mundo. Además, se menciona que en menor escala, y realizando particularmente autofecundaciones, se han encontrado trips, áfidos, hormigas y abejas. (Dorantes, 2017)

Las flores fecundadas pierden los pétalos, sépalos y estambres, el óvario inicia su crecimiento; muchos de los óvulos fecundados caen por diversas causas y sólo muy pocos llegan a la maduración. Poco se ha dicho sobre polinización adecuada a nivel de flor individual o sobre el mínimo de granos de polen que se requieren para cuajar una fruta o para que se aborte. Pero conociendo el número promedio de semillas por fruta, se menciona que se necesitan por lo menos unos 60 granos de polen por flor para cuajar el número mayor de semillas por fruta. (Arévalo, 2019)

El proceso de polinización manual (Img. 1), consiste en el aislamiento de los botones florales con tubos transparentes que completaron su desarrollo a su apertura o antes, con el objetivo de que no exista la polinización natural.

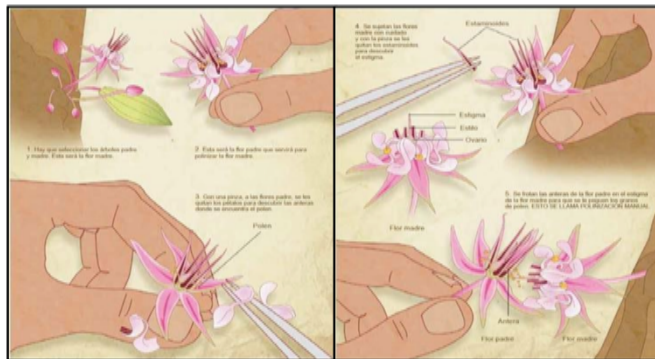


Imagen 1: Proceso de polinización manual en cacao. (Ríos, 2018)

El momento adecuado para realizar polinizaciones manuales en el cacao durante la época de floración es desde las 06h00 am hasta las 10h30 am, además, depende de varios factores, como la fenología de la variedad de cacao, las condiciones climáticas locales y la disponibilidad de flores progenitoras masculinas y femeninas en el cultivo. (Cabrera, 2018)

2.10.1 Polinización efectiva

Se necesita presencia de polinizadores naturales, como las mosca *forcipomyia* y las abejas permitiendo el proceso de transferencia exitosa de polen desde los órganos masculinos a los órganos femeninos de las flores, lo que resulta una fertilización adecuada y en la formación de frutos y semillas viables en el cacao. (Morante, 2018)

2.10.2 Polinización controlada

Es una técnica utilizada en la reproducción y mejoramiento genético de la planta. Consiste en el control y la dirección específica de la transferencia de polen entre los árboles de cacao seleccionados con características deseables. (Barrón, 2018)

2.10.3 Auto-compatibilidad

Se produce cuando las flores de un árbol de cacao pueden fecundarse a sí mismas o a otras flores del mismo árbol, el sistema de compatibilidad constituye para el cacao una medida de la tendencia de los genótipos de una población a diferenciarse, los individuos de una misma especie no son idénticos, si bien, son reconocibles como pertenecientes a la misma especie con un comportamiento, favorable cuando se requiere la adaptación rápida. (Moreno, 2020)

2.10.4 Auto-incompatibilidad

Es la incapacidad de un árbol de cacao para ser fertilizado mediante su propio polen. La auto incompatibilidad se manifiesta cuando el tubo polínico se ha desarrollado y no hay fusión de los núcleos masculinos y femeninos (incompatibilidad gametofítica) o por falta de desarrollo del tubo polínico (incompatibilidad esporofítica). (Scheltema, 2022)

2.10.5 Inter-incompatibilidad

El polen de las flores de un árbol de cacao no puede fecundar a las flores de otro árbol, puede ser definida como la incapacidad fisiológica y morfológica de las plantas. (Diaz, 2018)

2.10.6 Inter-compatibilidad

Se reconoce que es un cruce intercompatible cuando las flores de una planta son fecundadas con polen de otra planta en porcentaje mayor o igual al 30%.

2.11. Mejoramiento genético

En el cacao es un proceso mediante el cual se busca desarrollar nuevas variedades con características deseadas, como resistencia a enfermedades, plagas, mayor productividad, calidad del grano y adaptación a diferentes condiciones ambientales. (Rios, 2019)

2.12. Técnicas de hibridación

Las técnicas de hibridación en el cacao son utilizadas para crear nuevas variedades o cultivares con las características deseadas. La hibridación implica cruzar árboles parentales seleccionados con diferentes mutaciones genéticas para producir una descendencia que posea rasgos superiores. (Solórzano, 2019)

2.12.1 Hibridación intraespecífica

La obtención de híbridos en las especies alógamas implica, habitualmente el cruzamiento de varias líneas endógamas seleccionadas, todas diferentes entre sí,

pero puras y muy homogéneas, obtenidas por autofecundaciones sucesivas. Existen varios tipos de híbridos: si se cruzan dos líneas endógamas homocigóticas se forma un híbrido simple; si se cruzan dos híbridos simples se obtiene un híbrido doble; para obtener un híbrido triple se necesita cruzar un híbrido simple con una línea endógama. (MAG, 2020)

2.12.2 Hibridación interespecífica

La hibridación interespecífica en el cacao puede tener diferentes objetivos, como la introducción de nuevas características genéticas, la mejora de la resistencia a enfermedades o la adaptación a diferentes condiciones ambientales. (Rios, 2019)

Esta técnica, consiste en cruzar plantas de especies diferentes. En las plantas alógamas, todo individuo es un híbrido, de suerte que muchos de sus genes son heterocigóticos. La instauración de la homocigosis por autofecundación artificial es acompañada por el efecto “inbreeding” o de endogamia: los descendientes son mucho menos vigorosos y menos productivos que la planta madre. (Pintado, 2017)

2.12.3 Retrocruzamiento (cross-back)

El objetivo principal del retrocruzamiento es transferir un rasgo deseado de la planta parental original conocida como "donante" a la planta híbrida resultante del cruce conocida como "receptora". Al realizar sucesivos retrocruzamientos, se busca obtener una descendencia que conserve las características genéticas del progenitor donante, pero con la introducción del rasgo deseado. (INIAP, 2022)

2.13. Compatibilidad

Es un aspecto importante en la reproducción sexual del cacao, ya que determina la eficacia de la polinización y la formación de frutos y semillas viables. Si dos genótipos son compatibles, los granos de polen pueden germinar en el estigma de la flor receptora, crecer a través del estilo y alcanzar el óvulo para fertilizarlo. Esto resulta en la formación de semillas que pueden desarrollarse y producir una nueva generación de plantas. (Moreno, 2020)

Sin embargo, en algunos casos, puede ocurrir incompatibilidad entre genótipos de cacao. Esto puede deberse a varios factores, como diferencias genéticas en los sistemas de reconocimiento entre el polen y el pistilo, barreras físicas o químicas en el pistilo que impiden la germinación del polen o incompatibilidad en la formación de los tejidos reproductivos. (Ramirez, 2019)

Aunque existe diferencias en la germinación entre el polen de un árbol autocompatible y otro autoincompatible por la ausencia de cuajamiento de frutos en un árbol, fenómeno que se debe a:

- Inhabilidad del grano de polen para germinar.
- Desarrollo lento del tubo polínico.
- Falla de los gametos para fertilizar el óvulo.
- Falta del núcleo masculino y/o femenino para emerger dentro del citoplasma del huevo.
- Acción subsecuente de factores letales. (Arévalo, 2019)

2.14. Cruzamientos dialélicos

Es una técnica utilizada en la mejora genética del cacao para evaluar y seleccionar las mejores combinaciones de parentales en términos de rendimiento y calidad de los granos. Este enfoque implica cruzar todas las combinaciones posibles entre un grupo de genótipos seleccionados. Su empleo actual tiene su origen en los conceptos de habilidad combinatoria general y habilidad combinatoria específica. (Castro, 2020)

2.14.1 Habilidad combinatoria general.

El comportamiento promedio de un progenitor en combinaciones híbridas diferentes, es decir, refiere a la capacidad de un genótipo para transmitir características favorables a sus descendientes sin importar si se cruza otro genótipo. (Cente, 2019)

2.14.2 Habilidad combinatoria específica.

Es el comportamiento de un progenitor en ciertas combinaciones y que resultan ser mejores o peores de acuerdo a lo que podría esperarse sobre el comportamiento promedio de los padres involucrados. (Rivera, 2021)

La técnica que involucra cruces dialélicos ha sido usada en problemas concernientes a herencias cuantitativa y permite investigar las propiedades genéticas de líneas homocigotas tal como medir la varianza aditiva y dominante, así como detectar interacción genética no alélica. (Cente, 2019)

El método experimental utilizando cruzas dialélicas puede variar, dependiendo de si se incluye o no a los padres y las cruzas recíprocas originando cuatro métodos:

- Método 1: comprende los padres, las cruzas F1 y las recíprocas, resultando un total de p^2 combinaciones.
- Método 2: incluye a los padres y a las cruzas F1, para un total de $p(p+1)/2$ combinaciones.
- Método 3: evalúa las cruzas simples y las recíprocas sin incluir a los padres. El total de combinaciones esta dado por $p(p-1)$.
- Método 4: se evalúan únicamente las cruzas simples, para un total de $p(p-1)/2$ combinaciones.

