

**República Dominicana
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental**

“Sembrando el Oro para Forjar el Futuro”



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES
Escuela de Agronomía**

**Anteproyecto para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Mención
Producción Agrícola**

Título:

Evaluación de la Floración, Polinización, y Fructificación en Ocho Clones de Cacao
(*Theobroma cacao* L.), Tipo Criollo en Cevicos, Provincia Sánchez Ramírez

Sustentantes:

Ana Lidia Veras

Isaías Vásquez

María Francisca Jiménez

Asesor:

Ing. Alejandro María Núñez MSc.

Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez
Año académico, 2024

TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN, POLINIZACIÓN, Y FRUCTIFICACIÓN EN
OCHO CLONES DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.), TIPO CRIOLLO EN
CEVICOS, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ

Hoja de Evaluación

TESIS PARA LA EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN, POLINIZACIÓN, Y FRUCTIFICACIÓN EN OCHO CLONES DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.), TIPO CRIOLLO EN CÉVICOS, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ

Por:

Ana Lidia Veras

Isaías Vásquez

María Francisca Jiménez

Trabajo de grado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, mención Producción Agrícola.

Ing. Alejandro María Núñez MSc.

Profesor asesor

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Lic. Sigfredo A. Rodríguez González

Director Escuela de Agropecuaria

Ing. Juan A. Graciano Domínguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Calificación: _____

Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana

Enero del 2024

Declaración de Autoría

Los conceptos emitidos en el presente proyecto de investigación, son responsabilidad de los sustentantes del mismo. Las citas, consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la UTECO de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

Sustentantes:

Ana Lidia Veras

Isaías Vásquez

María Francisca Jiménez

ÍNDICE

INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
1.5 Variables e Indicadores	10
1.6 Alcances y límites de la investigación	11
1.7 Generalidades.....	12
2.1 Condiciones del cultivo.....	14
2.1.1 Taxonomía y Morfología del Cacao	15
2.1.2 Diversidad varietal	15
2.1.3 Tronco y ramas	16
2.1.4 Biología de la flor	16
2.1.5 Semilla	18
2.1.6 Fruto	19
2.1.7 Clasificación Botánica del Cacao.....	20
2.2 Manejo agronómico de la producción del cacao.....	21
2.2.1 Exigencias en Clima y Suelo.....	21

2.2.2	Exigencias en clima.....	21
2.2.3	Temperatura	21
2.2.4	Agua.....	22
2.2.5	Viento.....	22
2.2.6	Sombreamiento	22
2.3	Características de los clones de cacao	24
2.3.1	Clon.....	24
2.3.2	Principales clones de cacao en Sánchez Ramírez	25
2.4	El cultivo del cacao	26
2.4.1	La Polinización	27
2.4.2	Enfermedades del cacao.....	28
2.4.3	Mazorca negra.....	28
2.4.4	Buba de puntos verdes	29
2.4.5	Escoba de bruja	30
2.4.6	Moniliasis.....	30
Capítulo III Metodología.....		32
3.1	Ubicación del experimento y descripción del lugar.....	32
3.2	Diseño y tipo de investigación.....	33
3.3	Materiales.....	33
3.4	Recolección de los datos	34
3.5	Análisis de los Datos.....	34
Capítulo IV.....		35
4.1 Resultados y Discusiones		35
2	DESCRIPCIÓN ANALISIS ESTADISTICOS DE LAS EVALUACIONES.....	54
Capítulo V		44

Referencias bibliográficas.....	44
Anexos.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Taxonomía del cacao.....	15
Cuadro 2: Clasificación Botánica	20
Cuadro 3: Diferencia entre el cacao Criollo y el Forastero.....	23
Cuadro 4: Rendimiento promedio de cacao según edad de la plantación ,.....	31

INDICE DE ANEXOS

DESCRIPCIÓN ANALISIS ESTADISTICOS DE LAS EVALUACIONES.....	57
--	----

DEDICATORIA

A Dios: A quien nos ha regalado la vida, creador del universo, por su amor y misericordia, por concedernos ver este sueño realizado, desde lo más profundo de nuestro ser; agradecemos al todopoderoso.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): A esta honorable academia educativa por mantener sus puertas abiertas y alojarnos en sus aulas, para nutrirnos del pan de la enseñanza y poder así convertirnos en ciudadanos productivos para nuestra sociedad.

Para los maestros: Por su dedicación en impartir la enseñanza que nos ha dotado de los conocimientos para convertirnos en buenos profesionales.

Nuestro asesor de tesis: Profesor Alejandro Maria Núñez, por su empeño y responsabilidad en la conducción de la metodología para la ejecución de esta investigación.

Mis padres por ayudarme abrir nuevas puertas, fueron la luz que me ayudo a poder decir este triunfo es tu yo bien gracias, por siempre estar dispuestos sin poner condiciones, apoyándome en este logro.

Mi esposo: Lucilo De La Cruz por ser la primera motivación de seguir adelante, ser tan pacientes, amoroso, comprensivo en cada momento que necesitaba de tu ayuda mil gracias

A mis hijos: Suleidy, Evelin y Estalin por ser la razón de mi vida, por darme la fuerza para vencer los obstáculos.

Ana Lidia Veras

DEDICATORIA

A Dios: por haberme dado las fuerzas y sabiduría para continuar luchando por este sueño que hoy es una realidad.

Mis padres: Francisco Batista y Juana Francisca Paulino, por siempre guiarme por el camino del bien y por apoyarme de manera incondicional en cada etapa de mi vida. Este sueño ha sido posible gracias a ustedes.

A mis hermanos: Leocadio, Juan Carlos y Yesenia, por brindarme su apoyo en los momentos que más los necesite.

A mi sobrino: Lewis porque eres una pieza muy importante en el motor que me impulsa a dar lo mejor de mí.

Mi abuela: Paulina Marcelino: porque durante todos los días de su vida se dedicó a aconsejarme y guiarme por el mejor de los caminos.

A mis compañeros de estudio y trabajo de tesis: por el gran valor de responsabilidad que mostraron en cada proyecto realizado.

Para mi asesor: Ing. Alejandro María Núñez, por su apoyo, motivación y enseñanza durante todo el proceso.

Finalmente, dedico este logro a todas y cada una de las personas que aportaron un granito de arena para que este sueño se hiciera realidad. gracias.

AGRADECIMIENTO

Nuestro divino Dios: Gracias, mi porque nada se logra sin tu presencia y por permitirme lograr uno de mis más grandes sueños, que es el de ser Ing. Agrónomo.

A mi madre, Francisca Antonio Ulloa: por siempre confiar en mí y guiar cada uno de mis pasos, de no ser por ti yo no estaría en este mundo cumpliendo esta gran meta.

A mi padre, José Antonio Jiménez, por siempre estar ahí para mí en las buenas y en las malas, cumpliendo tu rol de padre cuidador y responsable, muchas gracias por ser mi guía y por regalarme la vida.

Mis hermanas: Josefina Jiménez Antonio y Miguelina Jiménez Antonio por siempre apoyarme y animarme en que sí podía lograrlo.

A mi hija: María Altagracia Jiménez por ser mi motor y motivación a ser alguien útil para la sociedad.

Para esas personas especiales: José Josías Guzmán, por estar siempre ahí, cuando más lo necesité. Alexa Karina Hernández Peña porque gracias a ti pude concluir todas las asignaturas en el modo virtual y presencial, gracias fuiste parte, para obtener este título.

A Sigfredo Arnaldo Rodríguez: porque en su momento pude contar con usted.

Mis tíos: Félix Ulloa, Vicente Antonio Ulloa, por sus sabios consejos y por confiar en que sí se puede, siempre me ayudado a cumplir la meta de ser profesional. Mi tía Milay, por confiar en mí y hacerse cargo de mi hija, para que yo fuera a la universidad.

Los amigos de siempre: Marcia Suárez, Margaret Suárez, Marisol Antonio, Yudelka Monegro, Keury Sebastián Vásquez, por nunca dejarme sola en este proyecto de estudios.

Mis amigas: Ana Meidy Almonte Peña y Rocío García por tu apoyo incondicional y por abrirme las puertas de tu casa. Por siempre motivarme a ser mejor y estar siempre dispuestas a colaborar. Adela, porque no fueron una ni dos las veces que me quitaste el hambre y no sabes cuánto te lo agradezco.

Mis compañeros de grado: por confiar en mí.

En especial a los maestros: Alejandro María Núñez, Glenny López, Leocadia Sánchez, Margarita Cruz, Lucilo de la Cruz, por siempre motivarme, apoyarme y darme sus consejos. Por ser buenos maestros con sus estudiantes y por sus enseñanzas, que sin duda alguna serán de suma importancia para nuestro futuro profesional.

María Francisca Jiménez Antonio

A Dios: A quien nos ha regalado la vida, creador del universo, por su amor y misericordia, por concedernos ver este sueño realizado, desde lo más profundo de nuestro ser; agradecemos al todopoderoso.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): A esta honorable academia educativa por mantener sus puertas abiertas y alojarnos en sus aulas, para nutrirnos del pan de la enseñanza y poder así convertirnos en ciudadanos productivos para nuestra sociedad.

Para los maestros: Por su dedicación en impartir la enseñanza que nos ha dotado de los conocimientos para convertirnos en buenos profesionales.

Nuestro asesor de tesis: Profesor Alejandro Maria Núñez, por su empeño y responsabilidad en la conducción de la metodología para la ejecución de esta investigación.

Mis padres por ayudarme abrir nuevas puertas, fueron la luz que me ayudo a poder decir este triunfo es tu yo bien gracias, por siempre estar dispuestos sin poner condiciones, apoyándome en este logro.

Mi esposo: Lucilo De La Cruz por ser la primera motivación de seguir adelante, ser tan pacientes, amoroso, comprensivo en cada momento que necesitaba de tu ayuda mil gracias

A mis hijos: Suleidy, Evelin y Estalin por ser la razón de mi vida, por darme la fuerza para vencer los obstáculos.

Ana Lidia Veras

DEDICATORIA

A Dios: por haberme dado las fuerzas y sabiduría para continuar luchando por este sueño que hoy es una realidad.

Mis padres: Francisco Batista y Juana Francisca Paulino, por siempre guiarme por el camino del bien y por apoyarme de manera incondicional en cada etapa de mi vida. Este sueño ha sido posible gracias a ustedes.

A mis hermanos: Leocadio, Juan Carlos y Yesenia, por brindarme su apoyo en los momentos que más los necesite.

A mi sobrino: Lewis porque eres una pieza muy importante en el motor que me impulsa a dar lo mejor de mí.

Mi abuela: Paulina Marcelino: porque durante todos los días de su vida se dedicó a aconsejarme y guiarme por el mejor de los caminos.

A mis compañeros de estudio y trabajo de tesis: por el gran valor de responsabilidad que mostraron en cada proyecto realizado.

Para mi asesor: Ing. Alejandro María Núñez, por su apoyo, motivación y enseñanza durante todo el proceso.

Finalmente, dedico este logro a todas y cada una de las personas que aportaron un granito de arena para que este sueño se hiciera realidad. gracias.

DEDICATORIA

Nuestro divino Dios: Gracias, mi porque nada se logra sin tu presencia y por permitirme lograr uno de mis más grandes sueños, que es el de ser Ing. Agrónomo.

A mi madre, Francisca Antonio Ulloa: por siempre confiar en mí y guiar cada uno de mis pasos, de no ser por ti yo no estaría en este mundo cumpliendo esta gran meta.

A mi padre, José Antonio Jiménez, por siempre estar ahí para mí en las buenas y en las malas, cumpliendo tu rol de padre cuidador y responsable, muchas gracias por ser mi guía y por regalarme la vida.

Mis hermanas: Josefina Jiménez Antonio y Miguelina Jiménez Antonio por siempre apoyarme y animarme en que sí podía lograrlo.

A mi hija: María Altagracia Jiménez por ser mi motor y motivación a ser alguien útil para la sociedad.

Para esas personas especiales: José Josías Guzmán, por estar siempre ahí, cuando más lo necesité. Alexa Karina Hernández Peña porque gracias a ti pude concluir todas las asignaturas en el modo virtual y presencial, gracias fuiste parte, para obtener este título.

A Sigfredo Arnaldo Rodríguez: porque en su momento pude contar con usted.

Mis tíos: Félix Ulloa, Vicente Antonio Ulloa, por sus sabios consejos y por confiar en que sí se puede, siempre me ayudado a cumplir la meta de ser profesional. Mi tía Milay, por confiar en mí y hacerse cargo de mi hija, para que yo fuera a la universidad.

Los amigos de siempre: Marcia Suárez, Margaret Suárez, Marisol Antonio, Yudelka Monegro, Keury Sebastián Vásquez, por nunca dejarme sola en este proyecto de estudios.

Mis amigas: Ana Meidy Almonte Peña y Rocío García por tu apoyo incondicional y por abrirme las puertas de tu casa. Por siempre motivarme a ser mejor y estar siempre dispuestas a colaborar. Adela, porque no fueron una ni dos las veces que me quitaste el hambre y no sabes cuánto te lo agradezco.

Mis compañeros de grado: por confiar en mí.

En especial a los maestros: Alejandro María Núñez, Glenney López, Leocadia Sánchez, Margarita Cruz, Lucilo de la Cruz, por siempre motivarme, apoyarme y darme sus consejos. Por ser buenos maestros con sus estudiantes y por sus enseñanzas, que sin duda alguna serán de suma importancia para nuestro futuro profesional.

María Francisca Jiménez Antonio

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero darle las gracias a Dios por haberme dado la fuerza y la inteligencia necesaria para poder culminar con éxito este importante trayecto de vida.

Mis padres: agradezco el apoyo incondicional brindado a lo largo de este importante camino, por su motivación a continuar a pesar de las circunstancias que se presentaron a lo largo de este proceso, los quiero.

Mis hermanos: de más familiares gracias por siempre estar al pendiente y mostrarme su apoyo y amor incondicional en todo momento, los quiero.

A mi novia: quiero darte las gracias por siempre estar conmigo apoyándome y motivándome días tras días por siempre mostrarme que cuento contigo incondicionalmente sin importar las circunstancias agradezco a Dios por haberte puesto en mi camino.

Las compañeras de tesis, maestros, y asesor gracias por hacer que esté largo proceso fuera más fácil.

Isaías Vásquez

**República Dominicana
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental**

“Sembrando el Oro para Forjar el Futuro el Futuro”



FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES

Escuela de Agronomía

Anteproyecto para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Mención Producción Agrícola

Título: Evaluación de la Floración, Polinización, y Fructificación en Ocho Clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.), Tipo Criollo en Cevicos, Provincia Sánchez Ramírez

Sustentantes: Ana Lidia Veras, Isaías Vásquez, María Francisca Jiménez

Asesor: Ing. Alejandro María Núñez MSc.

Resumen.