La interacción entre el ambiente y el genotipo en el cruce dialélico es relevada por la heterogeneidad de las varianzas dentro de padres y familias F1. (Zambrano, 2017)

Las cruzas dialélicas son una manera de estimar la habilidad combinatoria, concepto que ha tomado importancia creciente en mejoramiento de plantas (Villena, 2021)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

- **Localización de la investigación.**

Se realizó en la provincia Los Ríos, cantón Babahoyo, Parroquia Mata de cacao – Febres Cordero, Recinto Tigrillo Bajo.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Descripción	Valor
Altitud :	125 msnm
Latitud:	1 ⁰ 58” 19” S
Longitud :	79 ⁰ 15” 17” W
Temperatura máxima :	30 ⁰ C
Temperatura mínima :	20 ⁰ C
Temperatura media anual :	26,8 ⁰ C
Helifanía promedio anual:	900 h/1/ año
Precipitación media anual :	850 mm
Humedad relativa media anual :	77,8%

Fuente: (Meteobox, 2022)

- **Zona de vida.**

La localidad de acuerdo a la zona de vida de Holdridge, L (1979). se encuentra ubicada en el bosque seco montano bajo (bs-MB)

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1 Material experimental.

Se utilizaron plantas de cacao Clon Bola de 5 años de edad.

3.2.2 Factores en estudio.

Se evaluó la compatibilidad y habilidad combinatoria, mediante los cruzamientos dialélicos incompletos de las polinizaciones artificiales.

3.2.3 Tratamientos.

Se consideró un tratamiento por cada combinación, según el siguiente detalle

Nº. Tratamientos	Código
T1	Clon Bola + CCN51
T2	Clon Bola + INIAP - EETP - 800
T3	Clon Bola + JHVH 10
T4	Clon Bola + FA-2003

3.2.4 Tipo de diseño estadístico.

Estadística descriptiva e inferencial

3.2.5 Manejo del experimento en campo.

Para la implementación del experimento, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Distribución de la unidad experimental**

Labor que se realizó de acuerdo al mapa de campo, dividiendo la unidad experimental por medio de estacas en cuatro tratamientos, cada uno de los tratamientos constó de 60 plantas con un distanciamiento de 3 x 3 m entre planta.

- **Identificación de cojines florales**

La identificación de los cojinetes florales evaluados se realizó mediante tarjetas fomix con sus respectivas numeraciones, fueron colocadas en cada una de las plantas.

- **Control de malezas**

El control de malezas se efectuó de forma manual cuatro veces, durante los seis meses de la investigación sin dañar las raíces de los cacaotales, ya que estas se encuentran muy superficial.

- **Poda fitosanitaria**

Se llevó a cabo eliminando todas aquellas partes que estaban enfermas de *Moniliophthora perniciosa* y de *Phytophthora sp.*

- **Poda de mantenimiento**

Se realizó el deschuponamiento cada mes, de todos los brotes tiernos que salen en el tallo principal, se utilizó una tijera de podar la misma que fue desinfectada con alcohol al pasar de planta a planta

- **Control de plagas**

Labor que se realizó con la ayuda de una bomba a motor aplicando insecticida agrícola con el nombre comercial Vectokill 2.5 en una dosis de 35 ml/20 l de agua, rociando en toda la planta para controlar gusanos, arrieras, pachones y patillas.

- **Control de enfermedades**

Se realizó con una bomba a motor nebulizando toda la planta con la aplicación de Daconil 720, fungicida que combate la incidencia de la monilla, con una dosis de 35 ml /20 l.

- **Inducción de floración.**

El trabajo se inició cuando no hubo precipitaciones, utilizando un estimulante de floración a base de fitohormonas, Evergreen con una dosis de 10 ml por 20 l de agua, mediante aplicación directa sobre los tallos.

- **Cruzamientos realizados**

Para realizar los cruzamientos se utilizó el método de cruzamiento dialélico incompleto. En este caso, se llevaron a cabo 12 polinizaciones por árbol, 240 polinizaciones por tratamiento de cada combinación, dando un total de 960 polinizaciones, el mismo procedimiento se realizó a los 30 días llegando a realizar 1920 polinizaciones artificiales en todo el ensayo obteniendo datos mas representativos.

- **Procedimiento para realizar la polinización artificial**

En un cojinete floral identificado se seleccionó una flor que estaba lista para abrir al día siguiente y se reconoció por su apariencia abultada.

Día 1. Aislamiento de botones florales

En horas de la tarde se realizó estimulaciones manuales, que consistieron en presionar levemente los botones florales, femeninos y masculinos que estén listos para su próxima apertura o antésis, para posteriormente proceder al aislamiento de los mismos con un tubo eppendorf fijándola en el árbol con un poco de plastilina y ligas.

Día 2. Constatación de botones que se han convertido en flores

En la mañana de 06:00 a 07:00, se constataron aquellos botones que se han abierto completamente hasta convertirse en flor.

- Luego de constatar aquellos botones que se abrieron completamente; se procedió a hacer las polinizaciones a partir de 07:00 hasta las 11:00 de la mañana.

- Se realizó los cruzamientos, con la ayuda de una pinza punta fina y curva tomando los estambres de las flores provenientes del árbol padre (aisladas el día anterior) y se frotaron sobre el estilo-estigma de la flor madre (también aislada el día anterior).
- La emasculación (eliminación de los estambres) fue obligatoria para estos cruzamientos.
- La flor polinizada se cubrió inmediatamente con un tubo eppendorf, para evitar la contaminación con polen foráneo o insectos. Esta protección se mantuvo durante los 15 días posteriores.
- Cada flor polinizada fue debidamente identificada
- Al transcurrir 15 días desde la polinización, se observó que la flor se ha transformado en un pequeño fruto, donde se retiró el tubo de eppendorf, para que la mazorca continúe con su desarrollo normal.

3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuesta)

- **Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente**

Dato que fue evaluado de cada combinación a los 7 días de haber realizado las polinizaciones artificiales en 20 plantas seleccionas al azar por tratamiento, para hallar el porcentaje se dividió las flores prendidas, por las flores polinizadas por el cien por ciento y se expresó en porcentaje.

$$PPFFA = \frac{\text{Número de flores prendidas de cada combinación}}{\text{Número de flores polinizadas de cada combinación}} \times 100$$

- **Capacidad de cruzamiento (CC)**

Para que un clon posea capacidad de cruzamiento debe ser mayor al 30 % según el INIAP (2022). Variable que fue registrada a los 7 días después de realizar las polinizaciones para hallar la capacidad de cruzamiento se dividió el número total de flores prendidas de todas las combinaciones para el número total de flores polinizadas, por cien y se expresó en porcentaje.

$$CC = \frac{\text{Número total de flores prendidas de todas las combinaciones}}{\text{Número total de flores polinizadas de todas las combinaciones}} \times 100$$

- **Grado de compatibilidad (GC)**

Variable que se evaluó a los 15 días en cada una de las polinizaciones, tomando en cuenta un mínimo de seis polinizaciones exitosas como altamente compatible en las 20 plantas seleccionadas al azar por tratamiento. Para su valoración se empleó las escalas de 0 a 6 propuesta por el (INIAP, 2022).

ESCALAS 0-6	DESCRIPCIÓN
0	Incompatible
2	Poco compatible
4	Compatible
6	Altamente compatible

- **Número de botones florales (NBF)**

Dato que fue registrado por conteo directo en 20 plantas seleccionas al azar a los 2 días antes de las polinizaciones para luego eliminar los botones florales no deseados de los cojinetes florales.

- **Número de flores abiertas (NFA)**

Se evaluó por conteo directo en 20 plantas seleccionas al azar a los 2 días antes de las polinizaciones, observando que todas aquellas flores tengan sus pétalos abiertos.

- **Número de flores semi abiertos (NFSA)**

Variable que fue evaluada a los 2 días antes de las polinizaciones, para lo cual se tomaron 20 plantas seleccionas al azar por tratamiento teniendo en cuenta que el 50% de pétalos se encuentren cerrados.

- **Número de frutos cuajados (NFC)**

Esta variable fue registrada a los 15 días después de las polinizaciones de los 12 cojinetes florales, se tomó las 20 plantas seleccionas al azar por tratamiento tomando en cuenta que las flores de sus pétalos se encuentren secos.

- **Número de frutos (NF)**

En las 20 plantas seleccionadas al azar por tratamiento de los 12 cojinetes florales se evaluó el número de frutos vivos y sanos obtenidos de las polinizaciones artificiales a los 30 días.

- **Largo de fruto (LF)**

Dato que fue registrado en centímetros con la ayuda de un instrumento (pie de rey), medidos desde la parte basal hasta el ápice de la mazorca en 20 plantas tomadas al azar después de realizar las polinizaciones artificiales, a los 30 días.

3.2.7 Tipos de análisis.

- Prueba de Fisher al 5%
- Prueba del Tuckey al 5%
- Análisis de correlación y regresión lineal

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente

Tabla 1

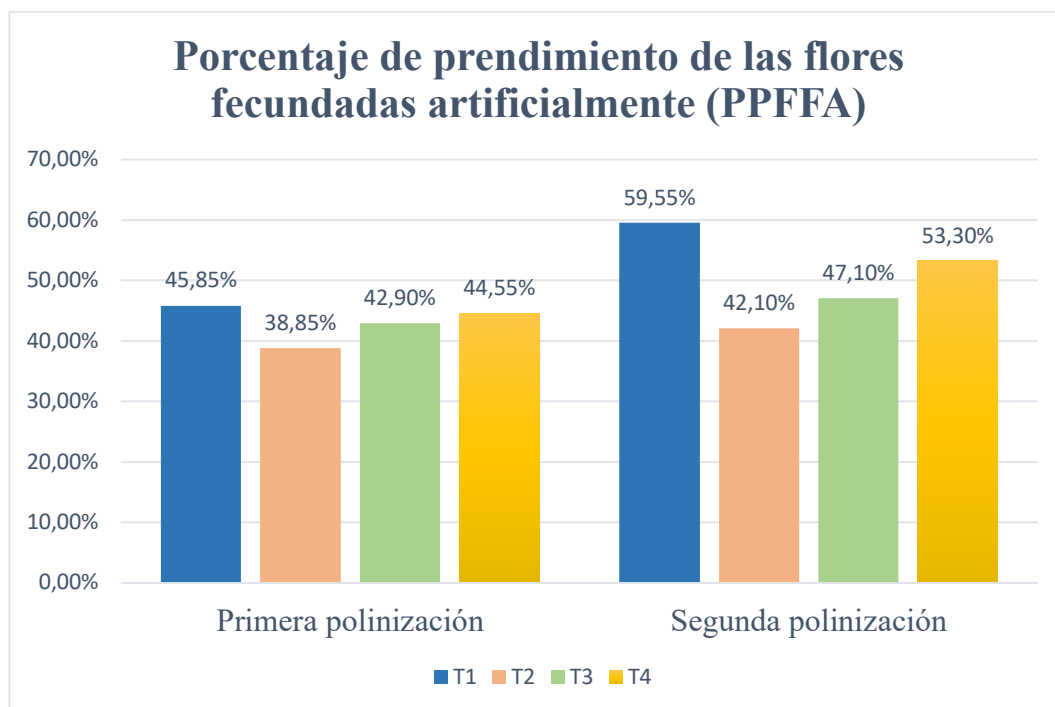
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente durante la primera y la segunda polinización.

Tratamientos	Primera polinización (Ns)		Segunda polinización (**)		
	Nº.	Promedios	Rango	Promedios	Rango
1		45,85	A	59,55	A
2		38,85	A	42,10	B
3		42,90	A	47,10	AB
4		44,55	A	53,30	AB
MG:		43,04 %		50,51 %	

*Nota: ** = Altamente significativo; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general*

Figura 1

Promedios de la variable porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023.



La determinación de la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao Clon Bola, en la variable porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente (PPFFA), según la prueba de Fisher al 5% se determinaron estadísticas no significativas en la primera polinización con un promedio general del 43,04 % de flores fecundadas y altamente significativas en la segunda polinización registrando un promedio general de 50,51% de flores fecundadas de las polinizaciones (Tabla 1).

Con la prueba de Tuckey al 5% en la primera polinización, siendo el T1 (Clon Bola + CCN51), el que alcanzó el mayor promedio de flores fecundadas, con un 45,85% seguidos de los tratamientos T4 (FA - 2003) con 44,55 %, T3 (JHVH - 10) con 42,90 %, el menor promedio se registró en el T2 (INIAP - 800) con un 38,85 % de flores fecundadas artificialmente, en la segunda polinización el T1 (Clon Bola + CCN51) mantuvo un alto promedio de flores fecundadas con 59,55 %, seguido de

los tratamientos: T4 (FA – 2003) con 53,30 %, T3 (JHVH – 10) con 47,10 %, que nuevamente destacaron en comparación con el T2 (INIAP – 800) que continuó registrando el menor promedio, con 42,10% de flores fecundadas artificialmente,

El T1 (Clon Bola + CCN51) es el más efectivo en la segunda y primera polinización, mientras que los tratamientos T4 (FA - 2003) y T3 (JHVH - 10) mantienen un buen rendimiento en ambas etapas, y el T2 (INIAP - 800) muestra el menor rendimiento en ambas polinizaciones esto puede haber sido generado por las condiciones ambientales.

La capacidad de obtener un buen porcentaje de flores fecundadas por polinización no sólo depende de la cantidad y el origen del polen depositado, sino también por los atributos reproductivos y las condiciones de crecimiento, como la disponibilidad de agua y los patrones de temperatura. (Groeneveld, 2019)

4.1.2 Capacidad de cruzamiento (CC)

Tabla 2

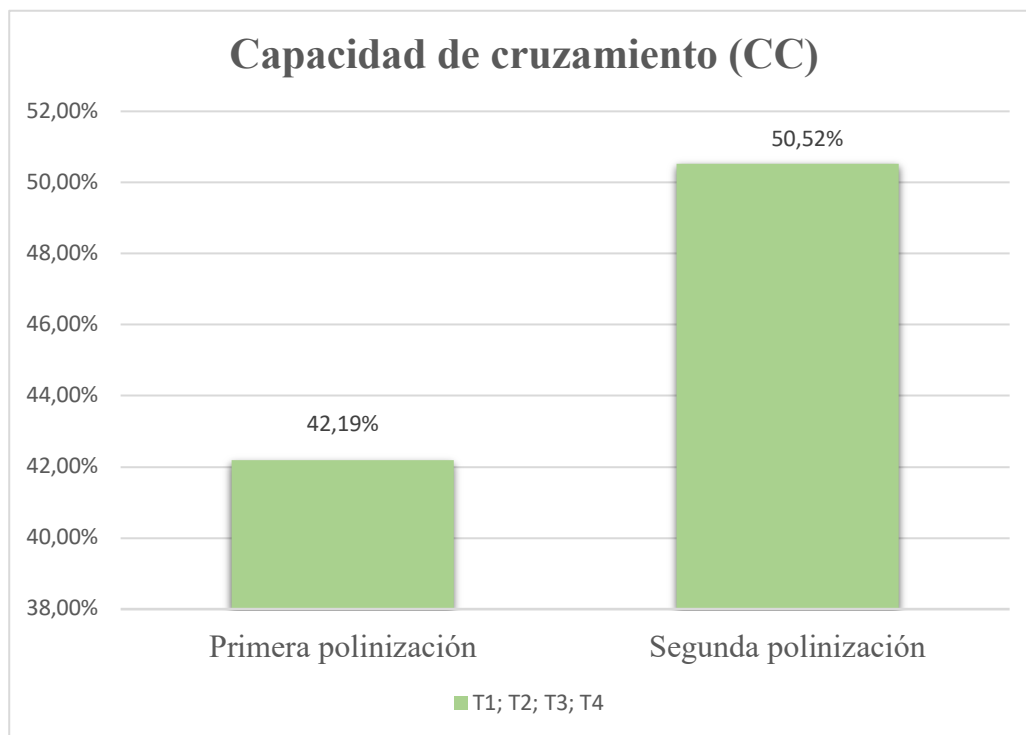
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la capacidad de cruzamiento (CC) durante la primera y la segunda polinización.

Tratamientos	Primera polinización	Segunda polinización
	(**)	(**)
1	45,85	59,55
2	38,85	42,10
3	42,90	47,10
4	44,55	53,30
P	42,19 %	50,52 %

Nota: P = Promedios

Figura 2

Promedios de la variable capacidad de cruzamiento (CC), durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023.



En la determinación de la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao Clon Bola, en cuanto a la variable capacidad de cruzamiento (CC), según la prueba de Fisher al 5% se determinaron estadísticas altamente significativas en la primera y segunda polinización con un promedio del 42,19 % en la primera polinización y un 50,52 % en la segunda polinización de los tratamientos.

Estos resultados indican claramente que el Clon Bola es intercompatible en ambas ocasiones, como se muestra en la (Tabla 2).

Estos resultados permiten deducir lo manifestado por el (INIAP, 2022), que se reconoce que es un cruce intercompatible cuando las flores de una planta son fecundadas con polen de otra planta en porcentajes mayores o iguales al 30%.

4.1.3 Grado de compatibilidad (GC)

Tabla 3

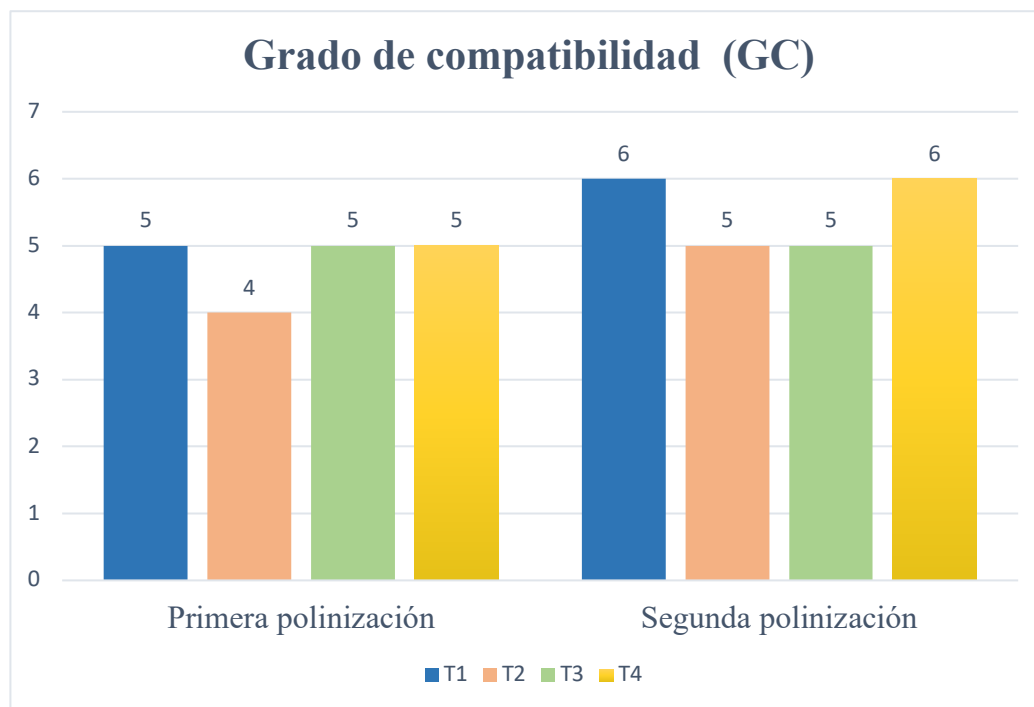
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable grado de compatibilidad (GC) durante la primera y la segunda polinización

Tratamientos	Primera polinización (NS)		Segunda polinización (NS)	
	Nº.	Promedios	Rango	Promedios
1	5	A	6	A
2	4	A	5	A
3	5	A	5	A
4	5	A	6	A
MG:	5		6	

Nota: NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general

Figura 3

Promedios de la variable grado de compatibilidad (GC), durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023.



En la variable grado de compatibilidad (GC), según la prueba de Fisher al 5% no se determinaron diferencias estadísticas entre los promedios de la variable grado de compatibilidad (GC), registrando similitud entre los tratamientos, tanto en la primera con un promedio general de 5 grados y en la segunda polinización con 6 grados de compatibilidad (Tabla 3).