República Dominicana se considera uno de los países productores de cacao fino y de aroma. El país ocupa el noveno lugar en la producción mundial y el líder en la producción de cacao orgánico. El cacao (*Theobroma cacao* L.) presenta problemas de incompatibilidad, dependiendo fundamentalmente de la actividad de insectos polinizadores. Se realizó una investigación con la finalidad de cuantificar las flores emergidas, flores fructificadas, flores abortadas y las que llegan a formar frutos cosechables el objetivo de esta investigación fue evaluar la floración, polinización y fructificación en ocho clones de cacao tipo criollo, en la Hacienda La Magdalena en la comunidad de Batero, Cevicos, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. Se evaluaron los clones: IML-9, 11, 16, 18, 20, 32, 79 y 80.

El estudio correspondió a un enfoque mixto, debido a que se recopilaron y se analizaron datos cuantitativos sobre los clones en estudio. En cuanto al diseño, corresponde a un diseño no experimental. Los datos se recolectaron en el campo, en cada

proceso de floración se hicieron cuatro (4) levantamientos de datos, cada 20 días por periodo.

El primer muestreo se realizó durante los meses de diciembre febrero, 2022 y enero, 2023. Se continuó con una segunda toma de datos en los meses de agosto/septiembre, 2023. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico de Infostat, se realizó análisis de varianza, comparación de medias y estadística descriptiva. Los datos se tabularon y se presentan mediante gráficos. Según los resultados se pudo evidenciar que los clones IML-9, IML-32, IML-18 y el IML-11 fueron los que presentan la mayor cantidad de mazorcas cosechable con 115, 113, 116 y 101 mazorcas respectivamente.

Capítulo I. Introducción

República Dominicana se considera uno de los países productores de cacao fino y de aroma. El país ocupa el noveno lugar en la producción mundial y el líder en la producción de cacao orgánico. El cacao (*Theobroma cacao* L.) presenta problemas de incompatibilidad, dependiendo fundamentalmente de la actividad de insectos polinizadores, que aseguren una producción sustentable. (ICCO, 2013).

Esta planta se caracteriza por presentar durante su vida productiva abundantes flores, a lo largo del tronco y ramas, la mayor floración se produce entre los meses de diciembre a enero. Sin embargo, produce flores prácticamente todo el año. No se tiene un conocimiento completo del mecanismo de la polinización del cacao, un rasgo distintivo es la enorme cantidad de flores que se producen en un árbol, pudiendo llegar a 5000 flores en un semestre, de estas, no más del 5 % son polinizadas (Torre, 2012).

En muchas regiones productoras de cacao, los árboles muestran una incompatibilidad superior a 50 %, por lo que existe más floración que producción de frutos. La incompatibilidad del cacao, es más severa que en otros árboles frutales, ya que son pocas las especies de insectos polinizadores y solamente trasladan en cierto tiempo el polen de un árbol a otro (Montoya, 2010).

No obstante, la alta producción de flores de una planta de cacao, muchos materiales presentan el problema de incompatibilidad, que es heredable en forma simple, como cualquier otra característica del árbol. Actualmente los países que cultivan cacao, reconocen y aceptan que sus plantaciones han alcanzado un bajo nivel

de producción, debida una serie de problemas, muchos de ellos causados por el tradicionalismo y los bajos precios (Sarabia 2008)

Es importante la siembra de musáceas dentro de las plantaciones de cacao ya que los mismos son hospederos por excelencia para la avispa *Forcipomyia*. Los polinizadores requieren un hábitat con abundante materia orgánica y buen drenaje, especialmente durante el periodo lluvioso, que conserven humedad durante el resto del año (Batista, 2009).

La población regional de cacao desde el punto de vista del fruto, se representa por los forasteros, criollos y trinitarios, mismos que presentan diferenciación en su desarrollo y producción. Esta variabilidad regional ha favorecido el interés por entender los efectos del ambiente en la floración y fructificación del cacao, con el fin de identificar su dinámica durante estas etapas fenológicas. El estudio de la biología floral permite identificar las diferentes etapas desde la formación de primordios florales hasta la madurez fisiológica del fruto, contribuyendo al conocimiento de la dinámica del crecimiento del fruto (Malgarejo, 2015).

Con la finalidad de determinar el comportamiento de ocho clones tipo criollo se realizó una investigación para evaluar el comportamiento en la floración y fructificación, así como los frutos abortados. En tal sentido se planteó el siguiente objetivo: Evaluar la floración, polinización y fructificación en ocho clones de cacao tipo criollo, en la Hacienda La Magdalena en la comunidad de Batero, Cevicos, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana.

1.1 Antecedentes

El cacao es un cultivo de tipo caulinar, por lo que las flores crecen en el tronco principal, posterior a los dos años de edad de la planta. También crecen en las ramas (Niemenak *et al.*, 2010).

La polinización del cacao es realizada por insectos (entomófila), como consecuencia de las características morfológicas de la flor, dípteros de la familia Ceratopogonidae. Otros importantes en la polinización del cacao son los géneros *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*, son los principales agentes polinizadores del cultivo (Ramos Serrano, 2011).

El género *Forcipomyia* (Diptera: Ceratopogonidae) ha sido reportado en Malasia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Colombia, entre otros países, como el principal polinizador del cacao. Este género incluye varias especies con un tamaño de entre 1 mm y 3 mm de largo, las cuales intervienen de manera efectiva en la polinización de las flores (Alvarado *et al.*, 2018; Saripah & Alias, 2018).

Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, ANECACAO (2019) Ecuador, sólo el 0.1 % del total de flores que un árbol de cacao produce, son fecundadas. Si, además, hay condiciones climáticas desfavorables, la flor no cuaja y se cae. Se instaló un ensayo que permitiera evaluar la eficacia de DISPER Bloom GS como tratamiento para mejorar la viabilidad del polen, su germinación y vitalidad para alcanzar el ovario, la fecundación de los óvulos y el desarrollo de frutos como resultado de una mejor polinización.

Contar con diferentes grupos de polinizadores puede beneficiar la producción de frutos, donde la ganancia dependerá de la tasa de visitas a las flores de los polinizadores, que está determinada por su abundancia y fluctuación en el tiempo y el espacio (Bailes et al., 2015). El desconocimiento del estado real de las poblaciones y los requerimientos ecológicos de estos insectos pueden influir en las medidas y prácticas que desfavorezcan las poblaciones de estos importantes organismos en el cultivo de cacao (Salazar & Torres, 2017). Las flores de cacao permanecen más tiempo durante el período húmedo, lo cual coincide con la época de mayor presencia de poblaciones de polinizadores (Frimpong-Anin et al., 2014).

El cacao trinitario resulta del cruce entre el cacao criollo y el forastero realizado en Trinidad. Se trata de un grupo genéticamente heterogéneo, pues une algunas cualidades aromáticas del criollo con el vigor y la mayor productividad del forastero, ofrece aromas más intensos y un gusto más sabroso que este último sin mostrar toda la intensidad de alguna variedad del criollo (Reyes, 2021).

El cacao criollo comprende árboles delgados. Los frutos son alargados, verdes o rojizos, típicamente presentan una cubierta delgada y esculpada y los granos tienen una calidad superior que el cacao forastero y trinitario. No obstante, el cacao criollo muestra bajos rendimientos y mayor susceptibilidad a plagas. Algunos tipos de cacao criollo se cultivan en Venezuela, el Caribe, Papúa-Nueva Guinea, México y Colombia. Representa del 5 al 10% de la producción mundial (García, 2020).

1.2 Planteamiento del problema

El cacao es uno de los cultivos alimenticios que desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance más lento. Quizás una de las razones se debe a su carácter altamente minifundista y las características de incompatibilidad genética que lo caracterizan (Batista, 2009).

Tal y como señala el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura IICA (2021), en el aspecto de su reproducción en los últimos años el productor está regresando a su etapa de inicio del cultivo, después de la revolución genética, con la recombinación de genes para la obtención de plantas biclonales F1, para mejorar la producción, resistencia a enfermedades y la calidad. Las investigaciones giran de nuevo a la práctica de reproducción asexual por medio de injertos y estacas enraizadas.

El alto costo de la reproducción asexual pone en atención a los más importantes centros de investigación y a la industria del chocolate, buscando tecnologías más adecuadas para la reproducción masiva de plantas y la calidad final del producto. En este aspecto algunos centros han iniciado la propagación del cacao por el método de embriogénesis somática, buscando una producción a gran escala con alta precocidad y rendimiento de las plantas en un tiempo relativamente corto (IICA, 2021).

El auge que experimenta la actividad cacaotera en Latinoamérica está limitado por el grave impacto de las enfermedades y el bajo desempeño de muchas plantaciones debido a razones genéticas y de manejo. El uso de variedades mejoradas en combinación con prácticas agrícolas apropiadas, permiten incrementar la producción y combatir las

enfermedades en forma eficaz, duradera, económicamente rentable y amigable con el ambiente (IICA, 2021).

Esto adquiere particular interés en Latinoamérica en donde el cacao es frecuentemente sembrado por pequeños agricultores de escasos recursos, a veces ubicados en áreas aisladas o muy sensibles a los cambios ambientales. Las variedades mejoradas podrían incrementar el nivel de vida de estos productores y contribuir, a su vez, con un suministro más estable de cacao para la industria, una situación ganar-ganar para las familias productoras, los fabricantes de chocolates y los ecosistemas (Vera, 2018 e IICA, 2021).

Entre las principales limitaciones a la producción de cacao criollo están la incidencia de la enfermedad mazorca negra, el ataque de ratas (*Ratus ratus*), el pájaro carpintero (*Melanerpes striatus*), el exceso de sombra, y el uso de cultivares no bien seleccionados. Una consecuencia inmediata de la estrecha base genética que poseen las variedades comerciales es su gran vulnerabilidad a las enfermedades devastadoras, lo cual fue evidente, por ejemplo, con la aparición de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en Brasil en 1978 (Pereira *et al.* 1996) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) (Evans *et al.*, 2007, Phillips *et al.*, 2006 y Phillips *et al.*, 2007).

Los programas de mejoramiento se han basado en unos pocos genotipos de las series Scavina (SCA), Pound, Nanay (NA), Parinari (PA), United Fruit (UF), Iquitos Mixed Calabacillo (IMC) e Imperial College Selection (ICS) seleccionados en los años 1940-1950, desaprovechando la amplia diversidad genética presente en las colecciones de germoplasma (López *et al.*, 2011).

Se deben realizar investigaciones participativas, que involucren a los productores, para que estos mediante las practicas entiendan el comportamiento que tienen algunos de los clones tipo criollo que actualmente se están cultivando en la provincia. Esta práctica genera experiencias, para poder diseñar estrategias de manejo agronómico y poder elaborar un diseño de producción que pueda mejorar la productividad. La proliferación de cojines florales debería ser un indicativo de producción esperada. Sin embargo, para tener control de la eficiencia en la fructificación hay que cuantificar el porcentaje de flores polinizadas y fructificadas y determinar las flores que llegan a formar frutos cosechables en los clones de cacao tipo criollo. En tal sentido se proponen las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es la relación de producción de flores, flores abortadas y fructificadas en una plantación de cacao tipo criollo?

¿Cuál de los ocho clones tipo criollo evaluados es el que produce la mayor cantidad de flores?

¿Cuál es el porcentaje de flores polinizadas y fructificadas en los ocho clones de cacao tipo criollo?

¿De las flores polinizadas cuántas llegan a formar frutos cosechables (dos meses)?

¿Cuál es la cantidad de mazorcas abortadas por clones?

1.3 Justificación

El subsector cacao es de gran importancia para República Dominicana, pues contribuye con la seguridad alimentaria, ayuda a disminuir la pobreza con la generación de empleos, genera divisas y sobre todo por su aporte a la conservación de los recursos

naturales y el medio ambiente, por lo que la sostenibilidad de este subsector debe ser un desafío para todos los actores de la cadena productiva del cacao, Olivares (2014).

Según la Dirección General de Aduanas (DGA), citado por el departamento de estadísticas, para en el año 2022, el país exportó un total de 68.057,09 toneladas, por un valor de US \$198.303.435,32 de cacao, esto evidencia su gran relevancia para la economía del país; aportando cerca del 8,5 % del PIB de la región.

El cacao clonal o injerto (asexual) ha sido promovido en los últimos 15 años a través de la renovación de fincas tradicionales mediante la injertía en chupones basales con clones locales e introducidos de alto rendimiento, calidad y tolerancia a enfermedades. Este tipo de cacao representa aproximadamente un 10 % de la superficie sembrada de cacao del país (IICA 2018).

En República Dominicana la mayor parte de la producción de cacao proviene de pequeñas fincas de menos de 5 hectáreas (ICCO, 2012). Los ingresos económicos en su mayoría no solo provienen de la producción de cacao sino también de otras actividades como otros cultivos agrícolas, el comercio, negocio propio y trabajos ocasionales.

Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao ANECACAO en Ecuador, (2019), sólo el 0.1 % del total de flores que un árbol de cacao produce, son fecundadas. Si, además, hay condiciones climáticas desfavorables, la flor no cuaja y se cae. Esta es una de las razones por la que se hace necesario seguir realizando investigaciones que pudieran resolver dicha deficiencia productiva.

Tomando en consideración el levantamiento realizado por Laville y Matos (2020), en su tesis *Análisis de las Exportaciones de Cacao a China* apoyado en las relaciones comerciales con República Dominicana, el propósito final de este estudio fue analizar cómo la República Dominicana puede convertirse en el principal exportador de cacao para la República Popular China, haciendo uso y tomando ventajas de los acuerdos establecidos. Este mercado es de gran interés para el futuro de la cacaocultura dominicana, ya que existe una brecha que garantiza la puesta en marcha de políticas para el aumento de la productividad del cacao y la generación de divisas para la estabilidad económica del sector.

La polinización no es un factor limitante en la producción, sino que, al revés, usualmente hay un número en exceso de mazorcas fecundadas, esto es controlado por un fenómeno que hace que algunas mazorcas se marchiten formando el “cherelle wilt” o frutos marchitos, esto regula el número de frutos en el árbol. En casos en que existe una buena cantidad de mazorcas desarrollándose en el árbol, la floración tiende a disminuir y en algunos casos la floración se suspende por completo (Johnson, 2008 y Acebey, 2022)

En tal sentido se pretende realizar una investigación con el propósito de dar respuesta a las causas, de la baja productividad del cacao clonal tipo criollo, establecido en la hacienda La Magdalena del distrito municipal de Cevicos, sección de Batero, provincia Sánchez Ramírez, así como también, de conocer cómo se comporta la productividad con relación a la floración y fecundación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la floración, polinización y fructificación en ocho clones de cacao tipo criollo, en la Hacienda La Magdalena en Batero, Cevicos, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana.

1.4.2 Objetivos específicos

- Contabilizar las flores emergidas en ocho clones de cacao tipo criollo.
- Cuantificar el porcentaje de flores polinizadas y fructificadas en los ocho clones de cacao tipo criollo.
- Determinar las flores que llegan a formar frutos cosechables.
- Cuantificar cantidad de mazorcas abortadas por clones.

1.5 Variables e Indicadores

Cuadro 1: Variables e indicadores que sirven de parámetro realizar las evaluaciones sobre el porcentaje de flores emergidas, fecundadas y fructificadas, así como también los frutos abortados, en la Hacienda la Magdalena de Batero provincia Sánchez Ramírez.

Objetivos	Variables	Indicadores
Determinar las flores emergidas en ocho clones de cacao tipo criollo.	Cantidad de flores emergidas	Cuantificación de flores emergidas
Cuantificar el porcentaje de flores polinizadas y fructificadas en los ocho clones de cacao tipo criollo.	Flores polinizadas y fructificadas	Cantidad de Flores polinizadas y fructificadas

Determinar las flores que llegan a formar frutos cosechables (dos meses).	Las flores que llegan a formar frutos cosechables	Porcentajes de las flores que llegan a formar frutos cosechables
Cuantificar cantidad de mazorcas abortadas por clones.	Mazorcas abortadas	Cantidad de Mazorcas abortadas

1.6 Alcances y límites de la investigación

Campo: producción agrícola

Área: producción de cacao

Aspecto: floración y fructificación del cacao

1.6.1 Delimitación espacial: el presente proyecto de investigación se realizó en la Hacienda La Magdalena en Batero, Distrito Municipal de Cevicos, provincia Sánchez Ramírez; con la finalidad de cuantificar las flores emergidas, flores polinizadas, los abortos y fructificadas y las flores que llegan a formar frutos cosechables de los siguientes clones tipos criollo: IML-9, IML-11, IML-16, IML-18, IML-20, IML-32, IML-79 y IML-80.

1.6.2 Delimitación temporal: El período de evaluación comprende desde febrero 2023 a diciembre 2023, la toma de muestras fue durante los meses de marzo-septiembre 2023.

Capítulo II: Revisión de Literatura

1.7 Generalidades.

El árbol que da de cacao es una planta perenne tropical endémica de la región del Amazonas que pertenece a la familia Malvaceae. Constituye una de las plantas de mayor cultivo y valor comercial en las regiones tropicales del mundo por ser su fruto base de procesamiento industrial para la obtención de diversos productos de confitería, de grasas en la industria de los cosméticos y de la medicina (Beg *et al.*, 2017).

El cacao es una planta con una altura media de 6 m que puede alcanzar hasta 20 m. Las hojas son lustrosas hasta de 30 cm de longitud y su pigmentación varía desde un verde claro hasta un violeta oscuro. Las flores son pequeñas y rosas que se forman en el tronco y en las ramas más viejas (cauliflor). El cacao florece todo el año, pero existen variedades que solo lo hacen en cierta época (Rodríguez *et al.*, 2022).

El cacao criollo comprende árboles delgados. Los frutos son alargados y rojizos, típicamente presentan una cubierta delgada y esculturada y los granos tienen una calidad superior que el cacao forastero y trinitario. No obstante, el cacao criollo muestra bajos rendimientos y mayor susceptibilidad a plagas. Esta forma de cacao es originaria de Sudamérica, pero se domesticó en México y Centro América y se conoce como híbrido de cacao dulce. Algunos tipos de cacao criollo se cultivan en Venezuela, el Caribe, Papúa-Nueva Guinea, México y Colombia. El 5-10 % de la producción mundial de cacao se origina de la forma criollo (Rodríguez *et al.*, 2022).

En relación a la demanda de cacao, el aumento es significativo desde hace años y se espera que continúe debido en particular a la industria del chocolate. Solo entre los años 1961 y 2014 la demanda aumentó un 72 %, alcanzando los 4,3 millones de toneladas, y se prevé un crecimiento del 8,1% desde 2014 hasta 2022 (ICCO, 2018).

Según el Ministerio de Agricultura (2018), en el país el cultivo de cacao comprende unas 40 mil unidades productivas, cultivadas por 36 mil productores, beneficiando de manera indirecta unas 400 mil personas. Desde el punto de vista de aporte a la ecología y el medio ambiente, los cacaotales cubren un 13 %, del área de cubierta forestal 13 por ciento de la cubierta boscosa, generando servicios ambientales como generadores de agua, consumidores de dióxido de carbono, hábitats para la fauna silvestre, entre otros. La distribución de este cultivo está concentrada en 35 municipios, de las regiones: Nordeste, Este, Central, Norte, Norcentral, Línea Noroeste y Sur.

Se ha comprobado que, aunque las flores de cacao se hayan polinizado con éxito y hayan fructificado, no todas crecerán para dar frutos de cacao maduros. Se estima que hasta un 80 % de estos se marchitan y toman una coloración negra, lo que permite la colonización por patógenos, si la mazorca permanece en el árbol (Claus *et al.*, 2018).

Garantizar la protección de los servicios de polinización en el cacao es esencial para el rendimiento del cultivo, ya que este afecta de forma indirecta los ingresos de los agricultores y en consecuencia, se requiere una comprensión de la ecología de los insectos, los factores que sustentan su dinámica poblacional junto con la resistencia de sus poblaciones en diferentes ambientes y regiones. Se debe procurar el incremento de la

población de polinizadores reflejada en polinización efectiva que se manifieste en frutos y rendimiento mayores a los reportados (Arnold *et al.*, 2018; Claus *et al.*, 2018).

Un grupo de investigadores de varias universidades hallaron los residuos más remotos de una bebida preparada a base de cacao, localizados en una vasija de cerámica, encontrada durante las excavaciones realizadas en el sitio sagrado del Cerro Manatí, Veracruz, dentro de la zona nuclear Olmeca (Soria, 2000; Attolini, 2011).

El cacao forastero también llamado amazónico o amelonado fue domesticado después que el criollo. Es el más producido actualmente con un 95% de participación mundial aproximadamente. Es originario de las partes altas de la cuenca del Amazonas y se considera más precoz, vigoroso y de mayor resistencia a las enfermedades (Reyes, 2021).

2.1 Condiciones del cultivo

El cacao se cultiva en el trópico, principalmente entre las latitudes 10°N y 10°S, a altitudes por debajo de los 294 m, y en condiciones de elevada humedad y calor. La temperatura media diaria varía desde los 18 a 30°C y la precipitación mínima anual suele ser de 1500 mm. Los suelos son en su mayoría de tipo arenosos con una profundidad media de 1,5 m, lo que favorece el buen desarrollo radicular. Se trata de suelos con un pH que varía entre 5 y 7,5, con alto contenido de materia orgánica (3,5 % en los últimos 15 cm de suelo) y ricos en potasio y nitrógeno (Badrie, et al 2015).

Según Aprotosoie *et al.*, (2016), el cacao crece en climas cálidos y húmedos, llega a medir hasta 10 m de altura, florece durante todo el año (sin sequías o variaciones de temperatura muy marcadas). La fruta se desarrolla entre 5 y 6 meses, tiene

aproximadamente 25 cm de largo, de 8- 10 cm de diámetro y pesa de 300-400 g. La fruta contiene de 35-50 semillas, acomodadas de 5-8 filas juntas (Augstburger *et al.*, 2000).

2.1.1 Taxonomía y Morfología del Cacao

El cacao es una planta de ciclo perenne, posee 20 cromosomas y su polinización es cruzada en un 98%, su propagación puede ser sexual (semilla) o asexual (ramillas) (INIAP AMAZONIA, s.f.). El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América, su centro de origen se cree estar situado en el Noroeste de América del Sur, en la zona amazónica (Acebey, 2022).

2.1.2 Diversidad varietal

En general se habla de tres variedades de cacao: Criollo (el de buen sabor), Forastero (el más popular) y Trinitario (un híbrido). Muchos libros editados antes del año 2009 incluían esta división, y todavía la mayoría de sitios web y otros escritos, replican la misma información. Sin embargo (Motamayor, 2008), gracias a varios estudios genéticos donde se examinaron más de 1200 muestras recolectadas entre 1937 y 2008, se ha ampliado el conocimiento en torno al tema. Las conclusiones llevaron a plantear una nueva clasificación del cacao en 10 grupos o variedades genéticas: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guiana; los nombres fueron asignados a partir de la ubicación geográfica o del cultivar tradicional más representativo del grupo.

Hoy día, el 95 % de las plantaciones de cacao siguiendo la clasificación tradicional, son del tipo Forastero Amazónico y Trinitario; el restante 5% pertenece al tipo Criollo (Badrie et al., 2015; ICCO, 2018). La calidad del cacao que se produce en el país, es de las mejores a nivel internacional; destacándose que el 40 % del cacao de producción nacional puede ser vendido como “fino”, de acuerdo al comité especializado de la Organización Internacional del Cacao, con la potencialidad de llegar a 70 %. República Dominicana fue incluida en el selecto grupo de 15 países del mundo reconocidos como productores de cacao gourmet (ICCO, 2018).

2.1.3 Tronco y ramas

El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones, ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con 3 a 6 ramillas; al conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o ramificaciones viejas (Cilas, Chirstian & Batista, 2001).

2.1.4 Biología de la flor

Una planta de cacao puede producir en promedio 4554 ± 687 botones florales en seis meses, en el cual se puede obtener un porcentaje de polinización efectiva que pueda formar y desarrollar un fruto de solo 5.2% (Vera, 2018). En general el cacao se poliniza por medio de insectos, se han identificado algunas mosquitas del género *Forcipomyia* y algunos otros insectos en menos cuantías que actúan como polinizadores (Johnson, 2008).

La flor del cacao según Zambrano (2013) es hermafrodita, pentámera de ovario súpero esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por 5 sépalos, el Androceo conformado por 10 filamentos de los cuales 5 son fértiles (estambres) y los otros 7 son infértiles (estaminoides), el gineceo (pistillo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos, dependiendo del genotipo.

La polinización del cacao es estrictamente entomófila para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. En horas de la mañana al día siguiente la flor está completamente abierta. Las anteras cargadas de polen abren y están viables (disponibles y funcionales), casi inmediatamente por un periodo aproximado de 48 horas, esta es la única etapa disponible para la polinización, donde muchos insectos actúan como agentes principales de polinización especialmente una “mosquita” del género *Forcipomyia*, los demás agentes son de menor importancia (Zambrano, 2013).

Cuando las condiciones de temperatura y humedad son propicias, hay floración durante casi todo el año. No obstante, hay etapas de floración máximas y mínimas, fácilmente identificadas, pero se carece de información precisa sobre los factores que controlan los periodos de floración en el cacao (Peña, 2003).

Del gran número de flores que produce un árbol de cacao menos del 5% es fecundado y llega a desarrollarse como fruto, debido esencialmente a dos factores: el primero, es muy frecuente que la planta sea autoincompatible y consecuentemente necesita de polen extraño para su fecundación; y, segundo, se refiere a los mecanismos de

polinización que son poco eficientes. Este último depende de los agentes de transmisión de polen, la estructura floral y su biología (León, 2008).

Si una flor no es polinizada se cae en el lapso de 24 horas y una característica considerable de la planta en ciertas estaciones es la gran pérdida de botones florales. Un árbol totalmente desarrollado puede producir en un año más de 10.000 flores, de las cuales solo de 10 a 150 consiguen producir y desarrollar frutos maduros (Córdoba, 2011).

Las flores se inician a abrir por la tarde y en las primeras horas de la mañana siguiente, emiten polen y presentan estilos receptivos, pero la estructura de los cojinetes florales impide la autopolinización, debido a que las anteras son recurvadas hacia fuera y están rodeadas por las conchas de los pétalos y separadas del pistilo por los estaminoides (CONABIO, 2016).

La polinización es la transmisión del polen al estigma de otra planta, logrando la fecundación del óvulo y la generación de un nuevo fruto. El ciclo de la producción de cacao, desde la polinización hasta el fruto maduro (listo para cosechar) es, en condiciones normales, de cinco a seis meses. La polinización hace posible la fecundación, y por lo tanto la producción de frutos y semillas (De la Cruz, 2017).

2.1.5 Semilla

Las semillas son de forma oblonga y puede variar mucho en el tamaño, algunas en la parte más larga son redondeadas como en el caso del cacao tipo Criollo y del Nacional de Ecuador, otras son bastante aplanadas como en el caso de los Forasteros, el color de la semilla también es muy variable desde un blanco ceniciento, blanco puro, hasta un

morado oscuro y todas las tonalidades, también permite diferenciar algunos genotipos (Enríquez, 2010) Citado por Untuña (2014).

2.1.6 Fruto

El fruto del cacao es el resultado de la maduración del ovario de la flor fecundada. En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan; son llamados frutos paternocarpicos. Dentro de su clasificación Botánica el fruto de cacao es una drupa, normalmente conocido como mazorca tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo de la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor variando según tipo y especie (Álvarez, 2010; Zambrano, 2013).

Los frutos del cacao Criollo son puntiagudos, de superficie rugosa, y cáscara delgada, aunque también pueden ser lisos y de forma pentagonal. El color de los cotiledones es blanco o ligeramente púrpura debido a la ausencia o baja concentración de antocianinas (Badrie *et al.*, 2015).

Los frutos del cacao Forastero tienen ápice obtuso y superficie lisa; la forma varía entre oblonga y amelonada. Los granos son pequeños, aplanados y los cotiledones tienen un color púrpura. Además, tienen un sabor fuerte (amargo y astringente) y mayor contenido de grasa que los del tipo Criollo, lo que los hace más atractivos en el mercado (Badrie *et al.*, 2015).

Los frutos de cacao del tipo Trinitario son de cáscara resistente como el forastero y de sabor suave como el Criollo, tienen una cáscara semirrugosa y su forma suele ser ovalada de ápice agudo, acuminado u obtuso. Los cotiledones son de color rosado o púrpura claro, de sabor menos amargo y astringente que los del tipo forastero (Álvarez, Pérez & Lares, 2012).

2.1.7 Clasificación Botánica del Cacao

Según Enríquez (20017), la clasificación botánica del cacao es como sigue:

División	Espermatofita
Clase	Angiosperma
Sub-clase	Dicotiledónea
Orden	Malvales
Sub-orden	Malvinas
Familia	Esterculiácea
Tribu	Bitneria
Género	Theobroma
Especie	Cacao

Fuente: Batista L. (2009). Guía Técnica: El Cultivo de Cacao

2.2 Manejo agronómico de la producción del cacao

2.2.1 Exigencias en Clima y Suelo

2.2.2 Exigencias en clima

Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia. A estos se le unen el viento y la luz o radiación solar. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra. La humedad relativa también es importante, ya que puede contribuir a la propagación de algunas enfermedades del fruto. Estas exigencias climáticas han hecho que el cultivo de cacao se concentre en las tierras bajas tropicales (Johnson, 2008).