Con la prueba de Tuckey al 5% se registró alta compatibilidad en los tratamientos T1 (Clon Bola + CCN51), T4 (FA - 2003) y T3 (JHVH - 10), mientras que en el T2 (INIAP - 800) fue compatible en los cruzamientos.

Estos resultados confirman lo mencionado por el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIAP), el que determina un mínimo de 6 polinizaciones exitosas para que un clon sea considerando altamente compatible, siendo base sólida para evaluar la capacidad de los clones para reproducirse. (INIAP, 2022)

4.1.4 Número de frutos cuajados (NFC)

Tabla 4

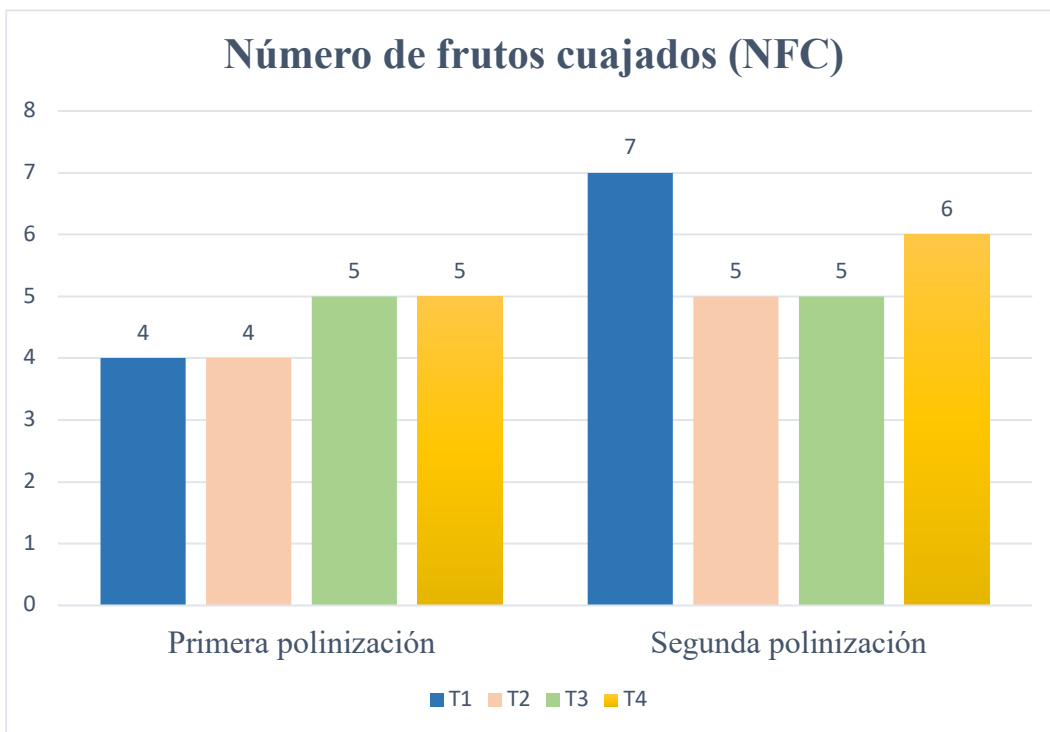
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable número de frutos cuajados(NFC) durante la primera y la segunda polinización.

Tratamientos	Primera polinización (NS)		Segunda polinización (**)	
	Nº.	Promedios	Rango	Promedios
1	4	A	7	A
2	4	A	5	B
3	5	A	5	AB
4	5	A	6	AB
MG:	5		6	

*Nota: ** = Altamente significativo; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general*

Figura 4

Promedios de la variable número de frutos cuajados(NFC) durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023



En la variable número de frutos cuajados (NFC), según la prueba de Fisher al 5% se determinaron estadísticas no significativas en la primera polinización con un promedio general de 5 frutos cuajados y altamente significativas en la segunda polinización registrando un promedio general de 6 frutos cuajados de las polinizaciones a los 15 días (Tabla 4).

Con la prueba de Tuckey al 5% en la primera polinización el T4 (Clon Bola + FA – 2003) y T3 (JHVH - 10) registraron los promedio más altos, con 5 frutos, mientras que el T2 (INIAP - 800) y T1 (Clon Bola + CCN51) tuvieron los promedios más bajos, con solo 4 frutos, en la segunda polinización el T1 (Clon Bola + CCN51) mantuvo un alto promedio de frutos cuajados con 7, seguido por T4 (FA – 2003) con 6, estos tratamientos se destacaron en comparación con el T2 (INIAP – 800) y T3 (JHVH - 10) que registraron el menor promedio, con 5 frutos cuajados de las polinizaciones a los 15 días.

Lo que permite deducir que en la primera polinización, los tratamientos T4 y T3 son los más destacados, mientras que en la segunda polinización, el tratamiento T1 sobresale en términos de frutos cuajados.

Debido al aborto de frutos jóvenes en sus primeras semanas, fenómeno común en el cacao que presumiblemente ayuda a equilibrar los recursos de la planta, solo una pequeña fracción de los frutos polinizados eventualmente se convertirán en frutos cosechables. (Dessauw, 2021)

4.1.5 Número de frutos (NF)

Tabla 5

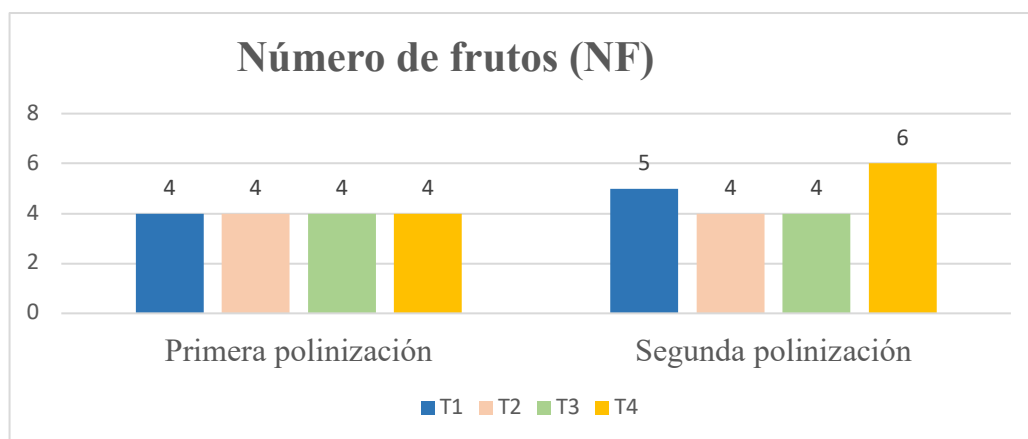
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable número de frutos durante la primera y la segunda polinización.

Tratamientos	Primera polinización (NS)		Segunda polinización (**)	
	Nº.	Promedios	Rango	Promedios
1	4	A	5	AB
2	4	A	4	B
3	4	A	4	AB
4	4	A	6	A
MG:	4		5	

*Nota: **= Altamente significativo; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general*

Figura 5

Promedios de la variable número de frutos (NF) durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023



En cuanto a la variable número de frutos (NF) según la prueba de Fisher al 5% se determinaron estadísticas no significativas en la primera polinización con un promedio general de 4 frutos y altamente significativas en la segunda polinización registrando un promedio general de 5 frutos de las polinizaciones a los 30 días (Tabla 5).

Con la prueba de Tuckey al 5% en la primera polinización el T4 (Clon Bola + FA – 2003), T3 (JHVH - 10), T2 (INIAP - 800) y T1 (Clon Bola + CCN51) tuvieron un promedio de solo 4 frutos, en la segunda polinización el T4 (Clon Bola + FA – 2003) tuvo un alto promedio de frutos cuajados con 6, seguido por T1 (CCN51) con 5, estos tratamientos se destacaron en comparación con el T2 (INIAP – 800) y T3 (JHVH - 10) que registraron el menor promedio, con 4 frutos cuajados de las polinizaciones a los 30 días.

Se puede deducir que en la primera polinización, los tratamientos T1, T2, T3 y T4 son iguales, mientras que en la segunda polinización, el tratamiento T4 sobresale en términos de frutos.

Durante los primeros tres meses de crecimiento, las mazorcas pueden experimentar un fenómeno conocido como pasmazón, causado por factores fisiológicos o nutricionales. (Díaz, 2018)

4.1.6 Largo de fruto (LF)

Tabla 6

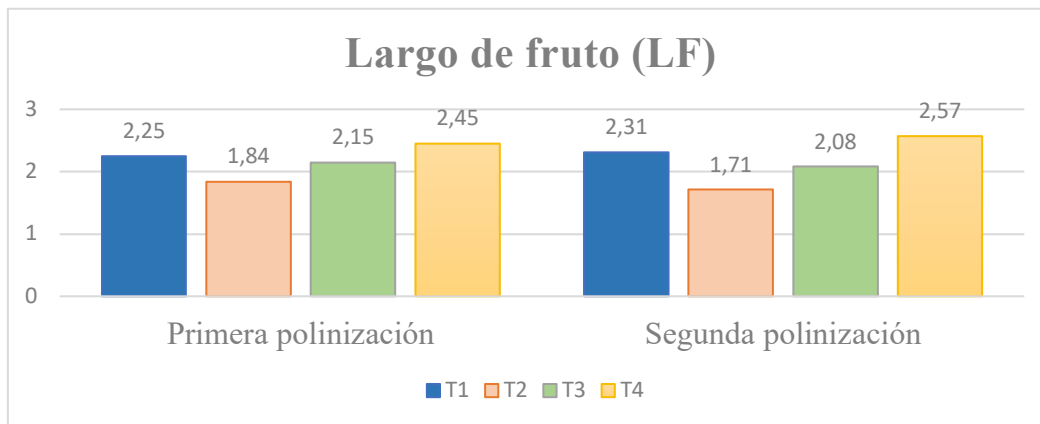
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable largo de frutos durante la primera y la segunda polinización.