2.2.3 Temperatura

El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C, es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. Las temperaturas extremas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incremente la temperatura (León, 2008).

De acuerdo a Olivares (2014), la temperatura determina la formación de flores. Cuando ésta es menor de 21 °C la floración es menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas sean inferiores a 22 °C.

2.2.4 Agua

El cacao es una planta sensible a la sequias, pero también al encharcamiento por lo que se precisará de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos (Soria, 2018).

2.2.5 Viento

Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortinas rompe vientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen alrededor de las cercas donde estas establecido el cacao (Felipe, 2019).

2.2.6 Sombreamiento

El cacao es un cultivo típicamente umbrátil. El objetivo del sombreamiento al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar. Cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el porcentaje de sombreado hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para que estas alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas (Pinzón, 2008).

La actividad para producción de cacao en la República Dominicana se realiza utilizando un sistema SAS. Para iniciar la fomentación del cultivo se utilizar la sombra provisional que regularmente es una planta de Musácea. Para la sombra temporal y definitiva se utilizan las leguminosas como el Piñón cubano y la Amapola. Otras especies de sombra que otorgan beneficios económicos son los maderables, Roble Cedro, Caoba, Melina) y/o frutales (cítricos, Aguacate, zapote, Buen pan, Castaño de granos, entre otros. (María, *et al.*, 2018)

Exigencia de suelo.

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. Esta capa se degrada muy rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa. Por ello es común el empleo de plantas leguminosas o de otras especies, auxiliares que proporcionen la sombra provisional necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo (Eskes, *et al.*, 2001).

Cuadro 3: Diferencia entre el Cacao Criollo y el Forastero

Diferencias	Criollo	Forastero
Árbol	Débil y pequeño	Robusto y grande
Hojas	Grandes, color verde oscuro	Pequeñas, color verde claro
Mazorcas	Forma cundeamor y angoleta	Amelonado y calabacillo
Cáscara	Fina y suave	Gruesa y dura
Superficie	Rugosa	Lisa
Almendras	Blancas, violeta pálido (rosado) y de forma redondeadas	Pigmentadas, violeta oscuro y de forma aplanada
Plagas	Susceptible	Tolerantes

Sabor	Fino	Ordinario
Adaptación	Pobre y limitada	Muy buena.

Fuente: Batista L. (2009). Guía Técnica: El Cultivo de Cacao.

2.3 Características de los clones de cacao

2.3.1 Clon

Un clon es un material genético uniforme que deriva de un individuo propagado sólo por medios vegetativos. El concepto de clon no significa que todas las plantas de un mismo individuo sean idénticos fenotípicamente iguales en todas sus características. El comportamiento de una planta depende de la interacción genotipo – ambiente, en consecuencia, una planta varía: la apariencia, la producción, frutos o almendras de acuerdo con el clima, suelo, agua, enfermedades u otras causas (Rúales *et al.*, 2011).

La reproducción vegetativa tiene importancia en la cacaocultura, ya que la composición genética (genotipo) de la mayoría de los clones es altamente heterocigoto y algunas plantas no expresan las características deseadas al ser propagadas por semilla. Además es una técnica que permite mantener el vigor y las características genética de dicha planta (Sánchez, 2005).

La reproducción vegetativa por medio de injerto es una práctica común en las plantaciones, debido a las ventajas que brinda, como la homogeneidad de la plantación y la precocidad en la floración y fructificación. Así, por ejemplo, en el caso de México, se recomienda injertar sobre patrón franco de IMC-67 o bien de la variedad amelonado (Enríquez, 2017).

Trujillo (2004) recomienda contar con diferentes variedades de cacao en una misma plantación para elegir los mejores clones tolerantes a enfermedades y plagas, también, mezclar variedades con diferente sabor y aroma, combinar diferentes clones de calidad y producción, para mantener un rendimiento superior a 1000 kg de cacao por hectárea y por último facilitar la polinización de las flores y la formación de un mayor número de frutos. El mismo autor señala que, para mayor número de frutos, es necesario promover la polinización de las flores, favorecer la población de insectos polinizadores, que crecen en desechos de frutos como el cogollo de banano y cáscaras de cacao y sobre todo considerar el grado de compatibilidad en la mezcla de las variedades de cacao en cada plantación.

2.3.2 Principales clones de cacao en Sánchez Ramírez

Se han caracterizado nueve variables, por considerarlas de mayor importancia, para que los productores puedan hacer la selección de su material de siembra de manera apropiada a los sistemas de producción particulares. Las variables son: Tipo genético, compatibilidad, color del fruto, color de los cotiledones, índice de mazorca, número de semillas por fruto, índice de semilla y rendimiento. Queda pendiente realizar la evaluación sensorial a cada genotipo (Cilas, Chirstian & Batista, 2001).

CONACADO (2018). La caracterización de estos clones de alto rendimiento y buenos atributos de calidad ha surgido de las experiencias obtenidas durante cinco años de establecimiento, desarrollo y seguimiento a 8 parcelas demostrativas instaladas en dos de las sucursales, (Nagua y Cotuí) en las que se ha validado las bondades de los siguientes clones: ICS-95, ICS-39, ICS-40, ICS-60, ICS-1, UF-221, UF-613, UF-667, UF-296, ML- 22, ML-105, ML-106, IML-44, IML-11.

2.4 El cultivo del cacao

Aunque el cacao inicia su producción al tercer año de edad, la productividad comercial se considera rentable a partir del quinto año. El rendimiento de los árboles está en función de la calidad genética del material de siembra, el tipo de suelo, las condiciones del medio ambiente del lugar, y el manejo en sentido general (Enríquez, 2017).

La densidad de siembra que se ajusta a las condiciones del país y que se han validado en investigaciones es la de 3 x 3 metros, esto equivale a 70 plantas por tarea, (1,120 plantas por hectárea). Se calcula un promedio de 35 semillas por mazorca. El índice de semilla calculado es 1.3 promedio (1.3 gramos por cada semilla seca) la producción efectiva corresponde a 95% del total de plantas/ta, 66 plantas por tarea (Enríquez, 2017).

En el cacao la transferencia del polen es muy delicada, porque la flor parece estar diseñada por naturaleza para obstruir la polinización, no para favorecerla. Cada flor abierta está prácticamente diseñada para impedir que los insectos polinizadores alcancen el polen que se encuentra en los cinco grupos de anteras que tiene la flor (CONABIO, 2016).

El polen de estas flores permanece viable durante tres días. Las flores están receptivas durante las primeras horas de la mañana y estas comienzan a abrirse gradualmente por la tarde continuando por la noche hasta quedar completamente abierta justo antes del amanecer. Sin embargo una porción muy grande de estas flores no es polinizadas y caen al cabo de 48 horas (Peña, 2003).

2.4.1 La Polinización

La FAO (2009), afirma que la polinización efectiva es el tiempo durante el cual la flor es capaz de cuajar un fruto en condiciones no limitantes de polinización. Se define como la diferencia entre la longevidad de los óvulos y el tiempo entre la polinización y la fecundación. Condicionado por:

- a) **Receptividad del estigma:** la receptividad del estigma es la capacidad para recibir el polen, permitir que se adhiera, se hidrate y germine. El estigma es la puerta de entrada del polen a las plantas con flores. Este tejido se sitúa en el extremo de los pistilos y actúa atrapando el polen, permitiendo la polinización y fertilización de las semillas y la reproducción.
- b) **Cinética del tubo polínico:** El tubo polínico es una prolongación en forma de tubo que emiten los granos de polen luego de aterrizar en los estigmas de las flores y que actúa como un transporte de los gametos masculinos desde el grano de polen hasta el óvulo. Cuando los granos de polen alcanzan un estigma compatible y maduro, desde cada uno de ellos se genera un tubo polínico que crece hacia el interior del estigma penetrando en los tejidos del estilo. En su crecimiento el tubo polínico obtiene alimentos de las células que forman el estilo.
- c) **Desarrollo de los óvulos:** Los óvulos, primordios o rudimentos seminales nacen sobre las placentas, situadas en la cara interna del carpelo. Son de tamaño reducido, de pocos milímetros, y generalmente de forma ovoide, de allí su nombre. Cada óvulo consta de un cuerpo de tejido compacto, la nucela y un pie, el funículo, que lo une a la placenta. El rudimento seminal, también llamado óvulo, es la célula reproductiva de la planta que se forma en el ovario y que contiene en

el saco embrionario a la oosfera (o gameto femenino), las células sinérgicas, las células polares y las células antípodas.

2.4.2 Enfermedades del cacao

Las enfermedades en el cultivo de cacao causan más pérdidas al agricultor que los insectos, llegando a causar pérdidas de hasta el 80% de la producción del cacao. Algunas de ellas pueden destruir las mazorcas de una plantación como la monillia y la mazorca negra, otras enfermedades pueden destruir o matar las plantas susceptibles como el mal de machete y mal de talluelo, por lo tanto, para los cacaoteros es de mucha importancia realizar un buen control de enfermedades ya que pueden ocasionar grandes pérdidas económicas por la disminución de los rendimientos.

2.4.3 Mazorca negra

Esta enfermedad es causada por microorganismos del complejo *Phytophthora* siendo el *Phytophthora palmivora* el más común en Centro América. Este puede atacar todos los tejidos de las plantas como cojinetes florales, chupones o brotes tiernos y plántulas en viveros, causando una mancha color café tabaco a nivel de las hojas nuevas; también es responsable del cáncer del tronco y raíces, pero el principal daño lo ocasiona en los frutos (Infocacao, 2017).

De acuerdo con algunas investigaciones realizadas por Infocacao (2017), las pérdidas a nivel mundial se estiman en unas 450,000 TM de cacao a causa de esta enfermedad, producida por el hongo *Phytophthora sp.* Se han reportado adicionalmente, al menos seis especies como agentes causales de esta enfermedad y de los cuales *P. palmivora* y *P. megakarya* son las especies más importantes en el mundo.

La resistencia genética parece ser la mejor solución; sin embargo, es a largo plazo y los científicos mejoradores en cacao se han concentrado en hacer mejoramiento para aspectos de rendimiento y resistencia a moniliasis. En Honduras a través del Programa de Cacao y Agroforestería del FHIA, se han introducido diferentes materiales genéticos de tipo Trinitario y Forastero con niveles diversos de productividad y resistencia a enfermedades. Además, a través de las investigaciones realizadas se ha logrado identificar la resistencia y susceptibilidad a la mazorca negra de los 40 cultivares comerciales disponibles en el FHIA (Infocacao, 2017).

2.4.4 Buba de puntos verdes

La Buba del Cacao (*Albonectria rigidiuscula* = *Fusarium decemcellulare*) es una sintomatología muy variada que se manifiesta en forma de hiperplasias, hipertrofias, tumoraciones y desorganizaciones meristemáticas en el tronco y en las ramas de las plantas, afectando principalmente los cojines florales (Reyes y Capriles 2000). Causa disminución de la producción de frutos y se encuentra distribuida en casi todos los países productores de cacao del mundo. La misma puede presentarse como puntos verdes, floral, abanico, perilla, lobular y disco (Moya & Borbón, 2015).

De acuerdo a Moya y Borbón (2015), la Buba de puntos verdes son tumoraciones globosas formadas por agrupamiento de yemas verdes, compactas, caedizas, con aspecto de coliflor, que se unen a la planta por un pedúnculo central corto y leñoso. La floral se caracteriza porque los cojines florales presentan en su periferia un gran número de flores de aspecto normal. Una sola buba puede producir varios cientos de flores en una estación. En la Buba de abanico los cojines florales presentan ramas alargadas las cuales tienen

muchas ramificaciones, entrenudos cortos y gruesos. Sobre estos entrenudos nacen miles de flores que se agrupan en forma de abanico.

2.4.5 Escoba de bruja

Es un basidiomiceto que provoca descensos notables en la producción del cacao en las áreas donde se ha establecido; el hongo afecta sólo tejidos en rápido desarrollo, como brotes vegetativos, cojines florales, hojas y frutos en los cuales produce crecimientos anormales. La planta de cacao con cojines y brotes muy afectados se debilitan progresivamente y se hacen improductivos (Pérez, 2009).

El hongo causa drástica reducciones en el rendimiento, pudiendo afectar entre 50 y 80% de la producción, según las condiciones ambientales y la susceptibilidad de los árboles (Suárez y Delgado, 1993). Según el Catálogo Internacional del Cultivo de Cacao, frente a la reacción a *Crinipellis perniciosus* se considera resistente al EET -400; siendo tolerante el JCS-95. Mientras que los clones ICS-6, JCS-1, UF-29, POUND-7, POUND-12, SCA-12, IMC-67 fueron susceptibles. La resistencia fue reportada inicialmente en trinidad, donde los clones SCA-6 y SCA-12 fueron considerados resistentes y valiosos superior; esta resistencia es de sus progenies (Reyes y Capriles 2000, citado en Moya & Borbón, 2015)

2.4.6 Moniliasis

La moniliasis es causada por el hongo (*Moniliophthora roreri*). El origen de la enfermedad ha sido estudiado por varios autores, algunos creen que su centro de origen está en Ecuador y que de ahí pasó a Colombia, Perú, Bolivia y a algunos lugares de Venezuela. En Panamá se la ha encontrado recientemente al sur del Canal (Evans et al. 2003; Enríquez, 2004). Es uno de los principales factores limitantes en esta región.

Causa pérdidas altamente significativas, hasta del 70% o más de la cosecha, si no se controla adecuadamente. Cuando aparecen los primeros síntomas externos de la enfermedad en forma de mancha color chocolate ya todos los granos y tejidos están afectados (Pérez, 2009 y Sánchez *et al.*, 2012).

Bajo condiciones húmedas crece sobre la superficie de la mancha color café, una especie de felpa dura y blanca de micelios de Moniliasis que puede cubrir la totalidad de la mancha, y sobre el micelio se produce gran cantidad de esporas. Desde la penetración superficial de las hifas hasta la aparición de los primeros síntomas transcurren aproximadamente de seis a diez semanas, una vez que todos los tejidos han sido consumidos se produce la pudrición y momificación del fruto (Estrella, *et al.*, 2012).

El ciclo del patógeno dura entre cincuenta y sesenta días, desde la infección hasta completar la esporulación (Arévalo *et al.* 2004). Se puede considerar dos ciclos diferentes dependiendo si el inóculo llega a las mazorcas sanas a partir de frutos con infecciones recientes o de frutos infectados de ciclos anteriores que quedan momificados en el árbol (Yáñez, 2008).

Capítulo III Metodología

3.1 Ubicación del experimento y descripción del lugar

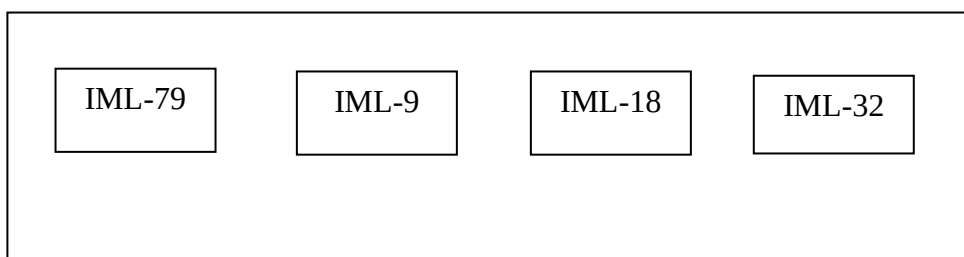
La investigación se realizó en la Hacienda La Magdalena, ubicada en Batero, Cevicos, provincia Sánchez Ramírez. Geográficamente, la sección de Batero se encuentra ubicada entre las latitudes: 19, Longitud: -69.98, 19° 0' 0" Norte, 69° 58' 48" Oeste (Ver figura 1) a una altitud de 101 m. (Google Earth, 2023) en la provincia Sánchez Ramírez, la cual se encuentra ubicada en la región Cibao Sur: 19°04'N 70°09'W. Forma parte del Valle de la Vega Real y se encuentra próximo a la Sierra de Yamasá.

Figura 1: Ubicación Hacienda la Magdalena



Fuente: Google Earth; 2023

Croquis: ubicación de los clones de cacao, evaluados y su disposición en el campo, en la Hacienda La Magdalena, de la comunidad de Batero, municipio de Cevicos, provincia Sánchez Ramírez.





Se realizó una visita a la Hacienda La Magdalena en Batero, donde se seleccionaron los clones de cacao tipo criollo que fueron evaluados. Para este trabajo de investigación fueron seleccionados ocho (8) clones de la selección local del IDIAF, dispuesto en líneas con un marco de plantación 3 x 3 con calles que separan los diferentes campos de 4 x 4 m. Estos clones están en producción, plantados en dicha hacienda y corresponde a los siguientes: IML-16, IML-9, IML-11, IML-18, IML-20, IML-32, IML-79, e IML-80.

3.2 Diseño y tipo de investigación

El estudio correspondió a un enfoque mixto, debido a que se copiaron y se analizaron datos cuantitativos sobre los clones en estudio. En cuanto al diseño, corresponde a un diseño no experimental, porque en este estudio se cuantificó la floración, las flores fecundadas, los frutos desarrollados y abortados. El estudio es de tipo descriptivo ya que los datos se recolectaron sin hacer variar las condiciones del entorno ni la manipulación de variables Westreicher (2021).

3.3 Materiales

Para la identificación de cada clon evaluado, se utilizaron cintas impermeables de colores. El color azul para el clon 32, marrón para el clon 16, el mamey para el clon 11, verde lumínico para el clon 18, el negro para el clon 20, morado para el clon 9, verde oscuro para el clon 79 y amarillo para el clon 80. Se utilizaron placas metálicas para la identificación grupal de clones, grapadora, contadores manuales, libretas de apuntes, formularios, computadora y lupas.

3.4 Recolección de los datos

Los datos se recolectaron en el campo, en cada proceso de floración se hicieron cuatro (4) levantamientos de datos, cada 20 días por periodo. El primer muestreo se realizó durante el periodo de diciembre 2022 a enero, 2023. Se continuó con un segundo muestreo en los meses, agosto y septiembre, 2023. El primer conteo correspondió a la floración de la cosecha mayor y el segundo para la cosecha menor o cosecha de invierno. En cada momento se realizaron conteos de las flores que emergieron, flores caídas, flores que fructificaron, las abortadas y las que sostuvieron frutos y se desarrollaron.

3.5 Análisis de los Datos

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico de Infostat se realizaron estadística descriptiva. Los datos se tabularon y se presentan mediante gráficos.

Capítulo IV

4.1 Resultados y Discusiones

Los resultados del análisis de Varianza (ANDEVA) y la Comparación de Medias de las variables número de flores, flores fecundadas y frutos abortados se describen a continuación, de acuerdo a los resultados encontrados. Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si al menos se encontraban dos grupos diferentes entre sí; la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad en la distribución de los datos. También, la prueba de Tukey con el fin de comparar las medias individuales provenientes de un análisis de varianza de varias muestras. (Ver anexos).

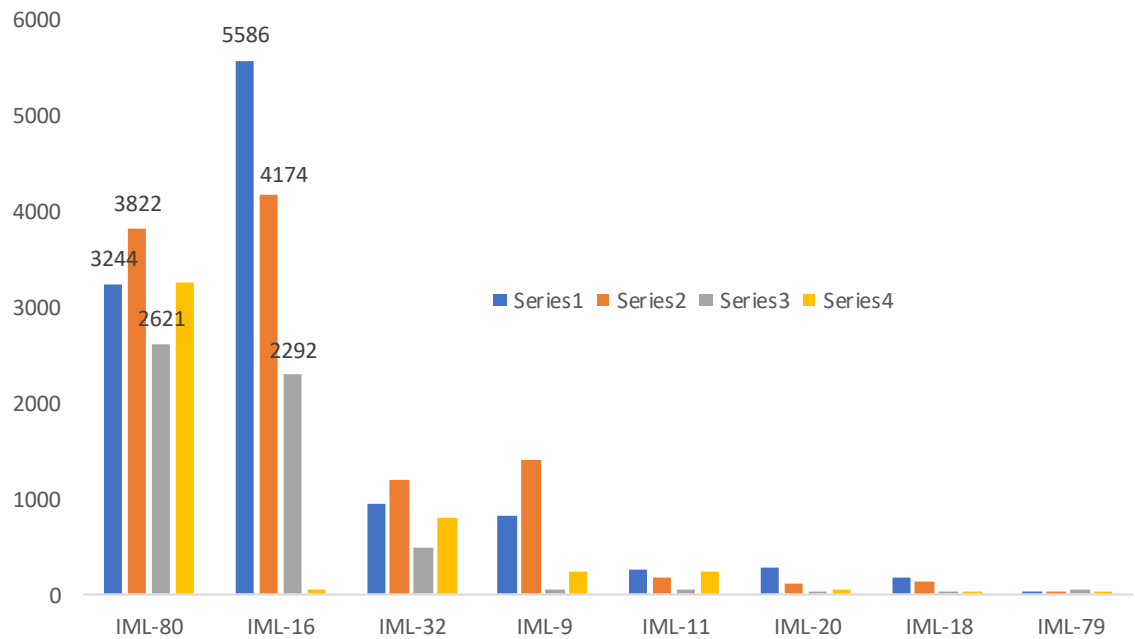


Gráfico 1: Flones emergidas por clones según evaluación

En el grafico 1 se observa que los clones IML-16, IML-80, fueron los que se registraron un mayor porcentaje de floración en la primera y segunda evaluación. Sin embargos se puede evidenciar que los clones IML-18 y 79 presentaron el índice más

bajo de botones florales. Los demás clones mantuvieron un comportamiento con altas y bajas, pero sin mucha dispersión en las cuatro evaluaciones

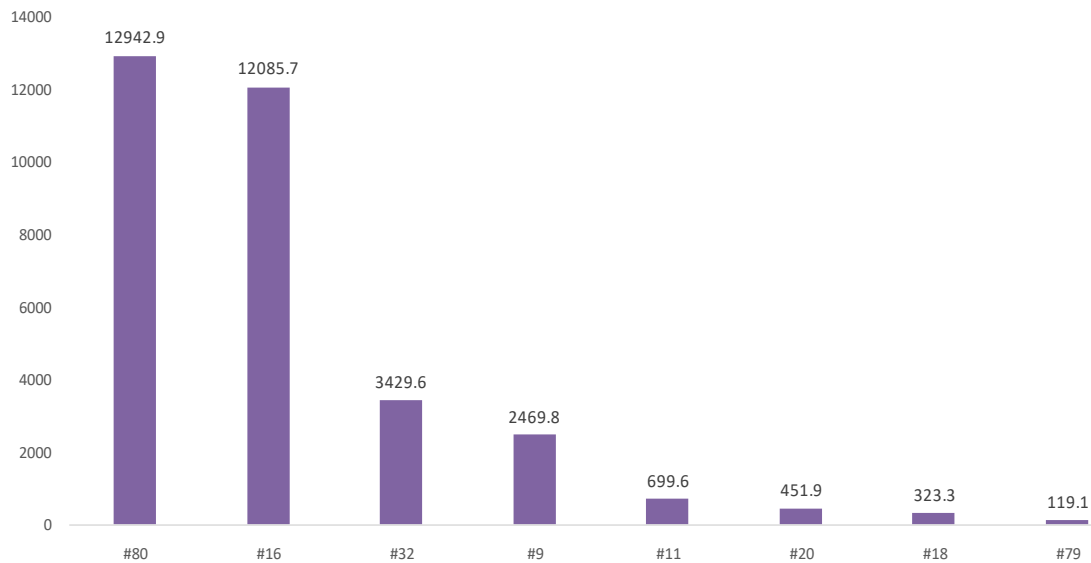


Grafico 2 : Total de flores emergidas en los diferentes clones durante las cuatro evaluaciones

Los resultados que se pueden apreciar en el grafico 2 indican que el clon IML-80 fue el produjo la mayor cantidad de flores con 12943. También se observa que el clon IML-16, produjo unas 12086 flores. Hay que destacar que el clon que produjo la menor cantidad de flores fue el IML-79, con 119 flores.

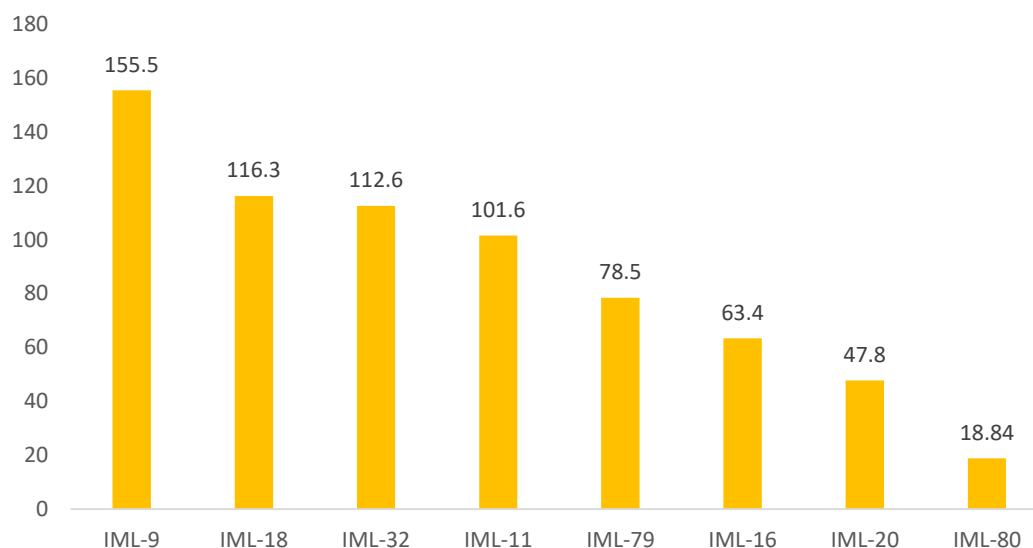


Grafico 3: Total de frutos por clones al final de las evauaciones

Como se puede observar en el grafico anterior los frutos formados por clones según en al final de las evaluaciones. La mayor formación de frutos se encontró en el clon IML-9 con un total de 155. Otros clones que se pudieron distinguirse por la cantidad de frutos son el IML-18 y el IML-32. La menor producción de frutos formados la obtuvo el clon IML-80. Varios investigadores han señalado que no existe una auto compatibilidad absoluta que alcance al 100 %. Ellos asumen que la caída de flor y aborto de pepinillos, no solo depende de los genes precursores de la incompatibilidad sino también de la influencia del medio ambiente y su fisiología (Mazeira, 2013)

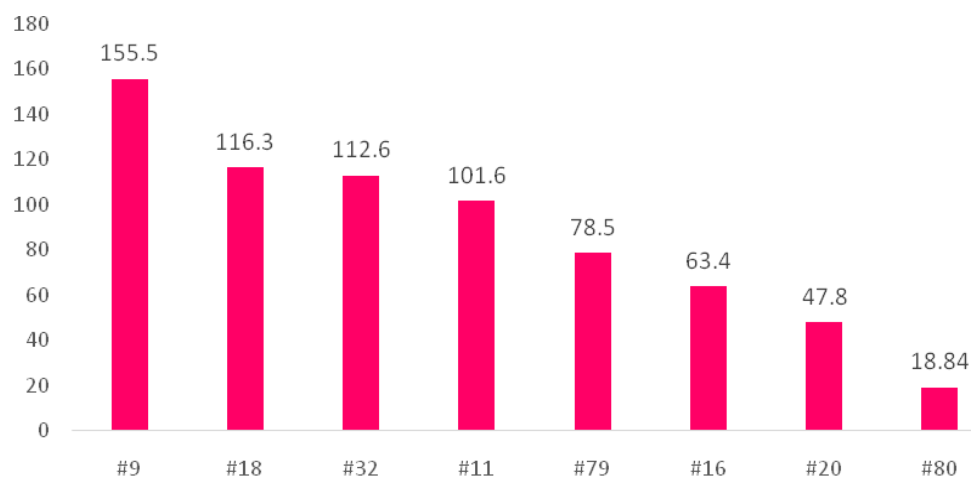
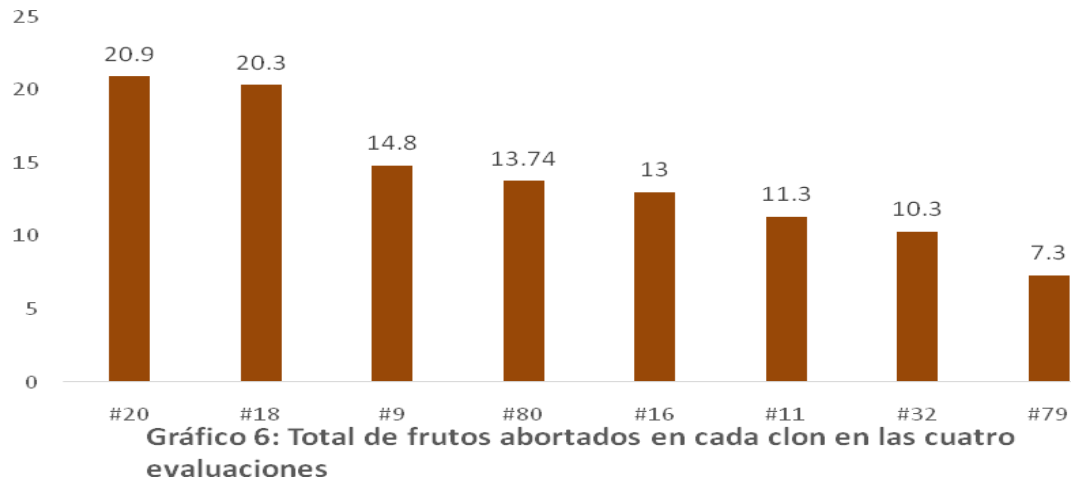


Grafico 4: Total de frutos formados por clones al final de las evaluaciones

Según se puede observar en el grafico 4 al final de las evaluaciones la mayor cantidad de frutos la presenta el clon IML-9 con un total de 155.5 pepinillos. El clon IML- 18, es el que le sigue con una de 116 pepinillos. Se debe destacar que el clon con menor producción fue el ML-80. Coincidiendo con los valores de las evaluaciones individuales.