Tratamientos	Primera polinización (**)		Segunda polinización (**)	
	Nº.	Promedios	Rango	Promedios
1	2,25	AB	2,31	AB
2	1,84	B	1,71	C
3	2,15	AB	2,08	B
4	2,45	A	2,57	A
MG:	2,17		2,17	

*Nota: ** = Altamente significativo; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general*

Figura 6

Promedios de la variable largo del fruto (LF) durante la primera y la segunda polinización. Mata de Cacao 2023



En cuanto a la variable largo del fruto (LF), según la prueba de Fisher al 5% se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas en la primera y segunda polinización registrando un promedio general de 2,17 cm de largo durante la primera y segunda polinización (Tabla 6).

Con la prueba de Tuckey al 5% en la primera polinización siendo el T4 (FA – 2003) el que registró el mayor promedio, con 2,45 cm, seguido del T1 (Clon Bola + CCN51), con 2,25 cm, mientras que el T3 (JHVH - 10) con 2,15 cm, el menor promedio se registró en el T2 (INIAP - 800) con 1,84 cm de largo, en la segunda polinización el T4 (FA – 2003) mantuvo un alto promedio en el largo del fruto, con 2,57 cm, seguido del T1 (CCN51), con 2,31 cm, mientras que el T3 (JHVH - 10) con 2,08 cm, que nuevamente destacaron en comparación con el T2 (INIAP – 800) que continuó registrando el menor promedio, con 1,71 cm de largo del fruto.

Lo que permite deducir que el largo del fruto en ambas polinizaciones, el tratamiento T4 (FA – 2003) mostró los promedios más altos, mientras que el T2 (INIAP – 800) tuvo los promedios más bajos del largo del fruto.

El largo del fruto en cacao es un indicador crucial, ya que permite evaluar las combinaciones de variedades parentales en las características del fruto. Un mayor largo es relacionado con una mayor capacidad de albergar semillas. (Rivera, 2021)

4.1.7 Variables agronómicas

Tabla 7

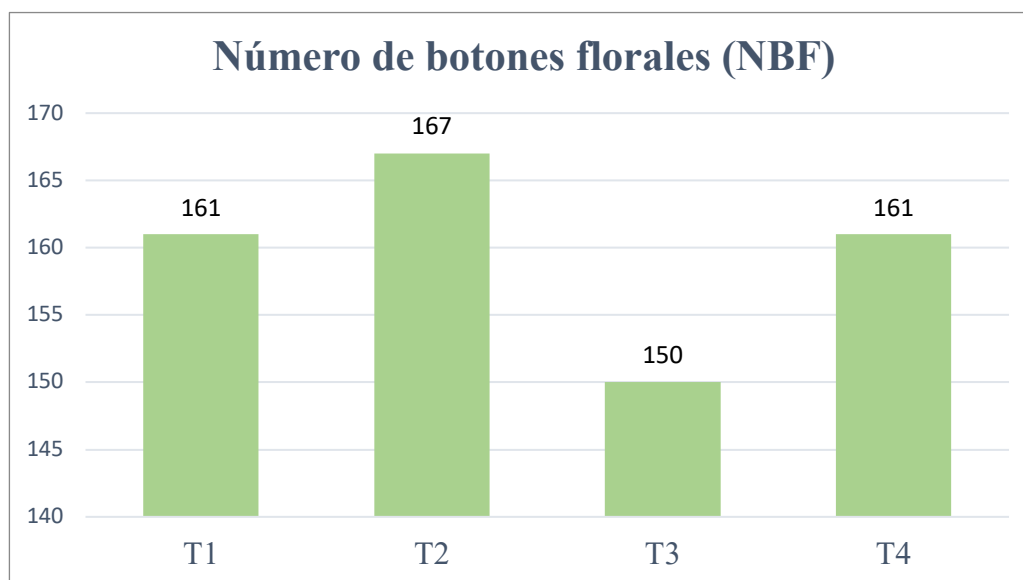
Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a la variable número de botones florales(NBF); número de flores semi abiertos(NFSA); número de flores abiertas (NFA) antes de realizar las polinizaciones.

VARIABLES	T1		T2		T3		T4		MG:
	P	R	P	R	P	R	P	R	
NBF (NS)	161	A	167	A	150	A	161	A	160
NFSA (NS)	16	A	16	A	18	A	17	A	17
NFA (NS)	21	B	20	B	21	B	28	A	22

Nota: P = Promedios; R = Rango; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general

Figura 7

Promedios de la variable número de botones florales (NBF), antes de realizar las polinizaciones.



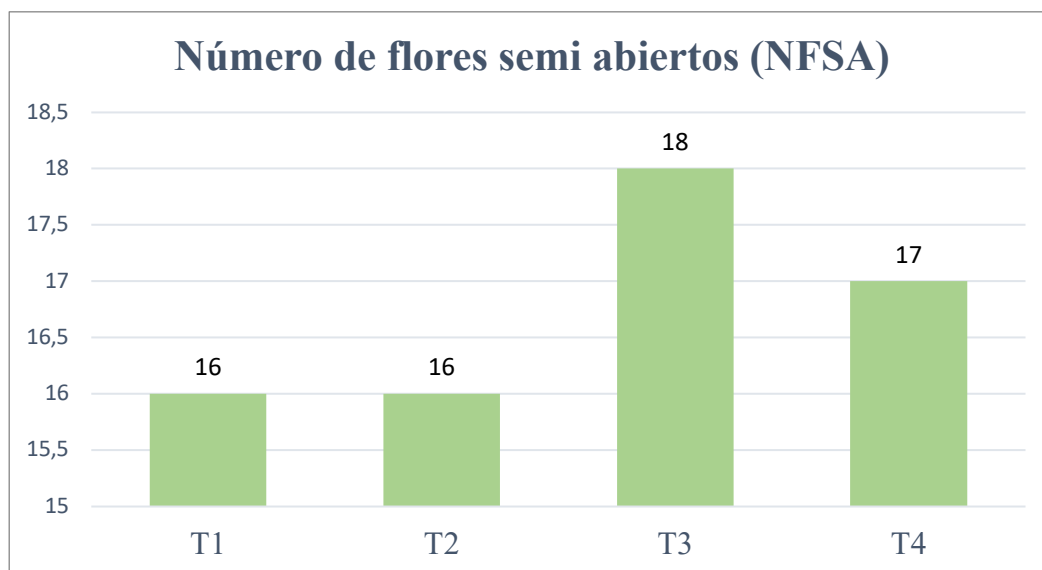
La determinación de la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao Clon Bola, la variable número de botones florales (NBF), según la prueba de Fisher al 5% fue similar (NS), se registró un promedio general de 160 botones florales, con un rango de promedios que va de 150 a 167 botones florales antes de la polinización. (Tabla 7).

Con la prueba de Tuckey al 5% el T2 el que registró el mayor promedio de botones florales con 167, seguido de los tratamientos: T1 y T6 con 161, el menor promedio se registró en el T3 con 150 botones florales.

Estos resultados confirman lo mencionado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador, que el cacao florece a lo largo de todo el año, especialmente cuando no está bajo sombra y si mantiene un nivel adecuado de humedad. Los meses en que las plantas tienen mayor incremento de la floración son; enero, febrero y mayo; Sin embargo, es importante tener en cuenta que las lluvias intensas provocan la caída de flores.

Figura 8

Promedios de la variable número de flores semi abiertos(NFSA), antes de realizar las polinizaciones.



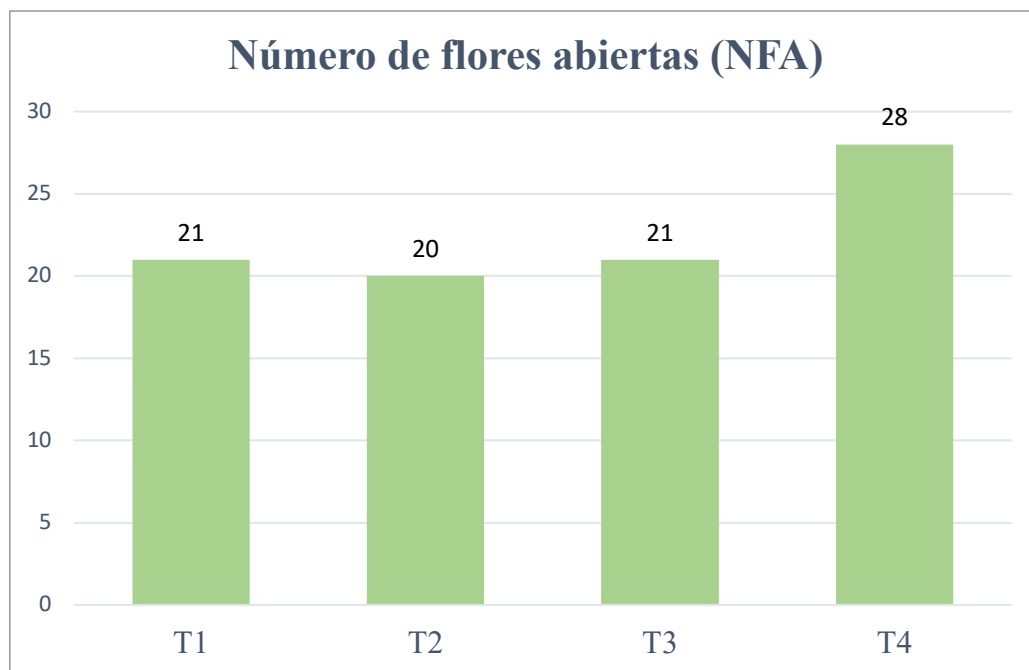
La determinación de la compatibilidad y habilidad combinatoria de cacao Clon Bola, la variable número de flores semi abiertos (NFSA), según la prueba de Fisher al 5%, fue similar (NS), se registró un promedio general de 17 flores semi abiertas, con un rango de promedios que va de 16 a 18 flores semi abiertas antes de la polinización. (Tabla 7).

Con la prueba de Tuckey al 5% el T3 el que registró el mayor promedio de flores semi abiertas con 18, seguido del T4 con 17, el menor promedio se registró en los T1 y T2 con 16 flores semi abiertas.

Estos resultados permiten deducir lo manifestado por (Diaz, 2018) que es importante tener en cuenta que la floración del cacao no está exclusivamente influenciada por la nutrición de la planta, ya que está directa o indirectamente controlada por factores climáticos. En regiones donde la precipitación pluvial y la temperatura siguen patrones bien definidos, la floración tiende a disminuir durante los períodos secos y lluviosos.

Figura 9

Promedios de la variable número de flores abiertas (NFA), antes de realizar las polinizaciones.



La variable número de flores abiertas (NFA), según la prueba de Fisher al 5% fue similar (NS), se registró un promedio general de 22 flores abiertas, con un rango de promedios que va de 20 a 28 flores abiertas antes de la polinización. (Tabla 7).

Con la prueba de Tuckey al 5% el T4 el que registró el mayor promedio de flores abiertas con 28, seguido de los tratamientos: T3 y T1 con 21, el menor promedio se registró en el T2 con 20 flores abiertas.

Estos resultados confirman lo mencionado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao – Ecuador, Anecacao, solo el 0,1% del total de flores producidas por un árbol de cacao logra ser fecundado con éxito. Además, que condiciones climáticas desfavorables pueden provocar que la flor no logre cuajar y, en consecuencia, se desprenda del árbol.

4.1.8 Análisis de correlación y regresión lineal

Tabla 8

Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre los grados de compatibilidad. (variable dependiente Y) en las polinizaciones.

Variab independientes (Xs) componentes Grados de compatibilidad.	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R²) %
Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente	0,7012 **	7,26	49,17 %
Número de frutos cuajados (NFC)	0,7116 **	0,83	50,63 %
Número de frutos (NF)	0,6735 **	1.13	45,36 %

*Nota descripción de la nomenclatura: **= altamente significativo*

Coefficiente de correlación (r)

En esta investigación, se observó que, dentro de componentes grado de compatibilidad, existieron correlaciones altamente significativas en las variables: Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente, número de frutos cuajados (NFC) y número de frutos (NF) (Tabla 8).

Coefficiente de regresión (b)

Las variables que incrementaron los grados de compatibilidad fueron: Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente con un coeficiente de

regresión de 7,26, número de flores abiertas con 1.030, número de flores semi abiertas con 1.152, número de frutos cuajados con 0,83, y número de frutos con 1,13 (Tabla N° 8).

Coefficiente de determinación (R^2)

El mayor incremento en los grados de compatibilidad, se obtuvo en la variable número de frutos cuajados con un valor de coeficiente de (R^2) de 50,63%, esto quiere decir que un 50,63 % de incremento, en los grados de compatibilidad se debe, al número de frutos cuajados. (Tabla 8).

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos en la presente investigación, se pudo evidenciar que existió en la mayor número de variables diferencias estadísticas altamente significativas a nivel de tratamientos, por lo tanto rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna ya que no ahí la evidencia necesaria para aceptar la hipótesis nula, determinando que la compatibilidad y habilidad combinatoria del cacao Clon Bola depende de la polinización artificial en la zona agroecológica en estudio.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que el Clon Bola posee habilidad combinatoria general con los clones cruzados como él; CCN51; FA – 2003; INIAP – 800 y JHVH – 10.
- El Clon Bola en esta investigación en su compatibilidad y habilidad combinatoria en la variable capacidad de cruzamiento (CC), fue de 42,19 % en la primera polinización y un 50,52 % en la segunda polinización, estos resultados indican claramente que el material es intercompatible en ambas ocasiones.
- Los cruzamientos que presentaron un buen porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente fueron los tratamientos T1 que corresponde al cruce del Clon Bola + CCN51 y T4 FA- 2003.
- En base a los análisis estadísticos se concluye que para las variables grado de compatibilidad no se determinaron diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos, tanto en la primera y segunda polinización, registrando alta compatibilidad en los tratamientos T1 (Clon Bola + CCN51), T4 (FA - 2003) y T3 (JHVH - 10), mientras que en el T2 (INIAP - 800) fue compatible en los cruzamientos según la escalas del INIAP misma que se utilizo para evaluar los grados de compatibilidad.
- El número promedio de frutos obtenidos de las polinizaciones fue de 4 en la primera polinización y 5 en la segunda, determinado que hubo diferencias estadísticas en el número de frutos en la zona agroecológica en estudio.
- El comportamiento agronómico de la variable largo del fruto en las polinizaciones fue diferente en la primera polinización siendo el T4 (FA – 2003) el que registró el mayor promedio, con 2,45 cm, seguido del T1 (Clon

Bola + CCN51), con 2,25 cm, mientras que el T3 (JHVH - 10) con 2,15 cm, el menor promedio se registró en el T2 (INIAP - 800) con 1,84 cm de largo, en la segunda polinización el T4 (FA – 2003) mantuvo un alto promedio en el largo del fruto, con 2,57 cm, seguido del T1 (CCN51), con 2,31 cm, mientras que el T3 (JHVH - 10) con 2,08 cm, que nuevamente destacaron en comparación con el T2 (INIAP – 800) que continuó registrando el menor promedio, con 1,71 cm de largo del fruto.

- Se determinó que dentro de los componentes que constituyeron, a los grados de compatibilidad, existieron correlaciones altamente significativas. En las variables: Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente con 0,7012, número de frutos cuajados con 0,7116 y número de frutos con 0,6735 demostrando una relación favorable.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar estos cruzamientos como parte de un programa de mejora genética. Estos cruzamientos han demostrado tener un buen porcentaje de éxito en la fecundación artificial de las flores.
- Se recomienda dar prioridad a estos tratamientos en futuros estudios.
- Seguir realizando este tipo de evaluaciones en otra zona agroecológica para obtener más información sobre el comportamiento del Clon Bola que permita a futuro poder liberar un nuevo clon de cacao que sea altamente resistente a plagas y enfermedades y con buenos rendimientos.
- Los datos indican que el tamaño del fruto puede variar significativamente según los cruces. Para futuras investigaciones, se puede centrar en comprender las características genéticas que influyen en el tamaño del fruto y cómo se puede mejorar aún más este aspecto, ya que el tamaño del fruto es un factor importante en la comercialización.
- Dado que el Clon Bola mostró una alta compatibilidad en las polinizaciones realizadas, sería valioso seguir investigando su compatibilidad con más variedades de cacao.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, A. (2019). Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao (*Theobroma cacao L.*). Costa Rica: IICA, San José (Costa Rica). Obtenido de Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1922>
- Barrón, Y. (14 de Febrero de 2018). INIFAP. Obtenido de Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Tabasco :<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/900>
- Cabrera, V. (2018). Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 . Scielo, 3.
- Castro, S. (18 de Septiembre de 2020). “Inter-compatibilidad genética de seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de Mejoramiento Genético de cacao. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5344/1/T-UTEQ-0254.pdf>
- Cente, F. (25 de Enero de 2019). Preferencia y daño del Carmenta spp, relacionado al crecimiento del fruto de *Theobroma cacao L.* CCN-51 en dos épocas de producción, Obtenido de Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga:http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3528/1/TESIS%20AF05_Cce.pdf
- Cunin, C., & García, E. (Julio de 25 de 2022). Universidad Estatal de Bolívar. Obtenido de Evaluación de la floracion y formación de frutos en el cultivo de cacao clonal (*Theobroma cacao L.*) Aplicando dos tipos de fertilizantes foliares con tres dosis, en el Cantón Ventanas: <https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/4545/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20GARCIA%20ADRIAN-CUNIN%20CARMEN.pdf>

- Dessauw, D. (25 de Noviembre de 2021). Los nuevos clones de cacao que se han desarrollado en México, Costa Rica y Ecuador. Obtenido de I Congreso Latinoamericano científico técnico de cacao: https://mocca.org/wp-content/uploads/2022/03/Memoria_congreso_latinoamericano_cacao.pdf
- Diaz, E. (22 de Febrero de 2018). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua Facultad Regional Multidisciplinaria. Obtenido de 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: <https://repositorio.unan.edu.ni/794/1/10418.pdf>
- Dorantes, M. (18 de Julio de 2017). Polinización artificial en Pistacho y su efecto en el desarrollo del fruto. Obtenido de Universidad Autonoma Agraria Antonio: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42184>
- Gaibor, A. (03 de Diciembre de 2018). El cultivo del cacao . Obtenido de <http://canales.hoy.es/canalagro/datos/herbaceos/industriales/cacao.htm>
- Groeneveld, J. (20 de Agosto de 2019). Evidencia experimental de una mayor limitación del rendimiento del cacao por la polinización que por los recursos vegetales . sciencedirect, 12(3).
- INIAP. (07 de Septiembre de 2022). Estación Experimental Litoral Sur. Obtenido de Potencial genético de los materiales de cacao del INIAP.: https://www.worldcocoafoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/1473869418FieldTripJ.Quiros.pdf
- MAG. (12 de Julio de 2020). Ministerio de agricultura y Ganadería . Obtenido de MAG impulsa proyecto de reactivación del Cacao Fino y de Aroma: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-proyecto-de-reactivacion-del-cacao-fino-y-de-aroma/>
- Meteobox. (22 de Enero de 2022). Meteobox. Obtenido de Tiempo San Carlos, Los Ríos: <https://meteobox.es/ecuador/san-carlos-3/>