Según la figura 6 se puede observar que al final de las cuatro evaluaciones los clones que presentaron los menores porcentajes de frutos abortados fueron el IML-29. Seguido del IML-32, con siete (7) y 10 frutos abortados. En contraposición a estos clones se encuentra el IML-20 y 18 quienes presentaron los valores más altos de frutos abortados 21 y 20 respectivamente.

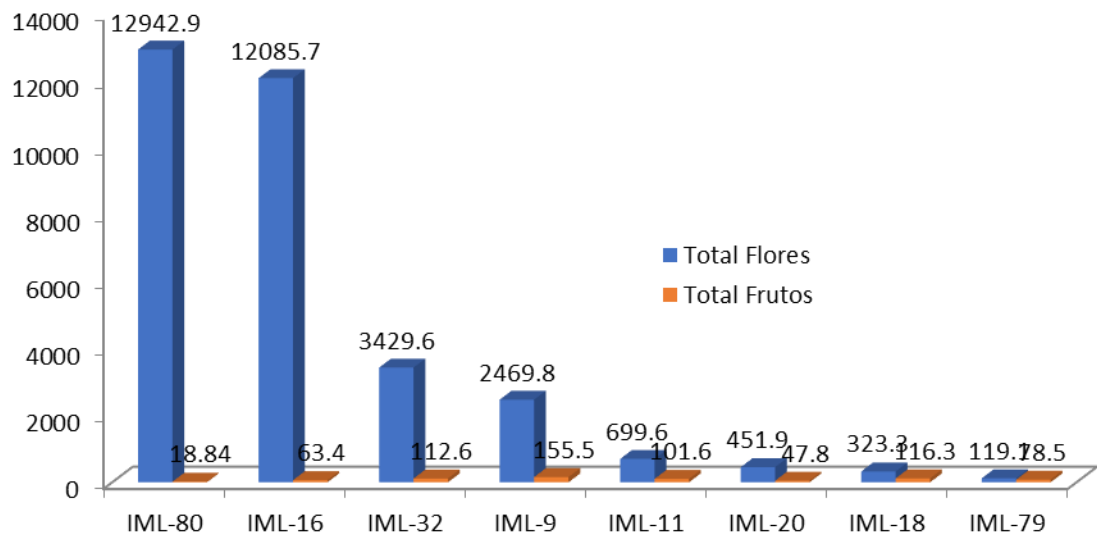


Grafico 8: Comparación entre flores brotadas por clones y fecundadas

En el Gráfico se muestra que los clones de cacao IML– 80 y 16 fueron los que produjeron la mayor cantidad de flores, no obstante, esto no se pudo reflejar en una respuesta igual para la producción de frutos. Se puede confirmar que los clones IML-9, 32 y 11 son los que presentan una baja floración; sin embargo, el proceso de polinización y fecundación de las flores fue mucho más efectivo que en los demás clones. Por este motivo fueron los que conservaron la mayor cantidad con 156, 113 y 102 frutos por clones.

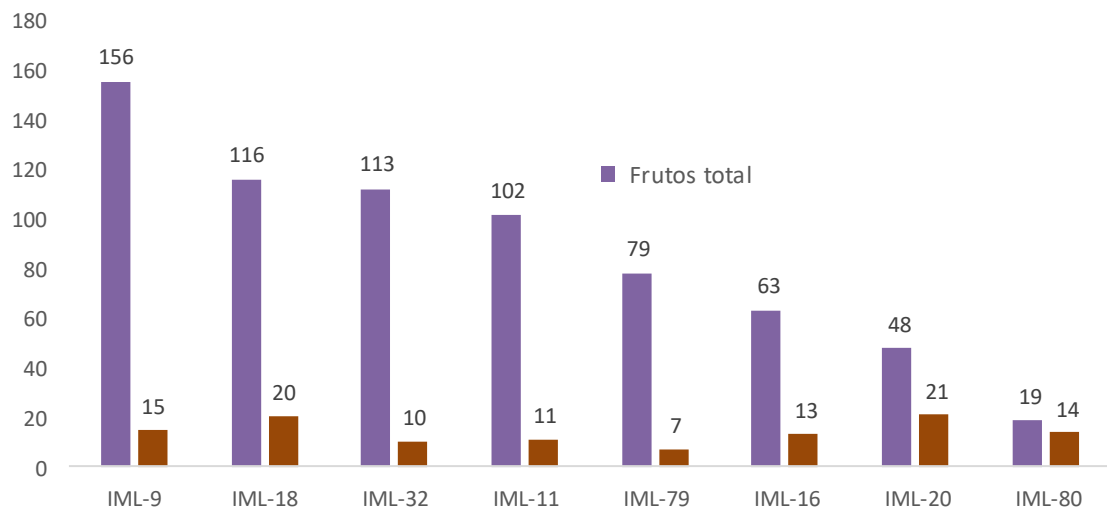


Gráfico 7: Comparativo entre frutos emergidos y frutos abortados por clones

En el Gráfico 7 se observa que la relacion entre el total de flores fecundadas y frutos abortados se puedes evidenciar en este grafico, observando que el clon IML-9 es el que produjo mayor cantidad de frutos, con 155 flores fecundadas, es estadísticamente superior a los demas clones al final de las evaluaciones. En esta oportunidad se evidencia tambien que los clones IML-18, 32 y 11 tambien tuvieron un buen desempeño en la produccion con 155, 116, 113 y 102 frutos respectivamente.

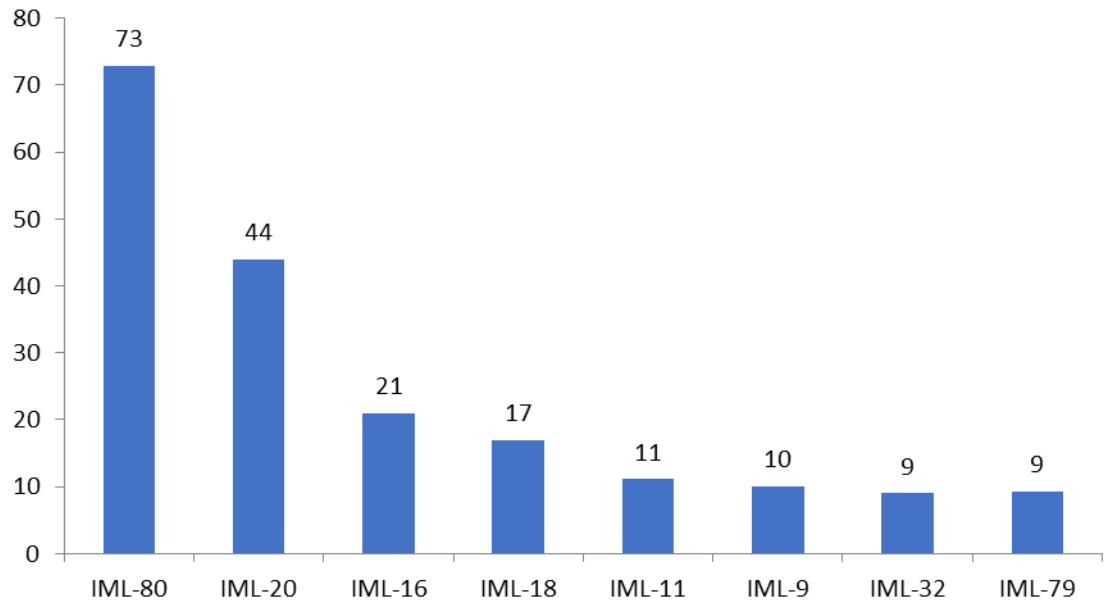


Grafico 9: Relacion % de frutos abortados por clones en el total de evaluaciones

Como se puede observar en el grafico 9 donde se presenta el porcentaje de frutos abortados; en el mismo se evidencia que el clon IML-80 y IML-20 presentan el mayor índice de frutos abortados con 73% y 44%. Así mismo se puede notar que los clones IML-9, IML-32, IML-9 e IML-11 presentan los mejores valores de frutos que se pudieron cosechar. Estos hallazgos coinciden con (Castro *et al.*, 2017). En un trabajo realizado con el clon CCN – 51, sembrado en un arreglo agroforestal en Perú, se encontró que el 79 % de las flores se desprendieron del tallo, el 15 % lograron la apertura, un 7 % consiguió cuajar y solo el 1 % llegó a mantener el fruto.

Conclusiones

Los clones de cacao criollo que se están evaluando y que se encuentran en la Hacienda La Magdalena, municipio de la provincia Sánchez Ramírez; presentan en conjunto baja productividad,

Los clones que presentan los niveles más bajos de producción fueron los de mayor cantidad de frutos abortados en especial los clones IML- 18, 20 y 32.

Se puede confirmar que los clones IML-9, 32 y 11 son los que presentan la más baja floración; sin embargo, el proceso de polinización y fecundación de las flores fue mucho mayor que en los demás clones.

La producción del cacao depende de la polinización entomófila, donde la avispa *Forcypomia* es la que tiene a su cargo el trabajo de la polinización. Su estructura morfológica favorece la penetración en las flores de cacao que en su gran mayoría se encuentran distribuidas en el tallo de las plantas.

Existen factores asociados a la polinización del cultivo de cacao dentro de los que se incluyen labores agronómicas para una floración efectiva, factores climáticos como la precipitación, temperatura, radiación y el manejo de la cobertura del suelo; un suelos con mucha materia orgánica en descomposición generan un ambiente favorable para la entomofauna asociada con la polinización de la flor del cacao.

Recomendaciones

Se recomienda realizar otras evaluaciones en el tiempo y el espacio, con otros grupos de investigadores, para descartar la influencia del cambio climático en el comportamiento de la floración y fructificación.

Hacer pruebas de compactibilidad sexual entre los clones para eficientizar la polinización y la fructificación.

Hacer práctica de manejo agronómico tendente a eficientizar la población de polinizadores para el cacao.

Capítulo V Bibliografía

- Alvarado Aguayo, A., Carrera Maridueña, M., & Morante Cajilema, J. (2018). Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. *DELOS. Desarrollo Local Sostenible*, 11(33), 1–12. <https://www.eumed.net/rev/delos/33/cultivo-cacao.html>.
- Acebey, G. y Rodríguez, A. (2022). Manual sobre el manejo post-cosecha del cacao. CONACADO. República Dominicana.
- Arnold, S. E. J., Bridgemohan, P., Perry, G. B., Spinelli, G. R., Pierre, B. Murray, F., Haughton, C., Dockery, O., Grey, L., Murphy, S. T., Belmain, S. R., & Stevenson, P. C. (2018). The significance of climate in the pollinator dynamics of a tropical agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.013>.
- Álvarez C., Tovar L, García H., Morillo F., Sánchez P., Girón C. y De Farias A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
- Álvarez, C., Pérez, E., Cros, E., Lares, M., Assemat, S., Boulanger, R., & Davrieux, F. (2012). The use of near infrared spectroscopy to determine the fat, caffeine, theobromine and (–)-epicatechin contents in unfermented and sun-dried beans of Criollo cocoa. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20(2), 307–315.
- ANECACAO Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, El cacao es más que un grano, es tradición ecuatoriana, felicidad y bienestar, Ecuador, (2019).
- Aprotosoia, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor chemistry of cocoa and cocoa products-nn overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>.
- Arévalo, E; Zúñiga, L; Adriazola, J. (2004). Cacao: Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana. ICT. Chiclayo, Perú. 184 p.

- Attolini, L.A. 2011. Cuentas, dares y tomares del cacao: delicia, convite, rito mesoamericano. Aspectos antropológicos. Revista Digital Universitaria INAH 12(4):1-22.
- Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., & Streit, C. (2000). Cacao. Agricultura orgánica en el trópico y subtrópico. Disponible en: <http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cacao.pdf> (accedido 28.10.2016).
- Badrie, N., Bekele, F., Sikora, E., & Sikora, M. (2015). Cocoa Agronomy, Quality, Nutritional, and Health Aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55(5), 620–659. doi.org/10.1080/10408398.2012.669428.
- Bailes, E. J., Ollerton, J., Patrick, J. G., & Glover, B. J. (2015). How can an understanding of plant–pollinator interactions contribute to global food security? Current Opinion in Plant Biology, 26, 72–79. <http://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.06.002>.
- Batista, L. (2009). El cultivo de cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Recuperado de <https://www.virtualpro.co/biblioteca/el-cultivo-de-cacao>.
- Beg, M. S., Ahmad, S., Jan, K., & Bashir, K. (2017). Status, supply chain and processing of cocoa - A review. doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007.
- Bradeau, J. (2018). El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Traducido al español por A.M. Hernández G.-P, Maisonneuve et Larouse. París. Editorial Blume, Barcelona.
- Castro M. C. P., Tenazoa P. N. M., Velazco C. E. V., & Pinto I. E. S. (2017). Evaluación de la fenología reproductiva y dinámica de producción del cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CC-51. Big Bang Faustiniiano, 6(1).
- Cilas, Chirstian y Batista, Lépidio. (2001). Evaluación y Propuesta sobre el Material Cultivado. En: Estudio de Factibilidad. Proyecto Piloto de Mejoramiento de la Producción y Comercialización del Cacao en República Dominicana. Informe SOFRECO-

- ECOCARIBE-CIRAD. Santo Domingo.
- CONABIO. (2016). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad..
Theobroma cacao L. [Online].; 2010 [cited 2016 Enero Lunes. Available from:
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info/especies/arboles/doctos>.
- CONACADO, (2018). Sistematización de parcelas demostrativas La experiencia del en la
implementación de un paquete técnico en 8 parcelas
- Córdoba. (2011). Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto
sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción
en Bocas del Toro, Panamá. Tesis Magister Scientiae en Agricultura Ecológica.
Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,
Escuela de Posgrado.
- Claus, G., Vanhove, W., Van Damme, P., & Smagghe G. (2018). Challenges in cocoa pollination:
The case of Côte d'Ivoire. In P. W. Mokwala (Ed.), Pollination in plants. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.75361>.
- De la Cruz, J. (2017). Estudio de fluctuaciones de polinización de cacao por las mosquitas
Forcipoya spp. Pag. 1-17 Palmira, Colombia.
- Dirección General de Aduanas (DGA), (2022). Ministerio de Agricultura de la República
Dominicana. Departamento de Economía Agropecuaria y Estadísticas. Recuperado de
[https://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/exportaciones-
agropecuarias-2-exportaciones-agropecuarias-totales-y-por-producto/](https://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/exportaciones-agropecuarias-2-exportaciones-agropecuarias-totales-y-por-producto/).
- Dostert, Nicolas, Roque, José, Cano Asunción, La Torre, María I. Weigend, Maximilian y
Luebert, Federico (2012), Hojas y botánica del Theobroma cacao L.
- Enríquez, G. A. (2017) Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Enriquez, G. A. (2004). Cacao orgánico, Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54.
INIAP. Quito, EC. 360 p.

- Estrella G. E. y Cedeño A. J. (2012) “Medidas de control de bajo impacto ambiental para mitigar la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cacao híbrido Nacional x Trinitario en Santo Domingo de los Tsáchilas.”: Santo Domingo – Ecuador.
- Eskes, A. B. and Lanaud, C. (2001). Cocoa. In: Tropical Plant Breeding, pp. 78–105, Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S., Nicolas, D., Eds., Science Publishers Inc.: Plymouth & CIRAD, Montpellier.
- Evans, H. C. (2007). Cocoa diseases - the trilogy revisited. *Phytopathology* 97.
- Evans, H. C. Holmes, KA; Reid, A. P. (2003). Phylogeny of the frosty pod rot pathogen of cocoa. *Plant Pathology*. pp 476 - 485.
- FAO. (2009). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Polonización un servicio del ecosistema. [Online].; 2008 [cited 2009 junio 06. Available from: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s06.pdf>.
- Felipe, D. (2019) Cultivo y Explotación del Cacao Grupo Latino. 1a ed. México. pp. 47.
- Frimpong-Anin, K., Adjaloo, M. K., Kwapong, P. K., & Oduro, W. (2014). Structure and stability of cocoa flowers and their response to pollination. *Journal of Botany*, 2014, Article 513623. <https://doi.org/10.1155/2014/513623>.
- García J.M. (2020) Caracterización Morfológica en la zona productora de cacao tipo Nacional, en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador.
- Hardy F. (2000). Manual de cacao. Edición en español. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Pág. 380 Turrialba, Costa Rica.
- IICA 2021, el cacao, un cultivo clave que mantiene la República Dominicana como uno de los países líderes en la exportación de productos orgánicos en el mundo. Consultado en Ministerio de Agricultura <http://www.dominicanaonline.org>
- Infocacao (2017). Reconociendo los síntomas y signos de la mazorca negra. Recuperado <chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/http://www.fhia.org.hn/descargas/>

proyecto_procacao/infocacao/InfoCacao_No13_Jul_2017.pdf.

INIAP AMAZONIA, (s.f.) Unidad de recursos. Manual N° 76. S.p Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA, 2021). El cacao, un cultivo clave que mantiene la República Dominicana como uno de los países líderes en la exportación de productos orgánicos en el mundo.

International Cocoa Organization (ICCO), (2012). Pagina web: <https://icco.org/> International Organization for Standarization (ISO 2018). Cocoa beans - Specification (ISO 2451). Ginebra: Organización Internacional de Normalización.

Johnson, James M., Bonilla, Julio C., Agüero Castillo, Liana Leon, Manual de Manejo y Producción del Cacaotero, Nicaragua, September (2008).

Laville Inoa, A. E. y Fiallo Matos, D. (2020). Análisis de la exportación del cacao a china apoyado en las relaciones comerciales con República Dominicana.

León, J. (2008). Botánica de los cultivos tropicales. Tercera Edición San José, Costa Rica: Agroamérica del IICA.

López, M. S. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L.

María, N. A, González, E. J., Ventura, L. M., Rodríguez, O. (2018). Guía técnica para el Mejoramiento y Productividad del cultivo de Cacao en la República Dominicana, Segunda Edición. Consejo Nacional de Investigación Agropecuarias y Forestales, CONIAF:

Mazeira, H.F.E. (2013). Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca. Tesis Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo - Ecuador. 53 p.

Melgarejo L.M. (2015). Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPASS, 304 páginas.

- Ministerio de Agricultura, informe final de año cacaotalero, producción y comercialización del cacao Departamento del Cacao, (2018).
- Montoya, B. J. (2010). Comparación de un grupo de clones de cacao tipo nacional vs el CCN-51 bajo condiciones de secano en la zona de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias, 51p Universidad Agraria del Ecuador. Guayas. Ecuador.
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., López, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2008). Domesticación y origen del cacao cultivado por los Mayas.
- Moya y Borbón (2018). Situación de la Buba (*Albonectria rigidiuscula* *Fusarium decemcellulare*) del cacao (*Theobroma cacao* L.) en fincas de San Francisco de Macorís, República Dominicana.
- Olivares, M. F. (2014). El Cacao Introducción y Fomento en la República Dominicana. Producción sostenible de cacao en República Dominicana (Fase 1).
- Peña, J. E. (2003). Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. No. 67.
- Pérez, J. (2009). Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Disponible en: http://www.worldcocoaoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/perezzuniga2009.pdf.
- Phillips, M. W.; Aime, M. C. and Wlkinson, M. J. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. Plant Pathol.
- Phillips, M. W.; Coutiño, A.; Ortiz, G. F.; López, A. P.; Hernández, J. and Aime, M. C. (2006). First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. Plant Pathol.

- Pinzón, U. J. O. y Rojas, A. J. (2008). Guía técnica para el cultivo del cacao. Tercera (Ed.). Bogotá, Colombia. Fedecacao.
- Ramos Serrano, R. M. (2011). Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productividad y diversidad de especies del dosel [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro Sula]. Repositorio de la Universidad San Pedro Sula. <https://bit.ly/3KRUHyM>.
- Reyes, L., (2021). Tipos de cacao. Recuperado de <https://carmenlucia.gt/tipos-de-cacao>.
- Rodríguez, V. N. D., Chávez, R. B., Gómez, C. I., Vásquez, M., M., Estrada, S. P. (2022) .El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante fermentación. Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Mexico.
- Rúales M. J. L, Burbano H., Ballesteros W. (2011). Efecto de la Fertilización con Diversas Fuentes Sobre el Rendimiento de Cacao, (*Theobroma cacao* L.),
- Sánchez E. F. L., Parra D., Gamboa E y Rincón J. (2005). Rendimiento de una Plantación Comercial de Cacao ante Diferentes Dosis de Fertilización con NPK en el Sureste del Estado Táchira, Venezuela.
- Sánchez, F., & Garcés, F. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans. en el cultivo de cacao. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: Artículo científico de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Sarabia W. (2008). “Diagnóstico sobre la rehabilitación y recuperación de la capacidad productiva de huertas tradicionales de cacao (*Theobromacacao* L.). Tesis Ing. Agr. Milagro, Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador. 20p
- Saripah, B., & Alias, A. (2018). The use of transferable breeding container for population enrichment of pollinator, *Forcipomyia* spp. in the Cocoa Ecosystem. *Journal of Advanced*

- Agricultural Technologies, 5(3), 245–251. <https://doi.org/10.18178/joaat.5.3.245-251>
- Soria S. (2018). La polinización del cacao por las mosquitas *Forcipomya* spp. (Dipera, Ceratopogonidae). Palmira, Colombia.
- Soria, J. (2000) Breve Historia del Cultivo de cacao en el Ecuador.
- Torre, L, 2012. Producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Monografía, Ing. Agr. Cuenca, Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad De Cuenca. 9p.
- Trujillo. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo Criollo, Forastero y Trinitario.
- Untuña E. L. (2014) quien evaluó los Niveles de Fertilización Empleando. SUMICOAT II en la Producción de Clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Vera BT. (2018). Manual del cultivo del cacao. Estación Experimental Tropical Pichilingue Quevedo, Ecuador.
- Westreicher, G. (2021). Diseño experimental. Econipedia. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/disenio-experimental.html>.
- Yáñez, M. V. del R. (2008); Control Biológico de *Moniliophthora roreri* en el campo mediante el uso de bio preparados a base de *Pseudomonas cepacia*, *Bacillus subtilis* en cacao Tenguel 25 (EET 103). Tesis M.Sc. Escuela Politécnica del Ejército. Magíster en Ciencias del Control Biológico. Sangolquí, EC. pp 83.
- Young, A. M. (2008). El árbol del chocolate, una historia natural del cacao. Cultura y Agricultura.
- Zambrano, M. (2013). Evaluación de tres métodos de propagación clonal, bajo dos tipos de cubierta, utilizando dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) genéticamente diferentes, en su fase de prendimiento definitivo a nivel comercial en Santo Domingo de los Tsáchilas”. Santo domingo de los Tsachilas: Tesis de grado.

Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Fouet, O., Argout, X., Guichoux, E., Salin, F., Llor-Solorzano, R., Bouchez, O., Vignes, H., Severts, P., Hurtado, J., Yepez, A., Grivetti, L., Blake, M., & Valdez, F. (2018). Uso y domesticación del *Theobroma cacao* durante el Holoceno medio en el alto Amazonas. *Naturaleza Ecología y Evolución*.

ANEXOS

DESCRIPCIÓN ANALISIS ESTADISTICOS DE LAS EVALUACIONES.

EVALUACIÓN 1

1.1 Homogeneidad de varianza

Análisis de la varianza

Supuestos para el análisis de varianzas

RABS_Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Flores	80	0.49	0.44	112.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24174305.57	7	3453472.22	9.93	<0.0001
Clon	24174305.57	7	3453472.22	9.93	<0.0001
Error	25045714.21	72	347857.14		
Total	49220019.78	79			

RABS_Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Frutos	80	0.43	0.37	87.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9894.66	7	1413.52	7.61	<0.0001
Clon	9894.66	7	1413.52	7.61	<0.0001
Error	13374.98	72	185.76		
Total	23269.64	79			

RABS_Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Frutos Abortados	80	0.17	0.09	91.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	154.82	7	22.12	2.17	0.0470
Clon	154.82	7	22.12	2.17	0.0470
Error	734.18	72	10.20		
Total	889.00	79			

1.2 Normalidad de errores

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(UnilateralD)
RDUO Flores	80	0.00	949.22	0.84	<0.0001
RDUO Frutos	80	0.00	23.24	0.88	<0.0001
RDUO Frutos Abort80	0.00	4.86	0.89	<0.0001	

1.3 Comparación de medias

- **Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Flores	#11	10	245.30	160.17	322.50	65.77	<0.0001
Flores	#16	10	5585.80	1830.52	5391.00		
Flores	#18	10	175.40	171.77	111.00		
Flores	#20	10	277.60	176.58	245.00		
Flores	#32	10	946.60	834.40	538.50		
Flores	#79	10	30.40	25.52	19.50		
Flores	#80	10	3244.10	1919.34	2683.00		
Flores	#9	10	807.20	301.69	832.00		

Trat. Ranks

#79	7.15	A	Primera Evaluación
#18	24.05	A B	
#11	26.80	A B C	
#20	30.15	B C D	
#32	46.25	C D E	
#9	49.90	D E	
#80	66.00	E F	
#16	73.70	F	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos	#11	10	25.20	18.56	23.50	31.22	0.0001
Frutos	#16	10	14.20	8.38	11.00		
Frutos	#18	10	33.30	28.69	27.50		
Frutos	#20	10	59.80	46.63	38.50		
Frutos	#32	10	18.10	25.86	8.50		
Frutos	#79	10	9.20	10.36	5.00		
Frutos	#80	10	6.20	5.53	4.50		
Frutos	#9	10	29.60	22.82	23.00		

Trat. Ranks

#80	18.35	A	
#79	23.75	A	
#32	31.20	A B	
#16	36.40	A B C	
#11	47.10	B C D	
#18	51.65	C D	
#9	52.95	C D	
#20	62.60	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos Abortados #11	10	6.20	5.98	5.00	15.65	0.0270	
Frutos Abortados #16	10	4.70	2.21	5.00			
Frutos Abortados #18	10	10.40	6.31	8.50			
Frutos Abortados #20	10	6.90	5.36	6.00			
Frutos Abortados #32	10	5.20	5.73	3.50			
Frutos Abortados #79	10	4.30	2.06	4.50			
Frutos Abortados #80	10	3.20	2.04	3.00			
Frutos Abortados #9	10	9.50	7.53	9.00			

Trat. Ranks

#80 25.50 A
 #32 32.30 A B
 #79 34.05 A B
 #16 36.80 A B
 #11 39.30 A B C
 #20 44.80 A B C
 #9 52.45 B C
 #18 58.80 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

• Tukey

Análisis de la varianza

Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Flores	80	0.79	0.77	70.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	274455938.00	7	39207991.14	39.66	<0.0001
Clon	274455938.00	7	39207991.14	39.66	<0.0001
Error	71180021.80	72	988611.41		
Total	345635959.80	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1388.14263

Error: 988611.4139 gl: 72

Clon Medias n E.E.

#79 30.40 10 314.42 A
 #18 175.40 10 314.42 A
 #11 245.30 10 314.42 A
 #20 277.60 10 314.42 A
 #9 807.20 10 314.42 A
 #32 946.60 10 314.42 A
 #80 3244.10 10 314.42 B
 #16 5585.80 10 314.42 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos	80	0.33	0.26	99.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	20660.40	7	2951.49	4.98	0.0001
Clon	20660.40	7	2951.49	4.98	0.0001
Error	42657.40	72	592.46		
Total	63317.80	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=33.98226

Error: 592.4639 gl: 72

Clon Medias n E.E.

#80	6.20	10	7.70	A
#79	9.20	10	7.70	A
#16	14.20	10	7.70	A
#32	18.10	10	7.70	A
#11	25.20	10	7.70	A
#9	29.60	10	7.70	A B
#18	33.30	10	7.70	A B
#20	59.80	10	7.70	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos Abortados

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Frutos Abortados	80	0.19	0.12	80.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	448.00	7	64.00	2.47	0.0249
Clon	448.00	7	64.00	2.47	0.0249
Error	1864.80	72	25.90		
Total	2312.80	79			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.10512

Error: 25.9000 gl: 72

Clon Medias n E.E.