- Meza, G. (09 de Julio de 2018). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao tipo Nacional y dos Trinitarios en la finca experimental la represa: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4674/1/T-UTEQ-210.PDF>
- Morante, J. (2018). Importancia de la mosquilla forcipomyia spp. En la polinización y producción del cultivo de cacao (Vol. 11). Colombia: Dialnet.
- Moreno, D. (30 de Noviembre de 2020). Universidad de Investigación Avaladora. Obtenido de “Determinación de la habilidad combinatoria de 11 materiales de cacao (*Theobroma cacao L.*) de tipo criollo: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2016-44.pdf>
- MPCEIP. (22 de Noviembre de 2022). Boletín Productivo Zona 6. Obtenido de Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca: <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/Boletin-Productivo-Zona-6.pdf>
- Pintado, M. (2022 de Noviembre de 2017). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de Caracterización morfológica de la flor de cacao CCN-51(*Theobroma cacao L.*) en la finca “La Chavelita” del Cantón Valencia: <https://es.scribd.com/document/380191829/Caracterizacion-Morfologica-de-La-Flor-de-Cacao-Ccn-51-Theobroma-Cacao-1>
- Quevedo, L. (22 de Junio de 2020). Clasificación taxonomica del cacao. Obtenido de UTB: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/ttuaca-2020-ia-de00025.pdf>
- Ramirez, O. (29 de Abril de 2019). “Compatibilidad sexual de Cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones”. Obtenido de FHIA: <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Lunes%20029%20abril/7-%20Compatibilidad%20Sexual%20en%20Cacao.pdf>
- Ríos, D. (15 de Junio de 2018). Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de cacao:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf;sequence=1>

Rios, L. (3 de Junio de 2019). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura . Scielo, 18. Obtenido de La polinización en los sistemas de producción agrícola: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000300008

Rivera, J. (09 de Septiembre de 2021). Universidad de Guayaquil. Obtenido de Análisis dialéctico incompleto con materiales de Cacao (*Theobroma cacao* L) Nacional centenario de alta producción: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56318/1/Rivera%20Gonzalez%20Jamilex%20Juleisi.pdf>

Ruiz, A. (03 de Mayo de 2019). Diversidad genética de cacao. con marcadores moleculares microsatélites . Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75268/7211504.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Scheltema, T. (2022). La auto-incompatibilidad en los híbridos de cacao del CATIE : un estudio en la finca "La Lola", Zona Atlántica de Costa Rica. Costa Rica: CATIE. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2646>

Solórzano, G. (02 de Mayo de 2019). Hibridación en cacao . Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3404>

Villena, O. (02 de Junio de 2021). Origen del cacao. Obtenido de Cacao móvil: <https://cacaomovil.com/site/guide/el-cacao-en-sistemas-agroforestales-df638640-b491-4be2-a0e0-479d7b616e5f/9/cual-es-el-origen-del-cacao>

Zambrano, M. (12 de Junio de 2017). Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Obtenido de Evaluación productiva y sanitaria de siete clones de cacao: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2dbb59b3-d032-4261-a413-11866cbca7c0/content>

Anexos

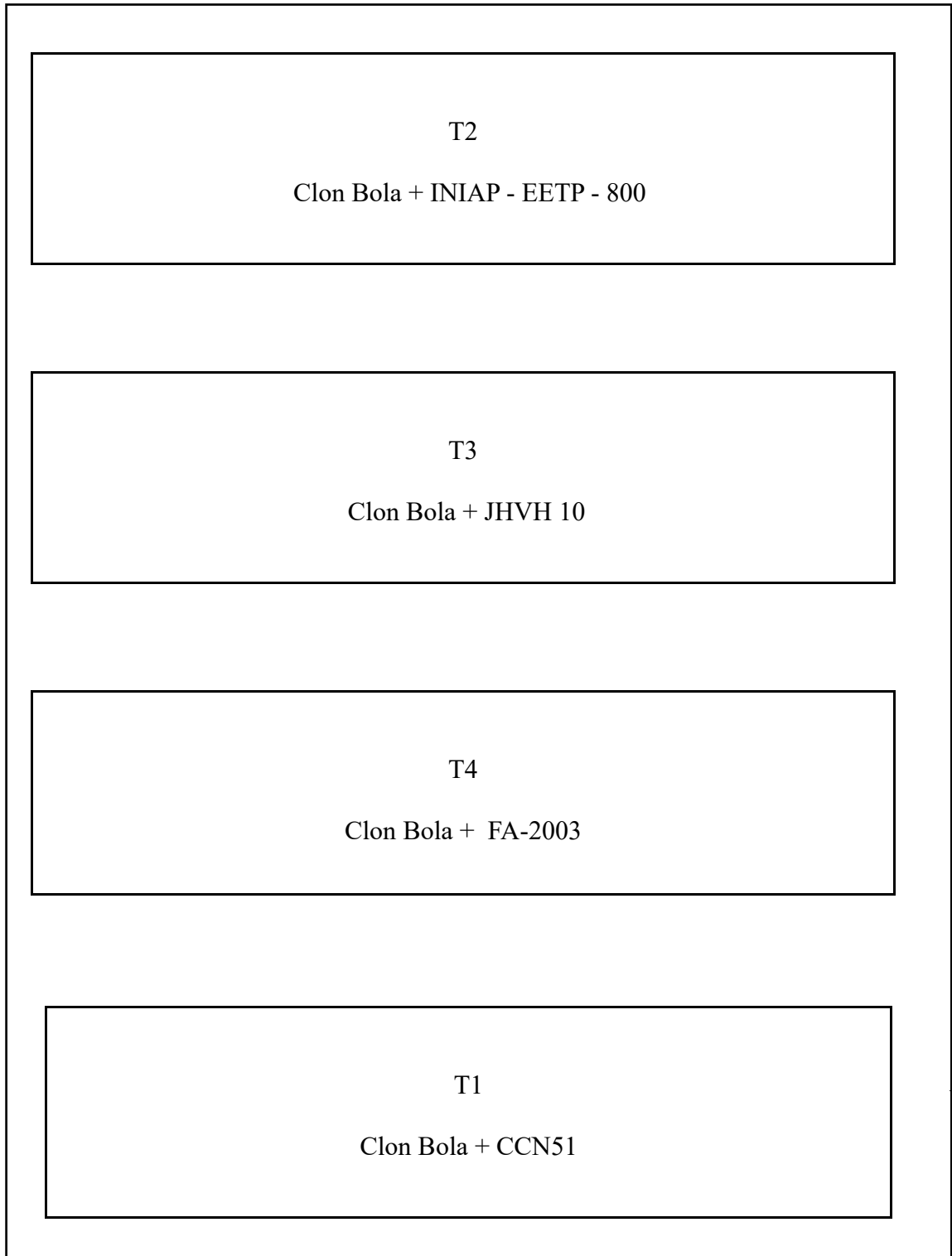
Anexo 1. Mapa de la ubicación del ensayo.

Cantón Babahoyo



Anexo 2. Croquis del ensayo

TRATAMIENTOS



Total de tratamientos: 4

Área de los tratamientos: 540 m²

Área total del ensayo: 2160 m²

Número de plantas/tratamiento: 60

Anexo 3. Base de datos de las variables agronómicas evaluadas en Mata de Cacao 2023

Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente (PPFFA)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	25	17	25	25	58	42	25	42
2	33	17	50	33	75	50	25	58
3	33	42	58	58	33	50	42	50
4	33	75	42	50	58	25	33	42
5	42	58	33	17	42	42	33	58
6	58	17	17	67	75	50	25	83
7	25	25	58	42	50	58	33	42
8	50	42	33	58	83	33	50	33
9	58	67	25	42	58	25	33	50
10	75	17	25	33	50	42	50	58
11	75	17	67	25	42	33	42	50
12	42	50	58	33	50	50	67	42
13	50	25	67	75	75	42	50	42
14	42	25	42	58	42	25	67	75
15	25	50	50	42	67	42	42	50
16	25	17	25	58	50	58	83	67
17	67	75	58	25	58	67	75	33
18	67	50	42	75	83	58	42	50
19	42	58	33	42	67	33	75	58
20	50	33	50	33	75	17	50	83
$\Sigma =$	917	777	858	891	1191	842	942	1066
$\mu =$	45,85 %	38,85 %	42,90 %	44,55 %	59,55 %	42,10 %	47,10 %	53,30 %

Capacidad de cruzamiento (CC)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
$\mu =$	45,85 %	38,85 %	42,90 %	44,55 %	59,55 %	42,10 %	47,10 %	53,30 %
PT	43,02 %				50,52 %			

Grado de compatibilidad (GC)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	4	2	4	4	6	4	4	6
2	4	2	4	4	6	6	4	6
3	2	6	6	6	4	6	6	6
4	4	6	6	6	6	2	4	6
5	6	6	4	2	6	6	4	6
6	6	2	2	6	6	6	4	6
7	2	4	6	6	6	6	4	4
8	6	6	2	6	6	4	6	4
9	4	6	4	6	6	4	4	6
10	6	2	2	2	6	6	6	6
11	6	2	6	4	6	4	4	6
12	6	6	6	6	6	6	6	6
13	4	4	6	6	6	6	4	6
14	6	4	6	6	6	4	6	6
15	2	6	6	6	6	6	6	6
16	4	2	4	6	4	6	6	6
17	6	6	6	4	6	6	6	4
18	4	6	6	6	6	6	6	6
19	6	6	4	6	6	4	6	6
20	4	4	6	4	6	2	6	6
$\Sigma =$	92	88	96	102	116	100	102	114
$\mu =$	5	4	5	5	6	5	5	6

Número de frutos cuajados (NFC)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	3	2	3	3	7	4	3	5
2	4	1	3	3	9	6	3	7
3	1	5	7	7	4	6	5	6
4	4	9	5	5	7	2	4	5
5	5	6	4	1	5	5	4	7
6	7	2	2	8	9	6	3	10
7	2	3	7	5	6	7	3	4
8	6	5	1	7	10	4	6	4
9	3	6	3	5	7	3	3	6
10	6	2	2	2	6	5	6	7
11	9	2	8	3	5	3	4	6
12	5	6	7	5	5	6	8	5
13	3	3	5	9	9	5	3	5
14	5	3	5	7	5	3	8	7
15	2	5	6	5	8	5	5	6
16	3	2	3	5	3	7	8	8
17	8	9	7	3	7	8	9	4
18	4	6	5	9	9	7	5	6
19	5	7	3	5	8	4	9	7
20	3	4	6	4	6	1	6	10
$\Sigma =$	88	88	92	101	135	97	105	125
$\mu =$	4	4	5	5	7	5	5	6