#80	3.20	10	1.61	A
#79	4.30	10	1.61	A B
#16	4.70	10	1.61	A B
#32	5.20	10	1.61	A B
#11	6.20	10	1.61	A B
#20	6.90	10	1.61	A B
#9	9.50	10	1.61	A B
#18	10.40	10	1.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EVALUACIÓN 2

2.1 Homogeneidad de varianza

Análisis de la varianza

RABS_Flores

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
-----------------	----------	----------------------	-------------------------	-----------

RABS Flores 80 0.54 0.50 96.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45052116.46	7	6436016.64	12.16	<0.0001
Clon	45052116.46	7	6436016.64	12.16	<0.0001
Error	38098428.03	72	529144.83		
Total	83150544.49	79			

RABS_Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Frutos 80	0.26	0.19	87.92	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12986.12	7	1855.16	3.67	0.0019
Clon	12986.12	7	1855.16	3.67	0.0019
Error	36396.66	72	505.51		
Total	49382.78	79			

RABS_Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Frutos Abortados 80	0.37	0.31	111.85	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1226.55	7	175.22	6.00	<0.0001
Clon	1226.55	7	175.22	6.00	<0.0001
Error	2101.24	72	29.18		
Total	3327.79	79			

2.2 Normalidad de errores

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_Flores80	0.00	1276.22	0.89		<0.0001
RDUO_Frutos80	0.00	35.88	0.91		<0.0001
RDUO_Frutos Abortados 80	0.00	8.11	0.77		<0.0001

2.3 Comparación de medias

• Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Flores #11	10	177.30	87.53	148.00	60.30	<0.0001	
Flores #16	10	4173.90	1996.96	4724.00			
Flores #18	10	123.10	171.51	48.50			
Flores #20	10	106.30	85.29	83.50			
Flores #32	10	1198.10	1228.15	988.50			

Flores	#79	10	26.80	14.33	29.50
Flores	#80	10	3821.90	2722.56	3060.00
Flores	#9	10	1400.90	1159.10	948.00

Trat. Ranks

#79	9.15	A
#18	21.05	A B
#20	26.10	A B C
#11	35.00	B C D
#32	44.00	C D
#9	53.40	D E
#80	66.10	E
#16	69.20	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos	#11	10	30.40	22.84	19.00	23.58	0.0013
Frutos	#16	10	36.30	23.76	33.00		
Frutos	#18	10	43.60	31.73	40.00		
Frutos	#20	10	47.00	35.84	37.00		
Frutos	#32	10	26.40	34.50	10.50		
Frutos	#79	10	46.70	46.85	33.00		
Frutos	#80	10	8.20	3.82	8.50		
Frutos	#9	10	81.00	67.24	69.50		

Trat. Ranks

#80	14.00	A
#32	27.95	A B
#11	41.25	B C
#16	44.25	B C
#79	45.15	B C
#20	45.85	B C
#18	47.90	B C
#9	57.65	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos Abortados	#11	10	3.20	2.04	3.00	26.87	0.0003
Frutos Abortados	#16	10	7.30	6.20	7.50		
Frutos Abortados	#18	10	8.00	16.99	0.00		
Frutos Abortados	#20	10	13.10	13.66	6.50		
Frutos Abortados	#32	10	2.80	5.77	0.00		
Frutos Abortados	#79	10	0.90	1.29	0.50		
Frutos Abortados	#80	10	7.10	4.48	7.50		
Frutos Abortados	#9	10	4.30	2.06	4.50		

Trat. Ranks

#79	21.00	A
#32	25.95	A B
#18	27.40	A B
#11	38.70	A B C
#9	46.00	B C

#16	52.00	C
#80	54.10	C
#20	58.85	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

- Tukey

Análisis de la varianza

Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Flores	80	0.61	0.57	96.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	202820069.59	7	28974295.66	16.21	<0.0001
Clon	202820069.59	7	28974295.66	16.21	<0.0001
Error	128669532.30	72	1787076.84		
Total	331489601.89	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1866.34916

Error: 1787076.8375 gl: 72

Clon	Medias	n	E.E.
#79	26.80	10	422.74 A
#20	106.30	10	422.74 A
#18	123.10	10	422.74 A
#11	177.30	10	422.74 A
#32	1198.10	10	422.74 A
#9	1400.90	10	422.74 A
#80	3821.90	10	422.74 B
#16	4173.90	10	422.74 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos	80	0.23	0.16	94.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30898.80	7	4414.11	3.13	0.0062
Clon	30898.80	7	4414.11	3.13	0.0062
Error	101699.00	72	1412.49		
Total	132597.80	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=52.47028

Error: 1412.4861 gl: 72

Clon	Medias	n	E.E.
#80	8.20	10	11.88 A
#32	26.40	10	11.88 A
#11	30.40	10	11.88 A B
#16	36.30	10	11.88 A B

#18	43.60	10	11.88	A	B
#79	46.70	10	11.88	A	B
#20	47.00	10	11.88	A	B
#9	81.00	10	11.88	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Frutos Abortados	80	0.17	0.09	145.50	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1040.79	7	148.68	2.06	0.0589
Clon	1040.79	7	148.68	2.06	0.0589
Error	5194.10	72	72.14		
Total	6234.89	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.85797

Error: 72.1403 gl: 72

Clon Medias n E.E.

#79	0.90	10	2.69	A	
#32	2.80	10	2.69	A	B
#11	3.20	10	2.69	A	B
#9	4.30	10	2.69	A	B
#80	7.10	10	2.69	A	B
#16	7.30	10	2.69	A	B
#18	8.00	10	2.69	A	B
#20	13.10	10	2.69	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EVALUACIÓN 3

3.1 Homogeneidad de varianza

Análisis de la varianza

RABS_Flores

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RABS Flores	79	0.48	0.43	151.54	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26902613.11	7	3843230.44	9.40	<0.0001
Clon	26902613.11	7	3843230.44	9.40	<0.0001
Error	29024314.97	71	408793.17		
Total	55926928.08	78			

RABS_Frutos

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
RABS Frutos	79	0.26	0.18	154.53	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	14218.93	7	2031.28	3.49	0.0029
Clon	14218.93	7	2031.28	3.49	0.0029
Error	41369.81	71	582.67		
Total	55588.74	78			

RABS_Frutos Abortados

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RABS_Frutos Abortados	79	0.09	2.4E-03	82.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	11.22	7	1.60	1.03	0.4204
Clon	11.22	7	1.60	1.03	0.4204
Error	110.87	71	1.56		
Total	122.09	78			

3.2 Normalidad de errores

Shapiro-Wilks (modificado)

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO_Flores79	0.00	947.26	0.68		<0.0001
RDUO_Frutos79	0.00	30.98	0.66		<0.0001
RDUO_Frutos Abortados	79	0.00	1.97	0.86	<0.0001

3.3 Comparación de medias

- Prueba de Kruskal Wallis

<u>Variable</u>	<u>Clon</u>	<u>N</u>	<u>Medias</u>	<u>D.E.</u>	<u>Medianas</u>	<u>H</u>	<u>p</u>
Flores #11	10	53.90	26.99	55.50	53.83		<0.0001
Flores #16	10	2291.70	1794.70	1696.00			
Flores #18	10	9.50	9.51	5.00			
Flores #20	10	31.20	17.41	27.00			
Flores #32	10	480.20	939.55	129.50			
Flores #79	10	40.00	46.75	23.00			
Flores #80	9	2621.00	2031.22	2062.00			
Flores #9	10	40.00	46.75	23.00			

Trat. Ranks

#18	12.10	A
#79	27.85	A B
#9	27.85	A B
#20	29.10	A B
#11	41.15	B
#32	46.95	B
#16	68.40	C

#80 69.56 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos	#11	10	7.50	8.41	6.50	44.58	<0.0001
Frutos	#16	10	27.70	17.22	28.00		
Frutos	#18	10	35.40	73.21	12.50		
Frutos	#20	10	9.30	8.83	7.50		
Frutos	#32	10	2.60	2.99	2.00		
Frutos	#79	10	44.90	35.38	30.50		
Frutos	#80	9	4.44	1.42	4.00		
Frutos	#9	10	44.90	35.38	30.50		

Trat. Ranks

#32	15.55	A
#80	23.00	A B
#11	26.40	A B
#20	31.50	A B
#18	41.75	B C
#16	55.90	C D
#9	62.10	D
#79	62.10	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos Abortados	#11	10	1.90	1.79	1.50	11.87	0.0650
Frutos Abortados	#16	10	1.00	2.54	0.00		
Frutos Abortados	#18	10	1.80	2.78	0.00		
Frutos Abortados	#20	10	0.90	1.20	0.00		
Frutos Abortados	#32	10	1.50	1.65	1.50		
Frutos Abortados	#79	10	2.10	2.73	1.00		
Frutos Abortados	#80	9	3.44	2.01	4.00		
Frutos Abortados	#9	10	1.00	1.05	1.00		

• Tukey

Análisis de la varianza

Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Flores	79	0.54	0.49	147.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	81093812.67	7	11584830.38	11.75	<0.0001
Clon	81093812.67	7	11584830.38	11.75	<0.0001
Error	69989656.70	71	985769.81		
Total	151083469.37	78			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1396.32018

Error: 985769.8127 gl: 71

Clon	Medias	n	E.E.
#18	9.50	10	313.97 A

#20	31.20	10	313.97	A
#79	40.00	10	313.97	A
#9	40.00	10	313.97	A
#11	53.90	10	313.97	A
#32	480.20	10	313.97	A
#16	2291.70	10	313.97	B
#80	2621.00	9	330.95	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos	79	0.23	0.16	145.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22853.57	7	3264.80	3.10	0.0066
Clon	22853.57	7	3264.80	3.10	0.0066
Error	74865.52	71	1054.44		
Total	97719.09	78			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=45.66769

Error: 1054.4440 gl: 71

Clon Medias n E.E.

#32	2.60	10	10.27	A
#80	4.44	9	10.82	A
#11	7.50	10	10.27	A
#20	9.30	10	10.27	A
#16	27.70	10	10.27	A
#18	35.40	10	10.27	A
#9	44.90	10	10.27	A
#79	44.90	10	10.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos Abortados	79	0.13	0.05	122.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	46.07	7	6.58	1.54	0.1673
Clon	46.07	7	6.58	1.54	0.1673
Error	303.02	71	4.27		
Total	349.09	78			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.90540

Error: 4.2679 gl: 71

Clon Medias n E.E.

#20	0.90	10	0.65	A
#16	1.00	10	0.65	A
#9	1.00	10	0.65	A

#32 1.50 10 0.65 A
 #18 1.80 10 0.65 A
 #11 1.90 10 0.65 A
 #79 2.10 10 0.65 A
 #80 3.44 9 0.69 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EVALUACIÓN 4

4.1 Homogeneidad de varianza

Análisis de la varianza

RABS_Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Flores	79	0.62	0.58	151.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34574276.53	7	4939182.36	16.68	<0.0001
Clon	34574276.53	7	4939182.36	16.68	<0.0001
Error	21024451.74	71	296119.04		
Total	55598728.27	78			

RABS_Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Frutos	79	0.39	0.33	82.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.69	7	0.67	6.60	<0.0001
Clon	4.69	7	0.67	6.60	<0.0001
Error	7.21	71	0.10		
Total	11.90	78			

RABS_Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Frutos Abortados	79	0.32	0.25	354.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17.74	7	2.53	4.81	0.0002
Clon	17.74	7	2.53	4.81	0.0002
Error	37.44	71	0.53		
Total	55.18	78			

4.2 Normalidad de errores

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_Flores79	0.00	918.70	0.61		<0.0001
RDUO_Frutos79	0.00	0.55	0.85		<0.0001
RDUO_Frutos Abortados 79	0.00	0.87	0.30		<0.0001

4.3 Comparación de medias

- **Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Flores	#11	10	223.10	292.94	80.00	61.33	<0.0001
Flores	#16	10	34.30	16.86	31.50		
Flores	#18	10	15.30	7.97	13.50		
Flores	#20	10	36.80	21.47	30.00		
Flores	#32	10	804.70	657.00	666.00		
Flores	#79	10	21.90	4.77	21.50		
Flores	#80	9	3255.89	2752.52	2016.00		
Flores	#9	10	221.70	248.90	147.50		

Trat. Ranks

#18	11.65	A
#79	20.95	A
#20	27.50	A B
#16	28.00	A B
#11	44.15	B C
#9	55.00	C D
#32	62.60	C D
#80	73.50	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos	#11	10	0.30	0.67	0.00	9.54	0.0208
Frutos	#16	10	0.30	0.67	0.00		
Frutos	#18	10	0.30	0.48	0.00		
Frutos	#20	10	0.20	0.42	0.00		
Frutos	#32	10	0.70	0.82	0.50		
Frutos	#79	10	0.80	0.79	1.00		
Frutos	#80	9	0.00	0.00	0.00		
Frutos	#9	10	0.00	0.00	0.00		

Trat. Ranks

#80	30.00	A
#9	30.00	A
#20	37.30	A B
#11	38.30	A B
#16	38.30	A B
#18	40.95	A B
#32	50.25	A B
#79	53.90	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	Clon	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frutos Abortados #11	10	0.00	0.00	0.00	0.44	0.5424	
Frutos Abortados #16	10	0.00	0.00	0.00			
Frutos Abortados #18	10	0.10	0.32	0.00			
Frutos Abortados #20	10	0.00	0.00	0.00			
Frutos Abortados #32	10	0.80	2.53	0.00			
Frutos Abortados #79	10	0.00	0.00	0.00			
Frutos Abortados #80	9	0.00	0.00	0.00			
Frutos Abortados #9	10	0.00	0.00	0.00			

- **Tukey**

Análisis de la varianza

Flores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Flores	79	0.55	0.50	177.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79628724.07	7	11375532.01	12.27	<0.0001
Clon	79628724.07	7	11375532.01	12.27	<0.0001
Error	65833000.69	71	927225.36		
Total	145461724.76	78			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1354.22213

Error: 927225.3618 gl: 71

Clon Medias n E.E.

#18	15.30	10	304.50	A
#79	21.90	10	304.50	A
#16	34.30	10	304.50	A
#20	36.80	10	304.50	A
#9	221.70	10	304.50	A
#11	223.10	10	304.50	A
#32	804.70	10	304.50	A
#80	3255.89	9	320.98	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos	79	0.20	0.12	175.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.84	7	0.83	2.51	0.0230
Clon	5.84	7	0.83	2.51	0.0230
Error	23.60	71	0.33		
Total	29.44	78			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.81082

Error: 0.3324 gl: 71

Clon Medias n E.E.

#9	0.00	10	0.18	A
#80	0.00	9	0.19	A

#20	0.20	10	0.18	A
#11	0.30	10	0.18	A
#16	0.30	10	0.18	A
#18	0.30	10	0.18	A
#32	0.70	10	0.18	A
#79	0.80	10	0.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frutos Abortados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos Abortados	79	0.09	0.00	796.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.47	7	0.78	0.95	0.4748
Clon	5.47	7	0.78	0.95	0.4748
Error	58.50	71	0.82		
Total	63.97	78			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.27657

Error: 0.8239 gl: 71

Clon Medias n E.E.

#9	0.00	10	0.29	A
#20	0.00	10	0.29	A
#79	0.00	10	0.29	A
#11	0.00	10	0.29	A
#16	0.00	10	0.29	A
#80	0.00	9	0.30	A
#18	0.10	10	0.29	A
#32	0.80	10	0.29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)