Número de frutos (NF)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	1	2	1	3	6	3	2	5
2	4	1	3	2	6	6	2	7
3	0	2	5	3	4	5	2	6
4	4	8	5	5	6	2	4	4
5	3	6	4	1	5	3	3	3
6	6	2	2	8	9	5	1	10
7	2	1	7	2	5	4	1	4
8	6	5	0	7	0	4	6	4
9	2	3	2	5	5	3	2	5
10	6	2	2	2	5	2	5	6
11	5	2	3	3	4	2	3	6
12	5	4	7	4	2	6	7	5
13	3	3	5	7	9	4	2	5
14	5	2	2	6	4	3	8	6
15	2	5	5	5	8	3	4	2
16	1	0	3	3	3	6	6	8
17	5	9	7	1	6	5	7	4
18	4	6	5	9	7	7	5	6
19	3	4	1	5	6	4	8	6
20	3	3	6	2	5	0	5	9
$\Sigma =$	70	70	75	83	105	77	83	111
$\mu =$	4	4	4	4	5	4	4	6

Largo de fruto (LF) (cm)								
Primera polinización					Segunda polinización			
No.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	2,23	2,25	2,30	2,37	2,15	1,43	2,55	2,26
2	2,31	2,17	2,11	2,76	2,22	2,05	2,05	2,73
3	0	1,45	2,34	2,38	2,80	1,98	2,25	2,83
4	2,46	1,55	2,28	2,93	2,57	1,95	2,48	2,30
5	2,21	1,88	1,19	2,30	2,32	2,00	1,90	2,07
6	2,37	1,78	2,28	2,38	2,56	1,78	2,10	2,20
7	2,41	1,87	2,10	2,38	2,52	1,87	2,00	2,50
8	1,58	2,45	0	2,39	0	2,03	2,17	2,72
9	2,53	1,78	2,28	2,85	2,54	1,58	1,50	2,67
10	2,11	1,56	2,19	2,48	2,1	1,55	1,98	2,72
11	2,13	1,45	2,91	2,28	2	1,56	2,10	2,68
12	2,29	1,68	2,18	2,39	2,35	1,98	2,91	2,79
13	2,53	1,78	2,13	2,28	2,5	1,76	2,43	2,18
14	2,25	2,49	2,81	2,23	2,65	2,03	2,46	2,48
15	2,91	2,56	2,56	2,83	2,89	2,48	1,56	2,60
16	2,20	10	1,19	2,28	2,10	1,97	1,65	2,70
17	2,15	1,45	1,89	2,38	2,36	1,23	1,80	2,68
18	2,49	1,55	2,93	2,29	2,78	1,35	1,66	2,90
19	2,80	1,35	2,80	1,83	2,18	1,56	1,68	3,01
20	2,95	2,78	2,46	2,93	2,55	0	2,46	2,39
Σ =	44,91	45,83	42,93	48,94	46,14	34,14	41,69	51,41
μ =	2,25	2,29	2,15	2,45	2,31	1,71	2,08	2,57

No.	Número de botones florales (NBF)				Número de flores semi abiertos (NFSA)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	131	150	156	180	15	11	18	22
2	121	156	121	186	12	19	19	12
3	151	155	135	187	10	18	20	19
4	171	245	133	189	14	17	21	18
5	101	175	134	117	12	17	19	20
6	128	160	144	118	12	18	18	20
7	183	132	134	147	25	19	18	21
8	155	130	165	149	16	19	19	12
9	137	149	276	140	14	18	18	21
10	273	156	235	142	31	11	15	19
11	201	190	108	120	18	13	20	16
12	173	187	109	128	11	14	17	14
13	124	267	111	222	15	18	18	15
14	128	276	154	190	17	17	16	14
15	158	123	156	132	16	11	17	15
16	178	190	155	123	14	12	19	17
17	128	142	144	261	13	18	15	18
18	178	134	142	149	22	16	24	18
19	148	110	141	185	16	17	20	10
20	253	108	143	148	18	16	12	17
$\Sigma =$	3220	3335	2996	3213	321	319	363	338
$\mu =$	161	167	150	161	16	16	18	17

Número de flores abiertas (NFA)				
No.	T1	T2	T3	T4
1	13	12	14	29
2	18	11	12	30
3	14	12	17	28
4	17	19	23	30
5	7	19	26	28
6	12	18	23	29
7	28	17	14	27
8	23	10	18	29
9	18	23	21	30
10	17	12	29	29
11	28	19	24	28
12	29	23	24	27
13	32	27	11	29
14	22	32	23	28
15	33	21	23	22
16	23	28	19	29
17	23	24	15	27
18	21	26	12	26
19	12	24	31	19
20	21	13	44	29
$\Sigma =$	411	390	423	553
$\mu =$	21	20	21	28

Anexo 4. Fotografías

ACTIVIDADES REALIZADAS

Distribución de la unidad experimental



Control de maleza



Poda



Control de plagas y enfermedades



Inducción de floración.



Identificación de las plantas y cojines florales



Aislamiento de botones florales del padre



Aislamiento de botones florales madre



Constatación de botones que se han convertido en flores



Se tomó los estambres (con la ayuda de pinzas punta fina y curva) de las flores provenientes del árbol padre y se frotaron sobre el estilo-estigma de la flor madre (también aislada el día anterior).



Cada flor polinizada fue debidamente identificada después de las polinizaciones



Visita de campo



MÉTODOS EVALUADOS Y DATOS TOMADOS

Número de botones florales (NBF)



Número de flores abiertas (NFA)



Número de flores semi abiertos (NFSA)



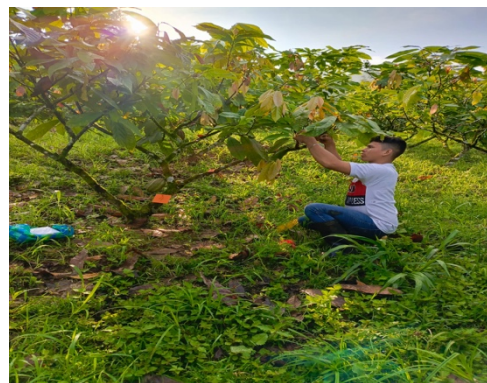
Porcentaje de prendimiento de las flores fecundadas artificialmente



Capacidad de cruzamiento (CC).



Grado de compatibilidad (GC)



Número de frutos cuajados (NFC)



Número de frutos (NF)



Largo del fruto (LF)



Anexo 5. Glosario de términos técnicos

Compatibilidad.- Se refiere a la capacidad de diferentes plantas para crecer juntas sin afectar negativamente su crecimiento o producción.

Habilidad combinatoria.- Se refiere a la capacidad de los diferentes genotipos de plantas para producir descendencia con un mejor desempeño en ciertos caracteres de interés, como el rendimiento, la resistencia a enfermedades, la calidad del fruto, entre otros.

Híbridos F1.- Es el producto resultante del cruzamiento entre dos líneas puras diferentes, lo que da lugar a un híbrido de primera generación.

Heteromórfico.- Son aquellos en los que los cromosomas sexuales tienen diferentes tamaños y formas.

Homomórfico.- Son aquellos en los que los cromosomas sexuales son morfológicamente indistinguibles de los autosomas.

Súpero.- Dicho de un tipo de ovario vegetal, que se desarrolla por encima del cáliz.

Entomófila.- Se refiere a la capacidad de una flor para ser polinizada por insectos, especialmente abejas y mariposas, que transportan el polen de una flor a otra mientras buscan alimento.

Cuajar flores.- Es el proceso de formación de los frutos después de que las flores han sido polinizadas y el polen ha sido transferido desde el estambre a su órgano femenino progenitoras.

Mosca forcipomyia.- Es un insecto del orden Díptera, pertenece a la familia Ceratopogonidae, y es considerada una importante polinizadora de la planta de cacao.

Incompatibilidad gametofítica.- Es un mecanismo genético que evita la autofecundación en plantas, por lo que promueve la fecundación cruzada.

Incompatibilidad esporofítica. Es cuando las células del embrión de la flor tienen genes de incompatibilidad que evitan el crecimiento del tubo polínico en la misma flor, impidiendo la fertilización del óvulo.

Alógamas .- También conocida como polinización cruzada, es aquella que se produce entre flores distintas de una misma planta.

Autofecundaciones.- Es un proceso de reproducción en el que los gametos masculinos y femeninos provienen del mismo individuo (o de la misma planta), por lo que no se produce una mezcla de material genético.

Endógamas homocigóticas.- son individuos que han sido producidos mediante apareamiento o selección artificial utilizando individuos de una misma población y que presentan homocigosis en gran parte de su genoma debido al histórico de endogamia en la población.

Heterocigóticos.- Son aquellos que tienen dos alelos diferentes para un gen determinado en su genoma.

Homocigosis.- Es la condición en la que un organismo tiene dos copias idénticas de un gen determinado en su genoma.

Autocompatible. – Se refiere a la capacidad de una planta para fertilizarse a sí misma o para ser fertilizada por su propio polen. En otras palabras, una planta autocompatible puede producir semillas viables y frutos sin necesidad de la presencia de otra planta de la misma especie para la polinización.

Autoincompatible. - Se refiere a la incapacidad de una planta para autofertilizarse con su propio polen, esto quiere decir que no puede producir semillas viables a partir de la fertilización de sus órganos reproductores con polen de la misma planta.

Abscisiones.- Se trata de las hojas, flores, frutos u otras estructuras vegetales de la planta. La abscisión es una parte normal del ciclo de vida de las plantas y ocurre como resultado de una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos.