



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN
DE LA FLOR DE CACAO (*Theobroma cacao*) BAJO TRES
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PORTOVIEJO- MANABÍ**

AUTORES:

**MENDOZA ZAMBRANO GEMA FERNANDA
ROMERO CEDEÑO ERICK FABIAN**

TUTORA:

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO, MSc.

CALCETA, OCTUBRE DE 2021

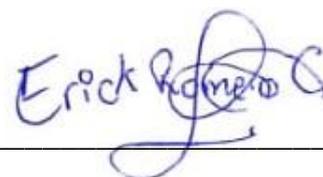
DERECHOS DE AUTORÍA

Gema Fernanda Mendoza Zambrano y Erick Fabián Romero Cedeño, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



GEMA F. MENDOZA ZAMBRANO



ERICK F. ROMERO CEDEÑO

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

ING. SILVIA LORENA MONTERO CEDEÑO, MSc, certifica haber tutelado el proyecto **ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DE CACAO (*Theobroma cacao*) BAJO TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PORTOVIEJO- MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **GEMA FERNANDA MENDOZA ZAMBRANO** y **ERICK FABIAN ROMERO CEDEÑO** , previo a la obtención del título Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO, MSc

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DE CACAO (*Theobroma cacao*) BAJO TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PORTOVIEJO- MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado por **GEMA FERNANDA MENDOZA ZAMBRANO** y **ERICK FABIAN ROMERO CEDEÑO** , previa la obtención del título de **INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE** de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JULIO ABEL LOUREIRO
SALABARRIA MGS
MIEMBRO

ING CARLOS FABIAN SOLORZANO
SOLORZANO MGS
MIEMBRO

ING.TERESA VIVAS SALTOS
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A Dios por permitirme cumplir esta meta.

A mis padres Fabián Mendoza y Patricia Zambrano por su apoyo incondicional, porque sin ellos no podría haber llegado tan lejos, a mi hermano Bryan Mendoza y a mi hermana Fabiana Mendoza por motivarme a seguir adelante, a mis amigas Valentina Vera, Marcia Santos y Cinthia García por haber estado desde el principio en los buenos y malos momentos.

A mi tutora Ing. Silvia Montero Cedeño, por ser una guía, por el apoyo brindado para el desarrollo de la tesis, gracias totales porque sin Ud., no hubiésemos podido dar este paso.

GEMA FERNANDA MENDOZA ZAMBRANO

DEDICATORIA

A mis padres por ser las personas que me han acompañado durante todo el trayecto de mi vida estudiantil, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

GEMA FERNANDA MENDOZA ZAMBRANO

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A Dios por permitirme cumplir esta meta.

A mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida.

A mi hija por ser mi mayor motivación para seguir adelante y nunca rendirme.

ERICK FABIAN ROMERO CEDEÑO

DEDICATORIA

A mis padres por ser las personas que me han acompañado durante todo el tiempo, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y por haber confiado en mí.

A mi hija por ser la persona más importante en mi vida.

ERICK FABIAN ROMERO CEDEÑO

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
KEY WORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ORIGEN DEL CACAO	5
2.2. DEFINICIÓN DEL CACAO (Theobroma Cacao L).....	5
2.3. EL CULTIVO DEL CACAO EN ECUADOR.....	5
2.4. BIOLOGÍA FLORAL DEL CACAO	6
2.6. LA POLINIZACIÓN Y LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS.....	7
2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA POLINIZACIÓN	7
2.8. IMPORTANCIA DE LOS POLINIZADORES.....	8
2.9. POLINIZADORES DE CACAO	9
2.10. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN SOBRE LOS CERATOPOGONIDAE	10
2.11. ENEMIGOS NATURALES Y HOSPEDEROS ALTERNOS	10
2.12. CICLO DE VIDA DE LOS CERATOPOGÓNIDOS	10

2.13. HÁBITAT DE LOS CERATOPOGÓNIDOS.....	10
2.14. TÉCNICAS DE POLINIZACIÓN	11
2.14.1. POLINIZACIÓN NATURAL DEL CACAO	11
2.14.2. POLINIZACIÓN MANUAL DEL CACAO	11
2.15. SISTEMAS AGROFORESTALES.....	12
2.15.1. SAF CACAO ASOCIADO CON ÁRBOLES FORESTALES.....	13
2.15.2 CACAO ASOCIADO CON ÁRBOLES FRUTALES.....	13
2.15.3. MONOCULTIVO DE CACAO	13
2.16. PRODUCCIÓN DE CACAO EN SISTEMAS AGROFORESTALES.....	13
2.17. DISEÑO EN BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR (D.B.C.A.).....	14
2.18. ANOVA DE UN FACTOR	14
2.19. MÉTODO DE DUNCAN.....	14
3. CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	15
3.1. UBICACIÓN.....	15
3.2. DURACIÓN.....	15
3.3. MÉTODOS.....	15
3.4. TÉCNICAS.....	15
3.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA.....	15
3.4.2. BIBLIOGRÁFICA	16
3.5. FACTOR DE ESTUDIO	16
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	16
3.7. TRATAMIENTOS.....	16
3.8. VARIABLES DE ESTUDIO	17
3.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE	17
3.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	17
Sistemas de producción.....	17
3.8.3. VARIABLES EVALUADAS	17
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
3.10. PROCEDIMIENTO.....	18
ACTIVIDAD 2. IDENTIFICAR LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	18
FASE 2. INFLUENCIA DE LOS POLINIZADORES SOBRE LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DEL CACAO	19
FASE 3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DE CACAO	20

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. IDENTIFICACIÓN DE POLINIZADORES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	22
DELIMITAR EL ÁREA DE CADA SISTEMA DE PRODUCCIÓN	22
IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE POLINIZADORES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	24
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1. CONCLUSIONES	31
5.2. RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	38

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 3.1. Diseño experimental aplicado al estudio.	16
Tabla 3.2. Tabla de tratamientos.....	17
Tabla 4. 1. Especies vegetales presentes en los sistemas de producción.	24
Tabla 4. 2. Especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae presentes en tres sistemas de producción del cultivo de cacao.	24
Tabla 4. 3. Significancia de efectos intersujetos en la fecundación de flores de cacao: flores polinizadas en día 6, flores fecundadas en día 14 frutos formados en día 21 y 36.	27
Tabla 4.4. Prueba Tukey aplicada a los factores en estudio..	29
Figura 4.1. Mapa de las parcelas de los sistemas de producción.....	22
Figura 4.2. Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de monocultivo.	25
Figura 4.3. . Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de cacao con frutales.....	26
Figura 4.4. Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de cacao con forestales.....	26
Figura 4.5. Dispersión de datos entre los factores evaluados.....	28

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la actividad de los polinizadores sobre la fecundación de la flor de cacao (*Thebroma cacao*) en varios sistemas de producción. Este proyecto se llevó a cabo en la estación experimental Portoviejo del INIAP. Se identificaron y contaron especies polinizadoras de la familia Ceratopogonidae recolectadas en trampas viscosas amarillas de 5 x 5 cm distribuidos en los tres sistemas de producción, las mismas especies polinizadoras de Ceratopogonidae fueron reportadas en los tres sistemas de producción, entre los que se destacan los géneros *Forcipomyia* y *Dasyhelea*. Fue demostrado el rol de los polinizadores en la fecundación de la flor del cacao a través de las técnicas de polinización (libre/natural y asistida). Como control se utilizó la técnica de enmangado. Se partió con un número conocido de flores / ramas, a partir de los días 3, 6, 14 y 21, para determinar el número de flores activas, polinizadas, fertilizadas y frutos formados, la técnica de polinización asistida es significativamente mejor que la técnica de polinización libre o natural. Se puede concluir que los sistemas estudiados no afectan el porcentaje de polinización, fecundación y formación de frutos sin embargo, el sistema de Monocultivo es el más óptimo porque fue donde se registró mayor número de flores polinizadas (D-6) y fecundadas (D-14) y frutos formados (D-21 y D-36).

PALABRAS CLAVES

Actividad de los polinizadores, sistemas de producción, polinización

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the activity of pollinators on the fertilization of the cocoa flower (*Thebroma cacao*) in various production systems. This project was carried out at INIAP's Portoviejo experimental station. Pollinating species of the Ceratopogonidae family collected in yellow viscous traps of 5 x 5 cm distributed in three production systems were identified and counted, the same pollinating species of Ceratopogonidae were reported in the three production systems, among which the genera stand out. *Forcipomyia* and *Dasyhelea*. The role of pollinators in the fertilization of the cocoa flower was demonstrated through pollination techniques (free / natural and assisted). The sleeve technique was used as a control. It was started with a known number of flowers / branches, from days 3, 6, 14 and 21, to determine the number of active flowers, pollinated, fertilized and fruits formed, the assisted pollination technique is significantly better than the technique of free or natural pollination. It can be concluded that the systems studied do not relate the percentage of pollination, fertilization and fruit formation, however, the Monoculture system is the most optimal because it was where the highest number of pollinated flowers (D-6) and fertilized (D- 14) and formed fruits (D-21 and D-36).

KEY WORDS

Pollinator activity, production systems, pollination

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En nuestro país hay aproximadamente 400.000 hectáreas de áreas sembradas de cacao, con una producción anual promedio de 330 kg, que es relativamente bajo en comparación con las expectativas de los productores, lo que resulta antieconómico y no atractivo para el agricultor. Como bien se sabe las plantas adultas de cacao producen de 6.000 a 10.000 flores anuales en condiciones normales, y de estas solo el 0,01% llegan a convertirse en frutos. Debido a la falta de insectos polinizadores el “cuajamiento o fecundación” puede ser incluso menor (Vera *et al.*, 2016).

Cultivos como el cacao necesitan en una gran medida de los polinizadores, cerca del 90% de los cultivos de cacao dependen de una polinización adecuada. Esta polinización es entomófila, debido, a la incompatibilidad en plantas de cacao, al tamaño de las flores y también que el polen es viscoso lo cual dificulta la polinización a través agentes naturales como la lluvia o el viento. El diseño de las estructuras florales obstaculiza la llegada de polen al estigma de la flor por medio de esas vías (Córdoba *et al.*, 2013).

Los sistemas agroforestales clásicos prestan algunas ventajas a nivel ecológico; los cuales se basan en la conservación de la biodiversidad biológica del bosque, gracias a la alta diversidad y dificultad estructural del dosel de sombra. Sin embargo, la variedad y abundancia de insectos polinizadores en el sistema agroforestal de cacao puede verse afectada por una variedad de causas incluyendo el ambiente biológico y físico (clima y microclima) y las características de las plantaciones, como la cobertura de árboles de sombra y espaciado (Gotz y Harvey, 2007).

Las mosquitas son fundamentales en el proceso de polinización, debido a que mediante ellas se consiguen altos rendimientos en la producción de cacao (González , 2018).

En el cacao los sistemas agroforestales sirven para bastantes fines y suministran varios productos a una variedad de usuarios del suelo, por medio de la incorporación de árboles en una plantación de cacao varia y mantiene la

producción para aumentar las ventajas sociales, económicas y del medio ambiente de agricultores de todos los niveles (Mata et. al 2017).

Existe además, un factor que puede tener un impacto significativo en la producción de cacao, como son las actividades de las poblaciones de insectos polinizadores, los cuales necesitan ciertas condiciones bioecológicas, que no se proporcionan muchas veces en la plantación, así como el manejo de los sistemas de producción y sustratos; como por ejemplo mazorcas en descomposición, la hojarasca, tallos de plátano y plantas retenedoras de agua o phytotelmas que sirven de refugio de estados inmaduros de Ceratopogonidae (Valarezo , Cañarte, y Navarrete, 2012). Por lo mencionado anteriormente se formula la siguiente interrogante.

¿Cómo incide la actividad de los polinizadores en la fecundación de la flor de cacao (*Theobroma cacao*) en diferentes sistemas de producción?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador la economía ha estado poderosamente unida con la producción de cacao (*Theobroma cacao* L). Se exporta alrededor de 110.976 t año, pertenece a los más significativos símbolos del territorio. Hubo una época en la que el orden socioeconómico en Ecuador se desarrollaba principalmente medida en torno del emporio mercado mundial de este dicho producto (ANECACAO, 2014).

La polinización realizada por dípteros es de gran ayuda para los ecosistemas, tanto a partir de la perspectiva biológica y económica. Un elemento que participa en la productividad de frutos es la disminución de los individuos polinizadores como también así la desaparición de sus ecosistemas (Salazar y Torres, 2016).

La polinización entomófila es un mecanismo interrelacionado que brinda varios beneficios a su reproducción y supervivencia. En esta situación, cuanto más atractivas sean las flores para los insectos, más veces van a ser atraídas por los mismos, por lo cual el nivel de polinización va a ser más grande. El cacao tiene flores pequeñas con adaptaciones especiales prácticamente para una polinización entomófila. Diversos estudios han expuesto que los insectos

polinizadores de este producto son corresponden al orden díptera, teniendo a la familia Ceratopogonidae como la de más grande trascendencia (Ríos, 2015).

Cultivos como el cacao se basan en el sistema agroforestal o SAF, en los cuales los productores plantan una diversidad de árboles, en especial frutal y forestal, de estos se obtienen otros productos para sustentar sus medios de vida, como alimentos y madera. Es fundamental enfatizar que los sistemas agroforestales además tienen la posibilidad de traer una secuencia de beneficios a los productores y al medio ambiente, como la conservación de la diversidad biológica (Ramos, 2011).

La planta de cacao se reproduce sexualmente, en la cual los polinizadores desempeñan un rol muy importante, el cual es estos ayudan a juntar las células de los diferentes sexos conformar el nuevo fruto. Para que el cacao sea polinizado, debe haber un insecto polinizador responsable de polinizar las flores, y este insecto debe transportar el polen de las flores del árbol donante (padre) a las flores del árbol receptor (madre). Para que puedas fertilizar y dar frutos (Flores, 2015).

La finalidad es conocer los derechos de la naturaleza. Hoy en día el planeta atraviesa una etapa de crisis ambiental, esto se ha visto reflejado en las amenazas a los recursos naturales, instantánea desaparición de especies, degradación de ecosistemas, contaminación ambiental y pérdida de vegetación natural. Dicho trabajo nos permitirá entender la importancia de la actividad de los polinizadores en la producción del cacao, un servicio ambiental que no ha sido tomado en cuenta. (Plan Nacional de Desarrollo, 2017).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar la actividad de los polinizadores sobre la fecundación de la flor de cacao (*Thebroma cacao*) en varios sistemas de producción.

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de polinizadores presentes en los sistemas de producción.

- Determinar la influencia de los polinizadores sobre la fecundación de la flor del cacao
- Determinar el efecto de los sistemas de producción sobre la actividad de los polinizadores en la fecundación de la flor de cacao.

1.4. HIPÓTESIS

Los sistemas de producción inciden en la actividad de los polinizadores sobre la fecundación de la flor de cacao.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DEL CACAO

Theobroma cacao L, es el nombre científico del cacao (de la familia de las Esterculiáceas), cuyo nombre proviene del vocablo “xocolatl” de los Mayas, o del idioma náhuatl (un grupo descendiente de los mayas), con el termino cacáhua, y cuya expresión es “alimento de los dioses”. Es vernáculo de la jungla amazónica de los andes septentrionales. Estos conceptos denotan el origen territorial de la especie y el uso alimenticio antiguo de su fruto (Vasallo, 2015).

El cacao es un fruto de America del Sur, apareció por primera vez al este de los Andes hace 400 años, especialmente al sur del lago de Maracaibo y el rio Magdalena. Se cree que la expansión del cacao a otras partes del continente africano está provocada por humanos, animales y factores metereologicos como el viento (Attanasi, 2007).

El inicio del cultivo de cacao fue en América, sin embargo, no se puede aclarar la zona específica. Incluso hoy, sigue siendo un tema de discusión. Algunos autores señalaron que el cultivo del cacao se inició en México y Centroamérica, y señalaron que los españoles no vieron el cultivo del cacao en Sudamérica cuando llegaron al continente, aunque encontraron que el cacao crece en muchos bosques de toda América. Los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, aún hoy, los tipos genéticos allí son valiosos (Batista, 2009).

2.2. DEFINICIÓN DEL CACAO (*Theobroma Cacao* L)

Es una planta de América tropical y su origen puede estar ubicado en la parte noreste de América del Sur. Su historia se remonta al tercer milenio antes de Cristo. La familia del cacao es las *esterculiáceas* cuya característica primordial es la producción de frutos y flores (Torres, 2012).

2.3. EL CULTIVO DEL CACAO EN ECUADOR

El cacao se cultiva en una mayor parte de los países tropicales ya que estos tienen un clima caliente y húmedo que oscila entre los 20º grados latitud norte y los 20º latitud sur de la línea ecuatorial, se debe plantar a la sombra de otros árboles por sus sutiles características en los primeros meses de crecimiento (Segovia Montesdeoca, 2017). En el Ecuador la más grande producción de

cacao está en especial en las provincias de Sucumbíos, Manabí, Los Ríos, y Guayas (Flores y Juela, 2018).

El cultivo de cacao se da en las zonas tropicales de todo el planeta en especial Asia, América, y África. Se lo ha considerado como un producto de identidad territorial, es oriundo de la región amazónica. Además, dominó por varios siglos la generación de divisas para el país antes del boom petrolero, lo cual hizo posible el desarrollo de sectores importantes como el comercio y la industria (Ríos, 2015).

2.4. BIOLOGÍA FLORAL DEL CACAO

El cacao es denominado como cauliflor, o sea que las flores se forman en el tronco principal. Entre los 20 y 25 días se abren sus flores luego de aparecer el minúsculo botón floral y en caso de no ser fecundada se caen a los 3 días o por incompatibilidad genética (Segovia, 2017).

En el reino vegetal se conoce a la flor como el órgano reproductor de las plantas superiores a las cuales se les da el nombre de fanerógamas. La flor está constituida por: pedúnculo es la rama que sostiene la flor, el tálamo floral el cual es la parte en donde se asienta la flor, y las piezas florales las cuales están formadas por la parte fértil que es donde se hallan los estambres y carpelos; y asimismo tiene su parte estéril en donde se encuentra el cáliz y la corola (Jiménez, (S.f)).

2.5. ESTRUCTURA DE LA FLOR DEL CACAO

De acuerdo con Segovia (2017), la flor del cacao consta de las siguientes partes:

Estaminoides: Se encargan de proteger al segmento femenino de la flor y atraen a los insectos polinizadores

Estigma: Esta parte que recibe los granos de polen.

Ovario: Es el fragmento de la estructura femenina la cual da origen al fruto.

Óvulos: Cada uno de ellos será una nueva semilla y la flor posee entre 35-50 óvulos.

Estambres: Es la parte masculina de la flor y sujetan los granos masculinos.

Polen: Este es el encargado de fecundar los óvulos.

Sépalos: Estos se ubican en la base de la flor y se encargan de proteger a las demás partes.

Pétalos: Estos se encargan de proteger a los estambres en donde se encuentra el polen.

Pedicelo: Une la flor con el tronco y es por donde pasaran los alimentos para la futura mazorca.

2.6. LA POLINIZACIÓN Y LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS

Cuando los polinizadores trasladan el polen desde las anteras a los estigmas de su estilo la mayoría de las plantas florales solo producirán semillas. Si no se proporciona este servicio, muchas especies interconectadas y varios procesos de los ecosistemas desaparecerán, y la polinización es esencial para mantener la biodiversidad. Aproximadamente el 80% de todas las plantas florecientes son exclusivamente para animales (principalmente insectos). En las regiones tropicales, la dependencia del ecosistema de los polinizadores es más alta que el promedio mundial (FAO, 2008).

La polinización en el cacao la hacen casi exclusivamente los micro dípteros pertenecientes a la familia "Ceratopogonidae (*Forcipomyia*, *Daisyhelea*, *Atrichopogon*)". Algunas especies de *Forcipomyia* se desempeñan en la polinización de las flores de cacao, por sus propiedades concretas de la composición morfológica del insecto (Ramos, 2011).

2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA POLINIZACIÓN

El sistema agroforestal del cacao requiere sombra porque es un factor clave del cultivo, principalmente en plantaciones tradicionales con especies de cacao. En este entorno, el número, tipo y variedad de especies forestales para la sombra son cruciales. Porque la falta o insuficiencia de esta planta reducirá la población de polinizadores que afectan directamente el crecimiento de los cultivos. La presencia de hojarasca y materia vegetal descompuesta se correlaciona positivamente con la cantidad de insectos, por lo que este tipo de cobertura en

el suelo de las plantaciones de cacao se puede utilizar como hábitat para que los insectos polinizadores se reproduzcan (González, 2018).

2.8. IMPORTANCIA DE LOS POLINIZADORES

El convenio sobre la biodiversidad destaca el valor de los polinizadores y establece una idea mundial para el cuidado y el uso sustentable de los polinizadores. La FAO elaboro el Plan de acción mundial para los servicios de polinización agrícola sostenibles como pauta para las naciones miembros, que paralelamente otorga una lista de los instrumentos necesarios para la utilización y la protección de los servicios de polinización también ayuda a formular políticas que certifican la sostenibilidad de dichos servicios para los ecosistemas (Pardo y García, 2014).

“El Plan de Acción de la FAO comprende”:

- “Manejo de la información en servicios de polinización que tiene como objetivo el diseño de un sistema de manejo de la información en polinización (PIMS en inglés)”.
- “Formación y capacitación de expertos de diferentes grupos de polinizadores y desarrollo de guías de identificación taxonómica para el uso y conservación de los polinizadores, que involucre claves taxonómicas y código de barras de la vida (usando ADN)”.
- “Cambio climático y servicios de polinización. Resalta el efecto que el cambio climático puede tener en la fenología de los cultivos y etiología de los polinizadores, la necesidad de asegurar suficientes polinizadores en los picos de floración de ciertos cultivos, la importancia de implementar recursos a largo plazo para los polinizadores y proveer conectividad a hábitats naturales cerca de los cultivos, y en general acciones que promuevan la presencia de polinizadores”.
- “Diversidad y abundancia de polinizadores en cultivos. Resalta la importancia de áreas cultivadas sobre la diversidad y abundancia de polinizadores, además de prácticas de manejo que promueven su presencia, tales como dejar los lotes en descanso y con cobertura vegetal después de la cosecha. En general resalta la importancia de la agricultura de baja intensidad y de sistemas de cultivo que proveen recursos para especies de polinizadores”.

- “Mejores prácticas de manejo de los servicios de polinización a nivel global y prácticas de manejo en diferentes escalas que involucren desde la granja con sus cultivos y sus bordes, hasta el manejo de todo el paisaje agrícola de una región” (Pardo y García, 2014).

2.9. POLINIZADORES DE CACAO

La polinización del cacao es estrictamente realizada por un insecto (entomófila), en este caso por dípteros pertenecientes a la familia Ceratopogonidae, “los géneros más importantes son: *Forcipomyia spp.*, *Dasyhelea spp.* y *Atrichopogon spp.*”; siendo *Forcipomyia* el más efectivo. Las anteras de la flor de *Theobroma cacao* están protegidas por los pétalos y únicamente un organismo de un tamaño menor a 4 mm pueda pasar por el espacio donde está el polen (Gómez, 2018).

La polinización natural en muchos casos no es la más efectiva y en algunos cultivos comerciales la polinización es llevada a cabo a mano para mejorar la productividad y garantizar el éxito del intercambio genético. En algunos casos es un esfuerzo extra, pero es necesario, debido a que se desconoce la abundancia o incluso la presencia de los insectos que realizan la polinización. Por esta razón los agricultores no pueden garantizar que las flores vayan a ser polinizadas (Gómez, 2018).

Las mosquitas *Forcipomyia* han sido registradas como las polinizadoras más eficientes del cacao en todas las áreas donde han sido observadas. La polinización natural, no obstante, parece ser un factor limitante en la producción de cacao (De La Cruz y Soria, 2015)

La polinización ocurre cuando el mosquito camina y prueba el área interna de los estaminodios, ocasionalmente ingresa a los pétalos, donde el polen se adherirá a la espalda. Más tarde, al entrar en otra flor, la parte que se encuentra el estigma y los estaminodios es la que permite el ingreso de la mosquita, pero no admite que pase su porcentaje de polen, pero permanece en el estigma (Bravo, Somarriba, y Arteaga, 2011).

2.10. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN SOBRE LOS CERATOPOGONIDAE

Se considera a los ceratopogónidos como los principales responsables de la polinización del cacao, son muy dependientes de la sincronización de estas poblaciones de mosquitas con el ciclo de floración del cacao y factores ambientales (principalmente precipitaciones), que afectan directamente sus actividades (Montero, Sánchez, Solórzano, Pinargote, y Cañarte, 2019).

2.11. ENEMIGOS NATURALES Y HOSPEDEROS ALTERNOS

Los principales enemigos naturales son los ácaros, *collémbolas*, hormigas, dermápteras y quilópodos, para *F. squamipennis*, de los cuales los tres últimos presentan gran eficacia en la depredación de larvas y pupas. “El ácaro *Trombiculido*” absorbe considerables cantidades de huevos (80 en 20 minutos). Asimismo, las especies de nemátodos y esporozoos son considerado entomoparásitos de Ceratopogónidos. Ciertos de los ceratopogónidos son cautivados por algunas plantas tales como: “flores de *Plumbago zeylanica*, *Galphimia glauca*, *Duranta prumeri*, y hojas como *Citrus* y *Alternanthera sp*”. Cuando hay presencia de estos en la plantación se reduce el número de moscas que vuelan sobre la flor del cacao (Córdoba, 2011).

2.12. CICLO DE VIDA DE LOS CERATOPOGÓNIDOS

Los ceratopogónidos viven en conjunto durante toda su vida, desde que se encuentran en los huevos hasta que inician su vida adulta, solo en el momento en que se realiza la copulación dejan los enjambres para la ovoposición y la muerte. Esta táctica ayuda para el apareamiento. Su ciclo de vida es de 27 a 28 días. Los huevos son ovopositados en masas de manera irregular en las fisuras, troncos podridos, de tallos de banano, hojarasca y vainas en descomposición. Eclosionan de 2 a 3 días, la etapa larval se desarrolla en un lapso de diez a quince días con una temperatura de 20 a 25 °C (Gaibor, 2018).

2.13. HÁBITAT DE LOS CERATOPOGÓNIDOS

Los ceratopogónidos tienen un ciclo de desarrollo de tipo (holometábolo) o en otras palabras completo, el cual consta de huevo, cuatro estadios larvales, pupa (los cuales requieren por lo general de ambientes húmedos incluyendo los acuáticos y semiacuáticos). Son ciertamente fototrópicas y escogen ambientes

soleados, otros son de manera negativa fototrópicas lo que quiere decir que viven solo en hábitats oscuros y fríos (Cazorla, 2014).

2.14. TÉCNICAS DE POLINIZACIÓN

2.14.1. POLINIZACIÓN NATURAL DEL CACAO

En el cacao la polinización natural está limitada a definidos insectos; un elevado porcentaje lo realizan pequeñas mosquitas (dípteros). Los polinizadores al moverse de un sitio a otro transportan el polen de una flor, el cual llevan adherido a su cuerpo. Cuando la flor no ha sido polinizada se cae a las 48 horas de su apertura, una planta de cacao puede producir más de 100000 flores por año, sin embargo, solo el 0.1 % se trasforma en frutos, este porcentaje bajo de fecundación se debe a la disminución de las mosquitas, principalmente en los meses de junio, julio y agosto (Mogrovejo y Vera, 2010).

La polinización pasa una vez que la mosquita entra a una flor que está en postura inversa, lleva el polen en sus cerdas torácicas y lo trasladan a la parte interna del estaminodio, para después examinar su área, si el estaminodio es similar al pistilo los granos de polen son depositados en el estilo, por lo cual la mosquita frota su tórax contra ellos. Cuando el estaminodio se encuentra inclinado hacia el pistilo, el polen únicamente se deja caer en la base. Además, los granos de polen se transportan por toda el área corporal (Córdoba, 2011).

2.14.2. POLINIZACIÓN MANUAL DEL CACAO

Estudios comparativos referentes a métodos de polinización manual, concluyen que mediante la polinización de flores individuales tienen la posibilidad de aumentar el número de frutos, obteniéndose por lo consiguiente una producción mayor. La polinización manual es una técnica fácil, se ejecuta por la mano del hombre en un lapso conveniente, con el fin de reemplazar la falta de insectos polinizadores y de esta manera elevar el número de frutos sanos (Mogrovejo y Vera, 2010).

De acuerdo con Vera y Mogrovejo (2010). Para poder realizar la polinización manual se reconoce un botón floral que se encuentre próximo a su apertura, por su mayor desarrollo.

Los materiales para llevar a cabo la polinización son: dos pinzas de punta fina, un recipiente pequeño para cargar las flores.

Pasos para realizar la polinización.

- “Las pinzas se introducen cuidadosamente dentro de la cogulla (concha del pétalo) para agarrar el filamento del estambre a 2 milímetros de la base”.
- “El estambre se remueve sin hacer fuerza o apretar mucho las pinzas, se hace un ligero movimiento hacia atrás y luego se saca por un lado de la cogulla”.
- “Luego que se ha sacado el estambre, debe observarse la parte superior de las anteras, la que debe presentar el polen en forma de un polvito blanco-crema y sin brillo. Si el estambre tiene sus sacos polínicos cerrados o sea que se observan como pequeñas bolitas o perlas blancas, separadas o deformes éstas deben ser rechazadas”.
- “Finalmente el polen de las anteras de las flores masculinas donadoras del polen se frota en el estigma de las flores femeninas elegidas como flores madres, este depósito se realiza frotando suavemente dos o tres veces las anteras sobre la superficie del estilo, cuando hay buena luz se puede ver pequeños granos de polen en forma de un polvito blanco depositado sobre el estilo-estigma de la flor”.
- “El operador puede utilizar un mismo estambre para polinizar hasta dos o tres flores, sin embargo, cuando no se tiene mucha práctica es preferible utilizar un estambre para cada flor”.
- “Tanto las flores donantes de polen (masculinas) como las flores que van a utilizarse (femeninas) deben ser flores frescas o recién abiertas”.

2.15. SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales son considerados como un espacio donde se combina un cultivo principal con otros cultivos como árboles y en algunas ocasiones animales.

La utilización de los sistemas agroforestales brinda algunas ventajas como:

- Un mejor aprovechamiento del suelo.

- Ayuda al suelo.
- Se logran diferentes productos en una misma parcela.
- Mantener la diversidad biológica.

2.15.1. SAF CACAO ASOCIADO CON ÁRBOLES FORESTALES

En un SAF los árboles brindan servicios ecosistémicos, como, por ejemplo: modifican el régimen de luz, humedad, la temperatura del aire, y el desplazamiento del aire en la plantación, el cual influye de manera directa en la fotosíntesis, aumento y producción de cacao. Pueden facilitar o dificultar la dinámica poblacional, la incidencia de plagas, enfermedades y enemigos naturales, disminuyendo de esta manera la producción de cacao, originando grandes cantidades de materia orgánica (Sanchez, López, Córdova, y Gallardo, 2018).

2.15.2 CACAO ASOCIADO CON ÁRBOLES FRUTALES

La cosecha de los árboles frutales en el cacao es una actividad necesaria que brinda beneficios al productor. También la función como sombra y protección al cultivo; los árboles frutales también se combinan para dar productos adicionales (Larrea, 2008).

2.15.3. MONOCULTIVO DE CACAO

El monocultivo con manejo orgánico es un cultivo de cacao que no requiere que se empleen productos químicos. Para esto usa una cubierta de la leguminosa soya perenne (*Glycine javanica*, *Fabaceae*), y después se procede a hacer un deshierbe manual para controlar las malas hierbas de capa baja. Se usan abonos orgánicos, compost para fertilizantes y productos de control biológico autorizados para el control de plagas (Kazuya, Gómez, y Schneider, 2017).

2.16. PRODUCCIÓN DE CACAO EN SISTEMAS AGROFORESTALES

De acuerdo con Navarro y Mendoza (2006). La zona en la cuales se encuentran los sembríos de cacao pueden tener un máximo aprovechamiento al momento de implementar diferentes cultivos o especies de árboles que permitan la optimización de los nutrientes del suelo como también así la economía de las familias campesinas, previamente a la producción el cacao.

Además de la sombra que brinda el cacao, los árboles del sistema agroforestal también nos ofrecen otros beneficios, como: leña, protección del suelo, frutas, madera entre otros.

2.17. DISEÑO EN BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR

(D.B.C.A.)

Este diseño experimental es el más utilizado, pues tiene una gran ventaja si el número de tratamientos no supera los 15, por lo cual las unidades experimentales se pueden agrupar en capas o bloques uniformes, asegurando así que la variabilidad de las unidades experimentales sea mínima, a pesar que la variabilidad entre los estratos y bloques sea alta, la cantidad de unidades experimentales de un bloque tiene que ser similar con el número de tratamientos que se quieren analizar en este diseño (León, 2002).

2.18. ANOVA DE UN FACTOR

El análisis de varianza (ANOVA) se utiliza para la comparación de diferentes grupos en variables cuantitativas. La prueba es considerada como la generalización del contraste de similitud de medias para dos muestras independientes. Esto sirve para comparar la igualdad de medias y la distribución normal de tres o más poblaciones independientes (Bakieva, González, y Jornet, 2012).

2.19. MÉTODO DE DUNCAN

Esta es una prueba de comparación múltiple. Nos permite comparar medias de un nivel factorial después de rechazar las suposiciones nulas de que las medias son semejantes usando la técnica ANOVA. Las pruebas de comparación múltiple son pruebas que pretenden mejorar, explicar, concretar una hipótesis alternativa común similar a cualquier prueba ANOVA. Es muy parecida a la prueba de Tukey, con la diferencia de que esta trabaja en un umbral cambiante, en la cual dicho umbral depende de la cantidad de medios involucrados en la cotejo (Llopis, 2013).

3. CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

Este proyecto fue realizado en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, localizada en Santa Ana - Manabí. Ubicada geográficamente: 1°07'25.7"S y 80°24'50.9"W.

3.2. DURACIÓN

La duración fue de 10 meses comprendidos desde mayo 2019 a marzo 2020.

3.3. MÉTODOS

La investigación estuvo enmarcada dentro del método inductivo-deductivo, el cual tiene dos formas opuestas: inducción y deducción. La inducción es la manera de lógica en la cual los individuos van del discernimiento de un asunto específico a uno más extenso. Esto se fundamenta en la repetición de hechos y fenómenos (Rodríguez, Pérez, y Alipio, 2017). En la investigación el método inductivo-deductivo permitió conocer las características de los polinizadores y realizar así la comparación con el respaldo de conocimiento biográfico científico basado en la deducción que conlleve al fin de esta investigación.

También utilizo el método cuantitativo, se empleó este método debido a que se tomaron y analizaron los resultados a partir de la recolección de datos, en base al número de flores fecundadas en cada sistema de producción (Monje, 2011).

3.4. TÉCNICAS

3.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Se empleó esta técnica, la cual se fundamenta en mirar y registrar los hechos o fenómenos físicos que se generan, para poder examinarlos y así conseguir conclusiones acerca de los mismos, en la presente investigación esta técnica se utilizó en la mayor parte, ya que fue un trabajo de campo en el que se procedió a observar durante un determinado periodo de tiempo la evolución de las flores del cacao las cuales fueron sometidas a diferentes técnicas de polinización, con la finalidad de saber cual tendría mejores resultados al momento de su fecundación, por otra parte esta técnica también se utilizó al momento de identificar los grupos de insectos encontrados en los diferentes sistemas de producción (Barranco, 2017).

3.4.2. BIBLIOGRÁFICA

Se emplearon estrategias bibliográficas donde se utilizó información sobre la floración del cacao, los polinizadores del cacao, así como los diferentes sistemas de manejo del cultivo del cacao, la misma que está establecida por diferentes autores o instituciones. El método tiene como herramientas: libros, revistas científicas, noticias, tesis y documentos electrónicos (Maya, 2014).

3.5. FACTOR DE ESTUDIO

Sistemas de producción de cacao (A)

- A1: Cacao monocultivo
- A2: Cacao con árboles frutales
- A3: Cacao con árboles maderables

Técnicas de Polinización (B)

- B1: Técnica Asistida
- B2: Técnica Natural
- B3: Testigo (enmangado)

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) Bifactorial con nueve repeticiones

Tabla 3.1 Diseño experimental aplicado al estudio.

Diseño experimental DBCA	
Total	
Repetición	80
Tratamientos	8
Factor A	2
Factor B	2
Interacción AxB	4
Error	64

3.7. TRATAMIENTOS

Para la realización de esta tabla se consideró al sistema de producción de cacao monocultivo como (A1), al sistema de producción de cacao con árboles frutales (A2), y al sistema de producción de cacao con árboles maderables (A3), la técnica de polinización manual como (B1), la polinización natural como (B2) y la

técnica del enmangando como testigo (B3). Cabe recalcar que la aplicación de las técnicas de polinización se llevó a cabo durante un periodo de un mes.

Tabla 3.2 Tabla de tratamientos

Sistemas	Técnicas de polinización		
	B1	B2	B3
	Tratamientos		
A1	A1B1	A1B2	A1B3
A2	A2B1	A2B2	A2B3
A3	A3B1	A3B2	A3B3

3.8. VARIABLES DE ESTUDIO

3.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Fecundación de la flor de cacao (*Theobroma cacao*).

3.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Técnicas de polinización.

Sistemas de producción.

3.8.3. VARIABLES EVALUADAS

- Número de flores polinizadas en día 6.
- Número de flores fecundadas en día 14.
- Número de frutos formados en día 21.
- Número de frutos formados en día 36.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó:

- Análisis de varianza (ANOVA) (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS, version 23).

- Prueba múltiple de medias (Tukey).
- Gráficos estadísticos (Dispersión de datos, barras, entre otros).

3.10. PROCEDIMIENTO

FASE 1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE POLINIZADORES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

ACTIVIDAD 1. DELIMITAR EL ÁREA DE CADA SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Se procedió a delimitar las parcelas que se encuentran dentro de cada sistema de producción, cada parcela tiene nueve arboles separados a 2,5 x 2,5 m, según la información obtenida del INIAP.

La delimitación del área de estudio se realizó mediante la georreferenciación de los puntos para lo cual se utilizó un GPS, para esta actividad se procedió a colocarse detrás del árbol central de cada parcela de los tres sistemas de producción y así tomar sus coordenadas y los polígonos de cada sistema de producción mediante el programa ArcGIS 10.4.

ACTIVIDAD 2. IDENTIFICAR LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Para el desarrollo de esta actividad, con ayuda de un técnico del INIAP se identificó a las especies vegetales presentes en cada uno de los sistemas de producción de cacao. Posteriormente, se verificó en la literatura científica datos sobre las especies identificadas para corroborar las características de las mismas. Finalmente, se elaboró una matriz donde se especificó a las especies, de acuerdo al sistema de producción en la que fueron reportadas y se detallan datos como: nombre común, nombre científico, familia y número de individuos, encontrados.

ACTIVIDAD 3. IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE POLINIZADORES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Previamente se implementó trampas de plástico de color amarillo impregnadas con aceite de dos tiempos; al ser una técnica agroecológica ampliamente empleada para captura especies pequeñas como insectos polinizadores presentes en los cultivos (Almaguer y Torres, 2018). El tamaño de las trampas

de grasa fue de 5x5 cm. Se colocaron un total de 27 trampas en cada sistema de producción (nueve por cada técnica de polinización). Se las ubicó próximas a cada rama conteniendo las flores marcadas.

Posteriormente, al cumplir las trampas tres días en los sistemas de producción, fueron retiradas y llevadas al Laboratorio de Entomología de la Estación Portoviejo del INIAP, para el conteo e identificación de todas las especies presentes en los sistemas de producción de cacao.

De acuerdo a las características físicas, se hizo consulta a experto (entomólogo) para identificar a las especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae presentes encontradas en los sistemas de producción de cacao. Además, se consideró el procedimiento de Montero *et al.* (2019) quienes hicieron uso de una colección de referencias sobre especies de Ceratopogonidae asociadas a cacao que se encuentra disponible en el Departamento de Entomología de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

FASE 2. INFLUENCIA DE LOS POLINIZADORES SOBRE LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DEL CACAO

ACTIVIDAD 4. APLICAR LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE POLINIZACIÓN

Se aplicó diferentes técnicas de polinización en los tres sistemas de producción, usando como referencia la metodología aplicada por Córdoba *et al.* (2013). Para la aplicación de estas técnicas se tomó en cuenta al árbol que tenía más flores y se procedió a aplicar la técnica que mejor se adaptaba para dicho árbol. Luego, se eliminaron todas las flores abiertas, dejando tan sólo para evaluar los botones florales cerrados, mismas que fueron contabilizadas hasta veintiún días después.

Las evaluaciones se efectuaron a los días uno, dos, ocho, quince y veintiuno después de iniciada la prueba. Durante el mes de aplicación se evaluó el número de flores polinizadas, número de flores fecundadas y número de frutos formados.

Las técnicas empleadas fueron:

La técnica manual, esta consiste en reconocer los botones florales que se encuentren próximos a su apertura, por su mayor desarrollo. En el primer día se seleccionaron los botones florales y se dejaron cubiertos para que ningún polinizador los fecunde. Al otro día se procedió a introducir cuidadosamente las

pinzas dentro de la cogulla (concha del pétalo) para agarrar el filamento del estambre a dos milímetros de la base, luego el estambre se remueve sin hacer fuerza o apretar mucho las pinzas, se hace un ligero movimiento hacia atrás y luego se saca por un lado de la cogulla, después que se ha sacado el estambre, debe observarse la parte superior de las anteras, la que debe presentar el polen en forma de un polvito blanco-crema y sin brillo, si el estambre tiene sus sacos polínicos cerrados o sea que se observan como pequeñas bolitas o perlas blancas, separadas o deformes éstas deben ser rechazadas, finalmente el polen de las anteras de las flores masculinas donadoras del polen se frota en el estigma de las flores femeninas elegidas como flores madres, este depósito se realiza frotando suavemente dos o tres veces las anteras sobre la superficie del estilo, cuando hay buena luz se puede ver pequeños granos de polen en forma de un polvito blanco depositado sobre el estilo-estigma de la flor (Vera y Mogrovejo, 2010).

La técnica natural, para la aplicación de esta técnica se seleccionaba la rama, después se eliminaban los botones florales abiertos y las flores secas dejando solo los botones cerrados al descubierto listo para que las mosquitas las polinicen, luego se procedió a marcar el inicio y el fin del tramo.

Testigo o Técnica de enmangado, para la aplicación de esta técnica se procedió a realizar mangas, se utilizó una malla anti-afido, cada manga tenía como medida 60x50 cm. Se aplicó esta técnica en cada uno de los sistemas de producción, se seleccionaba una rama que estuviera acta para la aplicación de la manga se eliminaban las flores secas y abiertas dejando solo los botones cerrados y se procedió a sellar para que no logre entrar ningún polinizador.

FASE 3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DE CACAO

ACTIVIDAD 5. REALIZAR UN ANALISIS DE VARIANZA

Para el desarrollo de esta actividad se procedió a utilizar el análisis de varianza ANOVA en el cual se trabajó con los tratamientos que se utilizaron en cada sistema de producción. Para efectuar este análisis, inicialmente se desarrolló la

prueba de homogeneidad de varianza y de normalidad para la comprobación de los supuestos asociados al ANOVA.

ACTIVIDAD 6. DESARROLLAR UNA PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY)

Para el desarrollo de esta actividad se aplicó la prueba de Tukey para determinar qué técnica tuvo mejor resultado en cada sistema de producción. Fallas (2012), expone una prueba múltiple de medias tiene una consistencia moderada ya que esta ajusta la diferencia crítica considerando que los dos promedios que se comparan sean adyacentes. Por otra parte (Lehmann y Shaffer, 1977) argumentan que esta prueba no se debe utilizar ya que la derivación de la tasa de error va a depender de una condición de monotonidad de los datos, lo cual significa que siempre crecen o decrecen, pero no oscilan.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE POLINIZADORES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

DELIMITAR EL ÁREA DE CADA SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Para cumplir con el primer objetivo se delimitó el área mediante la utilización de un GPS. Una vez realizada la delimitación del área se logró identificar 3 sistemas de producción (figura 4.1):

1. Monocultivo, con un área aproximada de 180x50m donde únicamente predominan plantas de cacao.
2. Cacao con frutales, comprendiendo un área aproximada de 180x180m donde se destacan árboles de especies cítricas.
3. Cacao con árboles maderables, con un área aproximada de 180x90m donde se destacan algunas variedades de árboles leñosos.

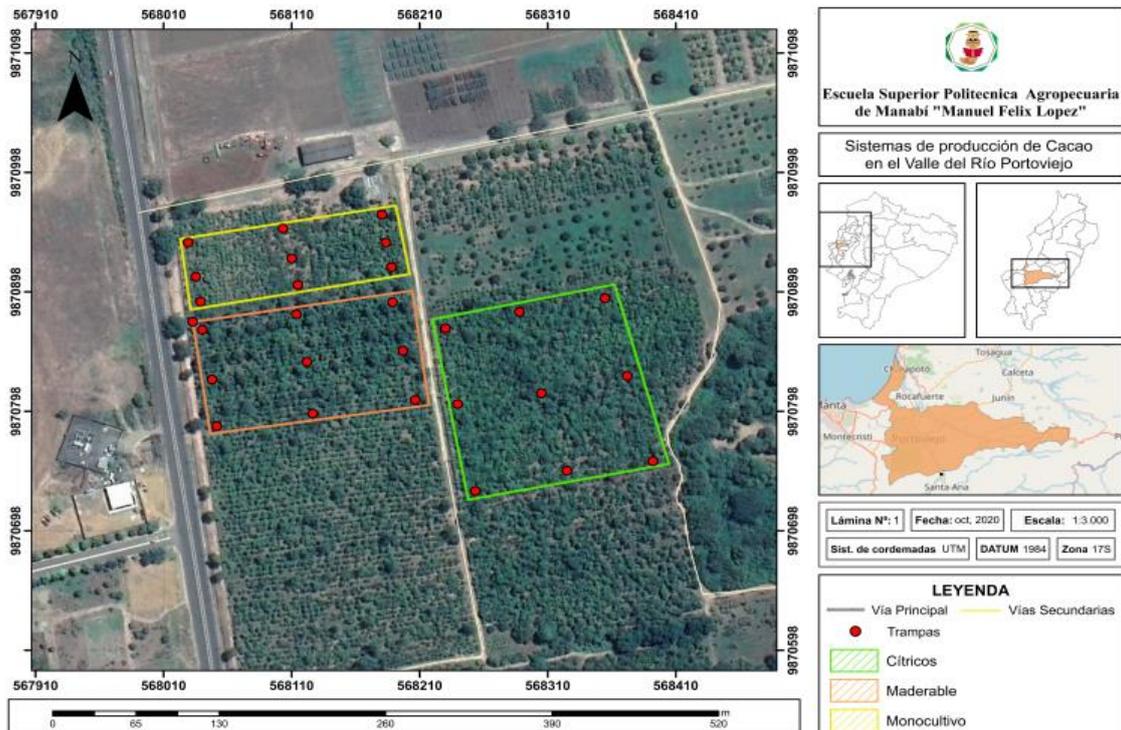


Figura 4.1 . Mapa de las parcelas de los sistemas de producción.

Fuente: Autores

IDENTIFICAR LAS ESPECIES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Las especies que fueron encontradas en los diferentes sistemas de producción se detallan en la tabla 4.1. En el sistema cacao con maderables se puede observar que la especie con el mayor número de individuos es el amarillo con un total de 9, mientras que la especie cedro es el que tiene el menor número de individuos con un valor de 4. En el sistema cacao con especies de árboles frutales se identificó que la naranja era el que más individuos presentaba con un total de 10, mientras que la especie con el menor número de individuos es la mandarina cleopatra con un total de uno. Por último, en el sistema monocultivo encontramos algunas especies de plantas acompañantes: el crotón es la especie con mayor número de individuos con un total de ocho, mientras que la especie con el menor número de individuos es el trébol blanco con un total de cinco individuos

Tabla 4.1. Especies vegetales presentes en los sistemas de producción

Sistemas	Nombre común	Nombre científico	Familia	Número de individuos
Maderables	Amarillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Fabaceae	9
	Cedro	<i>Cedrus</i>	Pinaceae	4
	Total			13
Frutales	Mandarina cleopatra	<i>Citrus reshni</i>	Rutaceae	1
	Viuda negra	<i>Dioscorea communis</i>	Dioscoreacea	5
	Erigeron sumatrensis	<i>Conyza sumatrensis</i>	Asteraceae	3
	Naranja	<i>Citrus X sinensis</i>	Rutaceae	10
	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	2
	Frutillo	<i>Lantana cámara</i>	Rosaceae	3
	Total			24
Monocultivo	Crotón	<i>Croton mononothogynus</i>	Euphorbiacea	8
	Abiatadera	<i>Clematis vitalba</i>	Ranunculacea	7
	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	Faboideae	5
	Total			20

Fuente: Autores

IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE POLINIZADORES PRESENTES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Al identificar las especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae en las trampas amarillas, se ha determinado que existen en los tres sistemas de producción de cacao. Sin embargo, no existe una diferencia significativa en la población entre los sistemas estudiados. A lo largo del experimento, en los tres sistemas evaluados, se comprobó que existían dos especies del género *Dasyhelea*, dos del género *Forcipomyia* y una especie del género *Culicoides*, en los tres sistemas evaluados (Tabla 4.2). Vale la pena mencionar que en este estudio, la existencia de *Forcipomyia* es muy importante porque se informa que su especie tiene el mayor impacto en la polinización del cacao.

En estudios realizados por Mavisoy, Cabezas, Ballasteros, y Somarriba, (2013) mencionan que la presencia de los polinizadores depende de las características de humedad que hay en cada sustrato. Estas pueden variar de acuerdo a las condiciones de sombra que genera cada especie, cuando hay menos lluvia, se puede mantener la humedad, porque las hojas caídas forman una microcapa entre ellas, lo que evita una fácil evaporación y proporciona un refugio ideal para las larvas.

Lo mencionado en el párrafo anterior coincide con lo expuesto por Alvarado, Carrera, y Morante, (2018). La humedad y sombra de las plantaciones de cacao son factores decisivos para la anidación de *Forcipomyia*. La cobertura del dosel, a su vez, afecta la distribución y abundancia de la mosquilla, por lo que el manejo de la poda y la diversidad de árboles del dosel dentro de la población pueden beneficiar la dinámica poblacional de este género.

Tabla 4. 2. Especies de polinizadores de la familia *Ceratopogonidae* presentes en tres sistemas de producción del cultivo de cacao.

Sistemas de producción	<i>Forcipomyia youngi</i>	<i>Forcipomyia quatei</i>	<i>Dasyhelea borgmeieri</i>	<i>Dasyhelea cacaoui</i>	<i>Culicoides pusillus</i>
Cacao monocultivo	9	21	37	3	4
Cacao + frutales	10	17	33	5	1
Cacao + forestales	11	27	38	4	3
TOTAL	30	65	108	12	8

Fuente: Autores

4.2. INFLUENCIA DE LOS POLINIZADORES SOBRE LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DEL CACAO

APLICAR LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE POLINIZACIÓN

Se encontró que hubo diferencias altamente significativas entre las técnicas estudiadas. Según la prueba de separación de medias (Tukey 0.5), la técnica de polinización asistida es significativamente mejor que la técnica de polinización libre o natural, mostrando el mayor porcentaje en cuanto a flores fecundadas y formación de frutos. Al observar que las flores contenidas en las mangas en los tres sistemas estudiados no fueron polinizadas, se comprobó la actividad de las Ceratopogonidae sobre la polinización del cacao, debido a que este aislamiento impide la llegada de los visitantes florales (Figura 4.2, figura 4.3, y figura 4.4). Estos resultados coinciden con los encontrados por Córdoba *et al.*, (2013), que encontraron diferencias significativas entre plantas polinizadas naturalmente y plantas cubiertas o protegidas, las cuales tienen valores de polinización muy bajos.

Lo expuesto anteriormente coincide con un estudio realizado por Mogrovejo (2010) en el cual expone que la técnica de polinización asistida es con la que se obtiene mejores resultados ya que se pueden duplicar el número de frutos y por ende aumentar la producción, además que la aplicación de esta técnica ayuda a prevenir enfermedades en los frutos que aparecen en las épocas lluviasas.

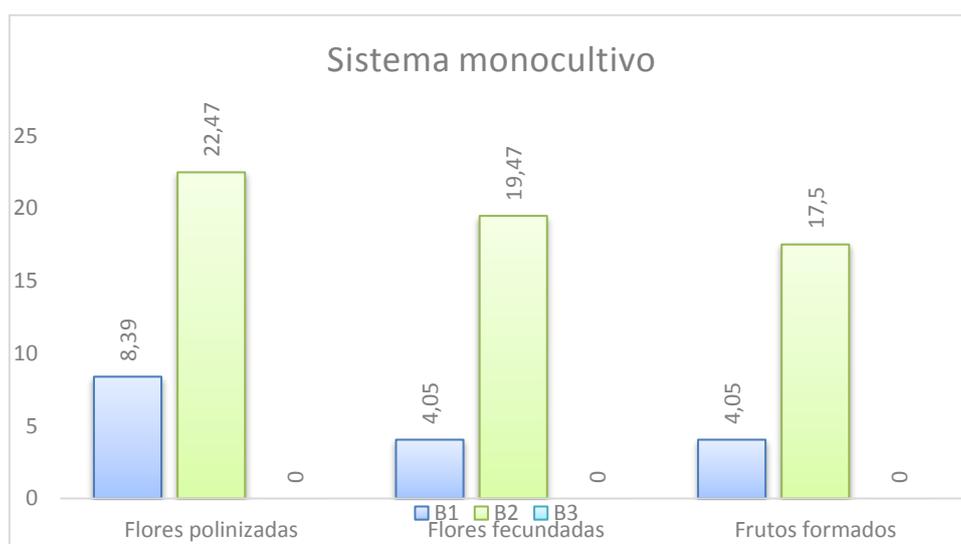


Figura 4.2. Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de monocultivo.

Fuente: Autores

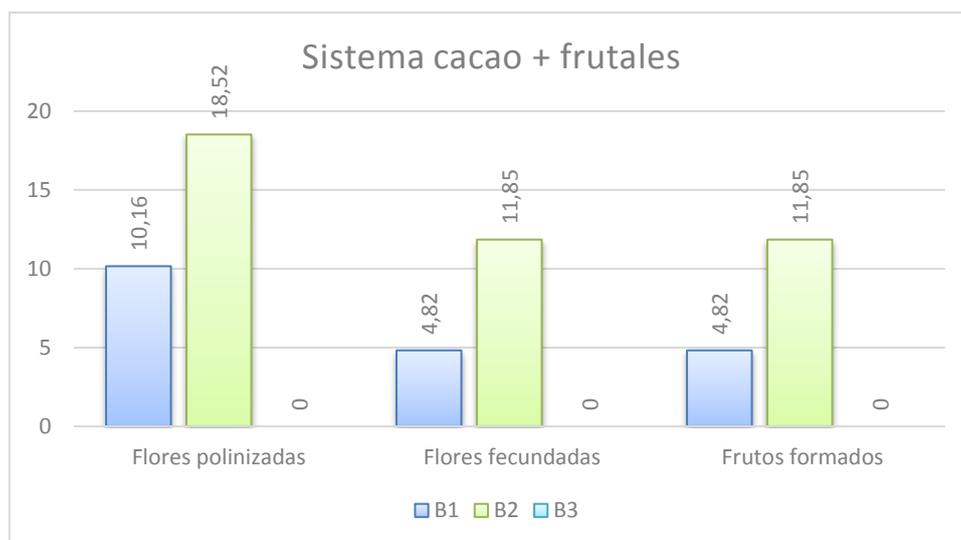


Figura 4.3. Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de cacao con frutales.
Fuente: Autores

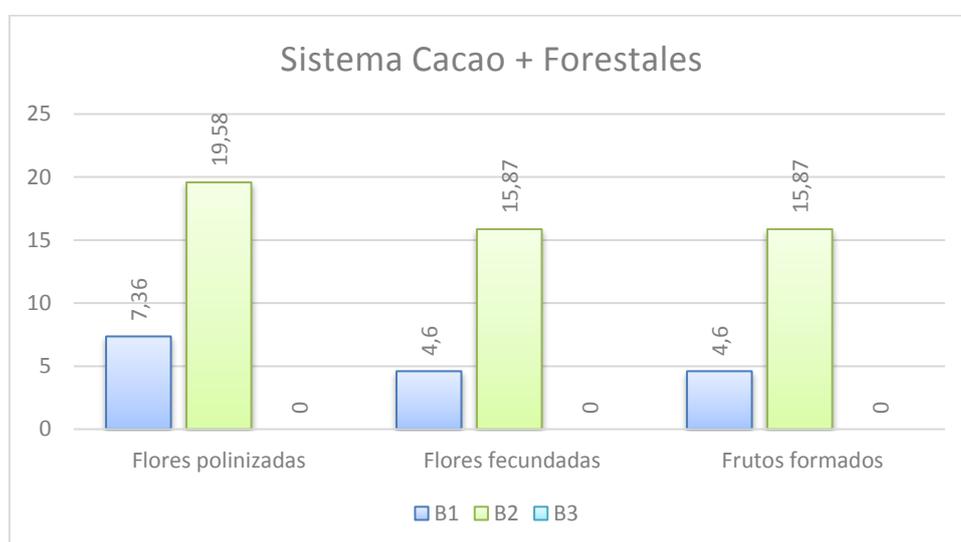


Figura 4.4. Técnicas de polinización aplicadas en el sistema de cacao con forestales.
Fuente: Autores

4.3 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD DE LOS POLINIZADORES EN LA FECUNDACIÓN DE LA FLOR DE CACAO

REALIZAR UN ANALISIS DE VARIANZA

La Tabla 4.3 resume las significancias de las diferencias entre las distintas técnicas de polinización y los sistemas de cultivo en la fecundación de la flor de *Theobroma cacao* en diferentes estados: a) polinizada en día 6; b) fecundada en día 14; c) fruto formado en día 21; y d) fruto formado en día 36. Se encontró

diferencias significativas (p valor: $<0,05$) en el factor técnica de polinización en los cuatro estados de fecundación. Sin embargo, no hubo diferencias significativas (p valor: $>0,05$) en el factor *sistemas de producción* ni en la combinación de este factor con la técnica de polinización (Anexos 16, 17, 18, 19 y 20).

Tabla 4.3. ANOVA de dos vías para estimar las diferencias entre grupos, en función de las variables dependientes: flores polinizadas en día 6, flores fecundadas en día 14 frutos formados en día 21 y 36.

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Flores polinizadas (D-6)	5651,612 ^a	8	706,451	11,041	0,000
	Flores fecundadas (D-14)	3811,188 ^b	8	476,399	8,726	0,000
	Frutos formados (D-21)	3645,989 ^c	8	455,749	8,069	0,000
	Frutos formados (D-36)	3389,907 ^d	8	423,738	8,463	0,000
Intersección	Flores polinizadas (D-6)	7475,908	1	7475,908	116,844	0,000
	Flores fecundadas (D-14)	3679,501	1	3679,501	67,399	0,000
	Frutos formados (D-21)	3590,273	1	3590,273	63,565	0,000
	Frutos formados (D-36)	3443,864	1	3443,864	68,778	0,000
Sistema	Flores polinizadas (D-6)	23,161	2	11,580	0,181	0,835
	Flores fecundadas (D-14)	70,602	2	35,301	0,647	0,527
	Frutos formados (D-21)	57,059	2	28,529	0,505	0,606
	Frutos formados (D-36)	39,340	2	19,670	0,393	0,677
Técnica	Flores polinizadas (D-6)	5540,274	2	2770,137	43,296	0,000
	Flores fecundadas (D-14)	3546,770	2	1773,385	32,484	0,000
	Frutos formados (D-21)	3428,087	2	1714,043	30,347	0,000
	Frutos formados (D-36)	3234,978	2	1617,489	32,303	0,000
SISTEMA * TECNICA	Flores polinizadas (D-6)	88,177	4	22,044	0,345	0,847
	Flores fecundadas (D-14)	193,816	4	48,454	0,888	0,476
	Frutos formados (D-21)	160,843	4	40,211	0,712	0,586
	Frutos formados (D-36)	115,589	4	28,897	0,577	0,680
Error	Flores polinizadas (D-6)	4606,704	72	63,982		
	Flores fecundadas (D-14)	3930,697	72	54,593		
	Frutos formados (D-21)	4066,709	72	56,482		
	Frutos formados (D-36)	3605,175	72	50,072		
Total	Flores polinizadas (D-6)	17734,224	81			
	Flores fecundadas (D-14)	11421,386	81			
	Frutos formados (D-21)	11302,971	81			
	Frutos formados (D-36)	10438,946	81			
Total corregido	Flores polinizadas (D-6)	10258,316	80			
	Flores fecundadas (D-14)	7741,885	80			
	Frutos formados (D-21)	7712,697	80			
	Frutos formados (D-36)	6995,082	80			

a. R al cuadrado = 0,551 (R al cuadrado ajustada = 0,501)

b. R al cuadrado = 0,492 (R al cuadrado ajustada = 0,436)

c. R al cuadrado = 0,473 (R al cuadrado ajustada = 0,414)

d. R al cuadrado = 0,485 (R al cuadrado ajustada = 0,427)

Fuente: Autores

Este estudio muestra que el factor Técnica tiene un mayor impacto en la polinización de flores, fecundación de flores y en la formación de frutos a los 21 y 36 días; a diferencia de los tres sistemas productivos, donde no hay diferencia

significativa (p -valor: $>0,05$). Sin embargo, el sistema productivo Monocultivo es el más óptimo porque es donde se registra mayor número de Flores polinizadas (D-6), Flores fecundadas (D-14) y Frutos formados (D-21 y D-36).

Un estudio reciente muestra que el tipo de polinización puede aumentar el rendimiento del cacao hasta en un 161,5% a través de la polinización manual completa en todas las flores; lo que se traduce en ingresos anuales de hasta un 68,8% para los agricultores, independientemente al uso de fertilizantes e insumos convencionales (Toledo *et al.*, 2020). Sin embargo, Wessel y Quist (2015) demostró que el tipo de polinización no es suficiente para asegurar la fecundación y desarrollo del cacao y que existen factores como el *envejecimiento de los árboles* (>25 años) que puede reducir considerablemente estos rendimientos.

En la figura 4.5 se muestra que existe muy baja interacción entre las técnicas de polinización y los sistemas de cultivo en la fecundación de la flor de *Theobroma cacao* en diferentes estados: a) polinizada en día 6; b) fecundada en día 14; c) fruto formado en día 21; y d) fruto formado en día 36.

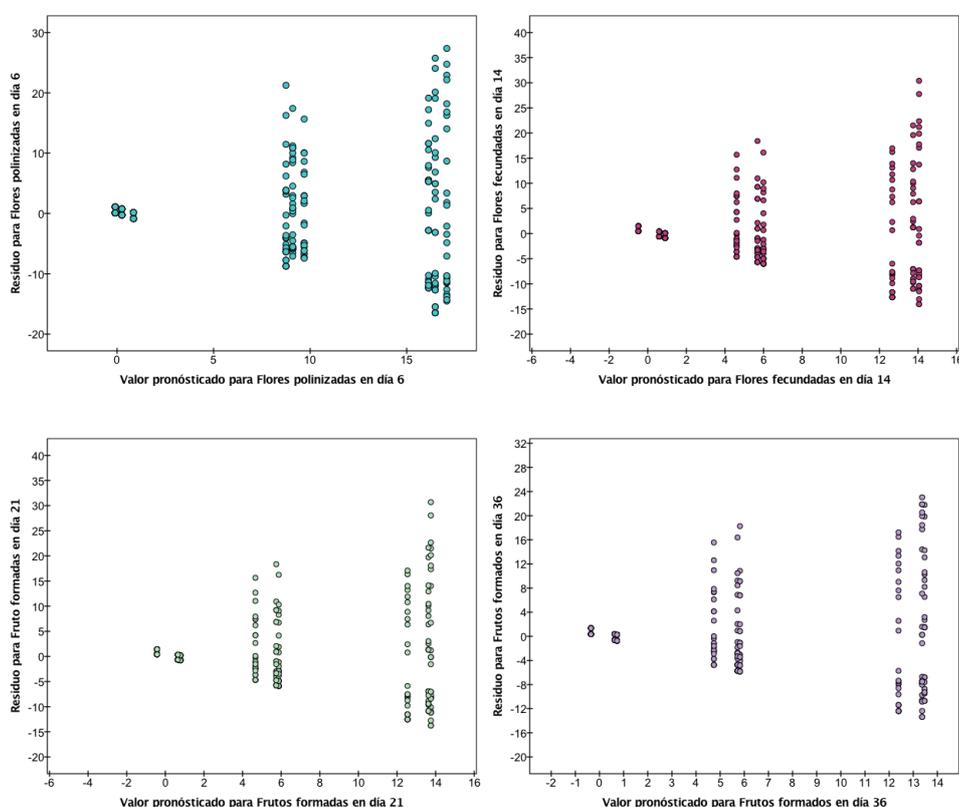


Figura 4.5. Dispersión de datos entre los factores evaluados.

Fuente: Autores.

Este estudio demuestra que es muy baja la dependencia entre las técnicas de polinización y los sistemas de cultivo para la fecundación de la flor de *Theobroma cacao*. Por lo tanto, las técnicas de polinización no influyen en los sistemas de cultivo y viceversa. Al existir esparcimiento considerable de los datos de los factores en estudio (es decir que no están asociados directamente) el nivel de fecundación de la flor de *Theobroma cacao* es más débil. En este contexto, autores argumentan que altos niveles de espaciamiento en datos son indicadores de que las distancias de vuelo de los polinizadores son extensas entre flores y que las cantidades de polen se reducen; aunque también puede ser producto de una polinización no óptimo debido a la baja fertilidad del suelo, plagas e incidencia de enfermedades. (Beattie, 1976; Vanhove *et al.*, 2020).

DESARROLLAR UNA PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY)

En la tabla 4.4 se muestra la prueba de Tukey aplicada a las variables en estudio; demostrando que el factor Técnicas de polinización (asistida, natural y enmangado) registran diferencias significativas (Anexos 21 y 22). Siendo, la técnica de polinización asistida la que optimiza mejor la fecundación de las flores de *Theobroma cacao* (15,07-20,19) en las cuatro variables medidas: a) polinizada en día 6; b) fecundada en día 14; c) fruto formado en día 21; y d) fruto formado en día 36.

Tabla 4.4. Prueba Tukey aplicada a los factores en estudio.

Factores		P-valor			
		Flores polinizadas (D-6)	Flores fecundadas (D-14)	Frutos formados (D-21)	Frutos formados (D-36)
A. Sistemas de producción					
A1. Cacao monocultivo	A2	0,94	0,50	0,58	0,68
	A3	0,82	0,87	0,93	0,98
A2. Cacao + frutales	A1	0,94	0,50	0,58	0,68
	A3	0,96	0,80	0,81	0,79
A3. Cacao + forestales	A1	0,82	0,87	0,93	0,98
	A2	0,96	0,80	0,81	0,79
B. Técnicas de polinización					
B1. Polinización libre o natural	B2	0,000	0,000	0,000	0,000
	B3	0,000	0,073	0,079	0,058
B2. Polinización asistida	B1	0,000	0,000	0,000	0,000
	B3	0,000	0,000	0,000	0,000
B3. Testigo (control)	B1	0,000	0,073	0,079	0,058
	B2	0,000	0,000	0,000	0,000

Fuente: Autores

Los hallazgos de este estudio coinciden con los de Toledo *et al.* (2020), quienes también destacan que la técnica de polinización asistida o manual logra mejores rendimientos en la fecundación y productividad de *Theobroma cacao*. Sin embargo, el mismo autor principal, años previos, también afirmó que, la no aplicación de fertilizantes o insecticidas en los cultivos de *Theobroma cacao*, es el principal factor que determina los rendimientos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se identificaron cinco especies de la familia ceratopogonides: *Forcipomyia youngi*, *Forcipomyia quatei*, *Dasyhelea borgmeieri*, *Dasyhelea cacaoi* y *Culicoides pusillus*
- Fue demostrado el rol de los polinizadores en la fecundación de la flor del cacao a través de las técnicas de polinización libre y enmangado, siendo la técnica de polinización asistida superior a la polinización libre o natural.
- Los sistemas de producción de cacao no influyeron en la polinización, fecundación y formación de frutos de cacao.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar el experimento en diferentes épocas del año, para poder observar la dinámica de los polinizadores, durante varias épocas.
- Forestar más especies maderables asociadas a los cultivos de *Theobroma cacao* debido a que éstas aumentan el total de individuos polinizadores.
- Realizar experimentos complementarios bajo nuevos escenarios y variando los factores en estudio (por ejemplo: tipo de suelo con técnicas de polinización; pH de suelo con técnicas de polinización, entre otras).

BIBLIOGRAFÍA

- Almaguer, S; Torres, S. (2018). *Evaluación de alternativas agroecológicas para el control del (Myzus persicae) en el Rábano (Raphanus Sativus L)* (Bachelor's thesis, Universidad de Holguín" Oscar Lucero Moya". Facultad de Ciencias Agrícolas).
- Anecacao. (2014). *Actualidad y perspectivas del sector cacaotero en Ecuador*. Guayaquil.
- 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. *Eumed net*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/delos/33/cultivo-cacao.html>
- Attanasi, A. (20 de septiembre de 2007). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de El cacao en el mundo: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/andrade_a_cm/capitulo1.pdf
- Bakieva, M., González Such , J., & Jornet, J. (27 de marzo de 2012). Obtenido de Grupo de Innovación Educativa : https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf
- Barranco Saiz, J. (Lunes 11 de Septiembre de 2017). *Blog de Marketing de Tendencias21* . Obtenido de Blog de Marketing de Tendencias21 : https://www.tendencias21.net/marketing/Metodologias-de-Investigacion-de-Mercados-Observacion-Directa-1_a229.html
- Batista, L. (2009). *infocafes.com*. Obtenido de El cultivo de cacao: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/cacao-1.pdf>
- Beattie, A. J. (1976). Plant dispersion, pollination and gene flow in Viola. *Oecologia*, 25(4), 291-300.
- Bravo, J. C., Somarriba, E., & Arteaga, G. (2011). FACTORES QUE AFECTAN LA ABUNDANCIA DE INSECTOS POLINIZADORES DEL CACAO EN SISTEMAS AGROFORESTALES. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 119 - 131.
- Cazorla Perfetti, D. (2014). CATÁLOGO DE LAS ESPECIES DE CERATOPOGONIDAE (DIPTERA: NEMATOCERA) REGISTRADAS PARA VENEZUELA Y SU IMPORTANCIA AGRO-ECOLÓGICA Y SANITARIA. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 395-408. Obtenido de CATÁLOGO DE LAS ESPECIES DE CERATOPOGONIDAE (DIPTERA: NEMATOCERA) REGISTRADAS PARA VENEZUELA Y SU IMPORTANCIA AGRO-ECOLÓGICA Y SANITARIA: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739475005.pdf>

- Córdoba, C., Cerda, R., Deheuvels, O., Hidalgo, E., & Declerck, F. (2013). *Agroforestería en las Américas*. Obtenido de Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6677/Polinizadores_polinizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Córdoba Correoso, C. T. (2011). *CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA ESCUELA DE POSGRADO*. Obtenido de Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción en Bocas del Toro, Panamá: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4868/Efecto_de_la_estructura_de_sistemas_agroforestales_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De La Cruz, J., & Soria, S. (2015). *ESTUDIO DE FLUCTUACIONES DE POLINIZACIÓN DEL CACAO POR LAS MOSQUITAS *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae), EN PALMIRA, VALLE, COLOMBIA*. EN PALMIRA, VALLE, COLOMBIA.
- Fallas, J. (2012). *UCIPFG*. Obtenido de ANALISIS DE VARIANZA: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf
- Flores Herrera, J. J. (2015). *ESTRATEGIAS PARA AUMENTAR LAS POBLACIONES DE LOS GENEROS A LOS QUE PERTENECEN LOS PRINCIPALES POLINIZADORES DEL *Theobroma cacao* L.*
- Flores Miranda, A. E., & Juela Jadán, G. E. (2018). *Análisis de producción del cacao y su rentabilidad agrícola en el cantón Milagro, Ecuador*. Milagro.
- Gaibor Gómez, J. L. (2018). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*. Obtenido de "Poblaciones y porcentajes de polinización de *Forcipomyia* spp en el cultivo de cacao, en época lluviosa en la Zona de San José del Tambo": <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5157/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000138.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez Carmona, C. (2018). *Identificación y cuantificación de dípteros (Ceratopogonidae) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Granja Luker (Palestina, Caldas) a través de la utilización de materia orgánica en descomposición*. Bogotá.
- González, A. (2018). *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA ESCUELA DE BIOLOGÍA*. Obtenido de Identificación de Insectos polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Concepción, Municipio de Berlín, Departamento de Usulután: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20446/1/19201101.pdf>

- González Pérez, A. M. (Julio de 2018). *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA ESCUELA DE BIOLOGÍA*. Obtenido de "Identificación de Insectos polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Concepción, Municipio de Berlín, Departamento de Usulután." Tesis de LICENCIADA EN BIOLOGÍA: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20446/1/19201101.pdf>
- Gotz, S., & Harvey, C. (2007). *Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: An overview*. Costa Rica: Ed Springer.
- Jiménez, M. ((S.f)). *CFGM TRABAJOS FORESTALES Y DE CONSERVACIÓN MEDIO NATURAL AGROTECNOLOGÍA (BOTÁNICA)*. Obtenido de FUNCIONES, MORFOLOGÍA Y TIPOS DE FLORES.: <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/Flores.pdf>
- Kazuya, N., Gómez, M., & Schneider, M. (Septiembre de 2017). *Selección de diferentes sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae) por aves en Alto Beni, Bolivia - una prueba de cafetería en el campo*. Obtenido de Selección de diferentes sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae) por aves en Alto Beni, Bolivia - una prueba de cafetería en el campo: https://www.researchgate.net/publication/320613903_Seleccion_de_diferentes_sistemas_de_produccion_de_cacao_Theobroma_cacao_Malvaceae_por_aves_en_Alto_Beni_Bolivia_-_una_prueba_de_cafeteria_en_el_campo
- Larrea, M. (Diciembre de 2008). *Manual de campo para la implementación de prácticas amigables*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=43804>
- Lehmann, E. L. and Shaffer, J. P. 1977. On a fundamental theorem in multiple comparisons. *Journal American Statistical Association*, 72:576.
- León Salazar, M. (Noviembre de 2002). Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Llopis, J. (28 de enero de 2013). *wordpress*. Obtenido de TEST DE DUNCAN: <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/28/test-de-duncan/>
- Mata, D., Rivero, M., & Segovia, E. (2017). Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo. *CFORES*, 103.
- Mavisoy M, K. H., Cabezas M, S. R., Ballasteros P, W., & Somarriba, E. (2013). *Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de*. Obtenido de EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE CERATOPOGONIDOS (DÍPTERA) POLINIZADORES DE CACAO (*Theobroma cacao* L):

http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8063/Mavisoy_Evaluacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. México.
- (2002). *Metodología de la Investigación*.
- Mogrovejo, E., & Vera, J. (2010). *iniap*. Obtenido de AUMENTE LA PRODUCCIÓN DE SUS CACAOTALES: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1570/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2036.pdf>
- Mogrovejo, E., & Vera, J. (2010). *repositorio.iniap.gob.ec*. Obtenido de AUMENTE LA PRODUCCION DE SUS CACAOTALES: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1570/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2036.pdf>
- Monje Álvarez, C. (2011). Obtenido de Metodología de la investigación Cuantitativa y Cualitativa : <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Montero, S; Sánchez, P; Solórzano, R; Pinargote, A; Cañarte, E. (2019). Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103, 10(1)*, 1-7.
- Morales Carreón , V. A., & Rodríguez Castrejón, L. A. (Mayo de 2016). Obtenido de APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS SEMIDESÉRTICAS UBICADAS EN EL NORTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA: <http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/2885/Aplicacion%20movil%20para%20la%20identificacion%20de%20plantas%20semid eserticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarro Prado, M., & Mendoza Alonso, I. (Septiembre de 2006). *Guía Técnica para Promotores*. Obtenido de Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5288e/A5288e.pdf>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (Febrero de 2008). *FAO*. Obtenido de *FAO*: <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>
- Pardo, A. S., & García, A. M. (2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Chile.
- Plan Nacional de Desarrollo. (22 de Septiembre de 2017). *Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de Plan Nacioanl de Desarrollo: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

- Ramos Serrano, R. (2011). *ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE INSECTOS POLINIZADORES EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO Y SU RELACION CON LA PRODUCTIVIDAD Y DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL DOSEL*. Honduras.
- Ríos Sevilla, D. (2015). *Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de Theobroma cacao*. Quito.
- Rodríguez Jiménez, A., Pérez, J., & Alipio, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Escuela de Administración de Negocios*, 1-26.
- Rodríguez Jiménez, Andrés. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *EAN*, 179-200.
- Salazar Díaz, R., & Torres Coto, V. (2016). *Estudio de la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao (Theobroma cacao) en tres sistemas de producción*. Costa Rica.
- Sanchez, A., López Juárez, S., Córdova Ávalos, V., & Gallardo López, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 862-877.
- Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva- Vicepresidencia del Ecuador. (29 de julio de 2015). Obtenido de Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva- Vicepresidencia del Ecuador: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Cacao-rev.pdf>
- Segovia Montesdeoca, V. D. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS*. Obtenido de RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (Theobroma cacao L.)”Tesis DE INGENIERÍA AGROPECUARIA: <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/2067/1/T-UTEQ-0054.pdf>
- Toledo-Hernández, M., Tschardtke, T., Tjoa, A., Anshary, A., Cyio, B., & Wanger, T. C. (2020). Hand pollination, not pesticides or fertilizers, increases cocoa yields and farmer income. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 304, 107160.
- Torres, L. A. (2012). *dspace.ucuenca.edu.ec*. Obtenido de Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3250/1/TESIS.pdf>
- Valarezo Cely, O., Cañarte Bermúdez, E., & Navarrete Cedeño, B. (2012). *Artropódos Asociados al cultivo de Cacao en Manabí*. Manabí.

- Vanhove, W., Yao, R. K., N'Zi, J. C., Toussaint, L. A. N. G., Kaminski, A., Smaghe, G., & Van Damme, P. (2020). Impact of insecticide and pollinator-enhancing substrate applications on cocoa (*Theobroma cacao*) cherule and pod production in Côte d'Ivoire. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 293, 106855.
- Vasallo, M. (2015). *editorial.iaen.ede.ec*. Obtenido de Diferencia y agregado de valor en la cadea ecuatoriana del cacao: <https://editorial.iaen.edu.ec/wp-content/uploads/2016/06/Cadena-del-cacao-en-Ecuador.pdf>
- Vera Chang, J., Cabrera Verdezoto, R., Morán Morán, J., Neira Rengifo, K., Haz Burgos, R., Vera Barahona, J., . . . Cabrera Verdesoto, C. (2016). *Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (Theobroma cacao L. Chile*.
- Vera, J., & Mogrovejo, E. (Septiembre de 2010). *AUMENTE LA PRODUCCION DE SUS CACAOTALES HACIENDO POLINIZACION MANUAL SUPLEMENTARIA*. Obtenido de INIAP: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1570/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2036.pdf>
- Wessel, M., & Quist-Wessel, P. F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 74, 1-7.

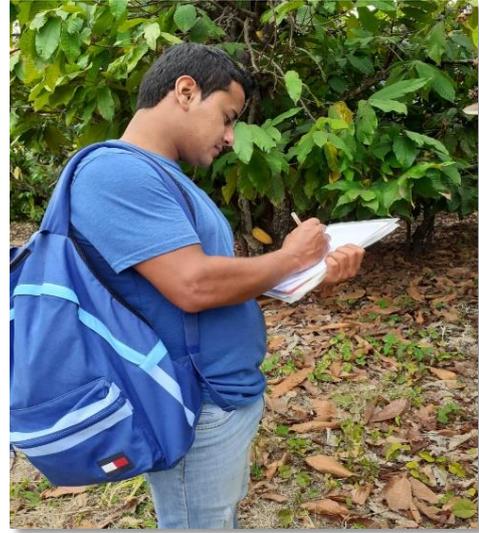
ANEXOS

ANEXO

Anexo 1. Georreferenciación.



Anexo 2. Identificación de especies.



Anexo 3. Toma de fotos a las especies



Anexo 4. Toma de datos de las flores



Anexo 5. Técnica de polinización asistida



Anexo 6. Técnica de enmangado (Testigo)



Anexo 7. Técnica natural



Anexo 8. Botones florares cerrados.



Anexo. 9. Polinizadores presentes en los sistemas de producción

Localidad: Teodomira

Captura de especies de polinizadores en trampas amarillas

Fecha: marzo, 12 de 2020

SISTEMAS	SUSTRATOS	UNIDADES	<i>Culicoides pusillus</i>	<i>Dasyhelea cacaoi</i>	<i>Dasyhelea borgmeieri</i>	<i>Forcipomyia quatei</i>	<i>Forcipomyia youngi</i>
MONOCULTIVO	CASCARA	1	1	0	3	1	0
MONOCULTIVO	CASCARA	2	0	0	1	0	0
MONOCULTIVO	CASCARA	3	0	1	2	2	1
MONOCULTIVO	PSEUDO	1	0	1	1	2	2
MONOCULTIVO	PSEUDO	2	0	0	2	2	0
MONOCULTIVO	PSEUDO	3	0	0	2	2	1
MONOCULTIVO	HOJARASCA	1	0	0	3	0	1
MONOCULTIVO	HOJARASCA	2	0	0	2	2	0
MONOCULTIVO	HOJARASCA	3	0	0	1	0	0
FRUTALES	CASCARA	1	0	0	2	1	0
FRUTALES	CASCARA	2	0	0	2	0	0
FRUTALES	CASCARA	3	0	1	0	2	1
FRUTALES	PSEUDO	1	0	1	3	1	2
FRUTALES	PSEUDO	2	0	1	2	1	1
FRUTALES	PSEUDO	3	0	0	2	2	1
FRUTALES	HOJARASCA	1	0	0	0	0	0
FRUTALES	HOJARASCA	2	0	0	0	0	0
FRUTALES	HOJARASCA	3	0	0	0	0	0
FORESTAL	CASCARA	1	0	0	2	1	1
FORESTAL	CASCARA	2	0	0	1	0	0
FORESTAL	CASCARA	3	0	0	1	2	2
FORESTAL	PSEUDO	1	0	0	2	1	1
FORESTAL	PSEUDO	2	0	0	2	2	0
FORESTAL	PSEUDO	3	2	1	1	1	2
FORESTAL	HOJARASCA	1	0	0	1	0	0
FORESTAL	HOJARASCA	2	0	0	1	1	0
FORESTAL	HOJARASCA	3	1	0	2	0	0

Fuente: Autores

Anexo. 10. Polinizadores presentes en los sistemas de producción.

Localidad: Teodomira

Captura de especies de polinizadores en trampas amarillas

Fecha: marzo, 12 de 2020

Sistemas	Sustratos	UNIDA DES	<i>Culicoides pusillus</i>	<i>Dasyhelea cacaoi</i>	<i>Dasyhelea borgmeieri</i>	<i>Forcipomyia quatei</i>	<i>Forcipomyia youngi</i>	
Monocultivo	Cascara	1	1	0	0	0	0	0
Monocultivo	Cascara	2	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Cascara	3	0	0	1	0	0	0
Monocultivo	Pseudo	1	0	0	1	1	0	0
Monocultivo	Pseudo	2	0	0	1	2	2	2
Monocultivo	Pseudo	3	0	0	1	1	0	0
Monocultivo	Hojarasca	1	0	0	2	0	0	0
Monocultivo	Hojarasca	2	1	0	1	2	0	0
Monocultivo	Hojarasca	3	0	0	2	1	0	0
Frutales	Cascara	1	0	0	3	2	0	0
Frutales	Cascara	2	0	0	2	0	1	1
Frutales	Cascara	3	0	1	1	1	0	0
Frutales	Pseudo	1	0	0	2	1	1	1
Frutales	Pseudo	2	0	0	0	2	1	1
Frutales	Pseudo	3	0	0	2	1	0	0
Frutales	Hojarasca	1	0	0	0	0	0	0
Frutales	Hojarasca	2	0	0	0	0	0	0
Frutales	Hojarasca	3	0	0	0	0	0	0
Forestal	Cascara	1	0	0	2	1	0	0
Forestal	Cascara	2	0	0	2	1	1	1
Forestal	Cascara	3	0	0	2	2	0	0
Forestal	Pseudo	1	0	1	3	1	0	0
Forestal	Pseudo	2	0	0	0	3	0	0
Forestal	Pseudo	3	0	0	4	0	0	0
Forestal	Hojarasca	1	0	0	0	0	0	0
Forestal	Hojarasca	2	0	0	0	1	0	0
FORESTAL	HOJARASCA	3	0	0	1	0	0	0

Fuente: Autores

Anexo. 11. Polinizadores presentes en los sistemas de producción.

Localidad: Teodomira

Captura de especies de polinizadores en trampas amarillas

Fecha: marzo, 12 de 2020

Sistemas	Sustratos	Unidades	<i>Culicoides pusillus</i>	<i>Dasyhelea cacaoi</i>	<i>Dasyhelea borgmeieri</i>	<i>Forcipomyia quatei</i>	<i>Forcipomyia youngi</i>
Monocultivo	Cascara	1	0	1	1	0	0
Monocultivo	Cascara	2	0	0	0	0	0
Monocultivo	Cascara	3	0	0	0	0	0
Monocultivo	Pseudo	1	0	0	3	2	1
Monocultivo	Pseudo	2	0	0	2	0	0
Monocultivo	Pseudo	3	0	0	1	1	1
Monocultivo	Hojarasca	1	0	0	0	0	0
Monocultivo	Hojarasca	2	0	0	3	0	0
Monocultivo	Hojarasca	3	1	0	1	0	0
Frutales	Cascara	1	1	0	1	0	0
Frutales	Cascara	2	0	0	2	0	0
Frutales	Cascara	3	0	1	2	0	0
Frutales	Pseudo	1	0	0	2	1	0
Frutales	Pseudo	2	0	0	3	1	0
Frutales	Pseudo	3	0	0	1	1	2
Frutales	Hojarasca	1	0	0	0	0	0
Frutales	Hojarasca	2	0	0	0	0	0
Frutales	Hojarasca	3	0	0	1	0	0
Forestal	Cascara	1	0	0	1	0	0
Forestal	Cascara	2	0	0	2	1	0
Forestal	Cascara	3	0	0	2	1	0
Forestal	Pseudo	1	0	1	1	2	1
Forestal	Pseudo	2	0	0	1	1	0
Forestal	Pseudo	3	0	1	1	2	2
Forestal	Hojarasca	1	0	0	0	0	0
Forestal	Hojarasca	2	0	0	2	0	0
Forestal	Hojarasca	3	0	0	1	2	1

Fuente: Autores

Anexo. 12. Base de datos de las variables analizadas, de acuerdo a los factores en estudio.

Repetición	Sistema	Técnica	Flores polinizadas (D-6)	Flores fecundadas (D-14)	Frutos formados (D-21)	Frutos formados (D-36)
1	A1	B1	18.33	14.17	14.17	14.17
1	A1	B2	31.11	31.11	31.11	31.11
1	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
1	A2	B1	9.06	3.55	3.55	3.55
1	A2	B2	18.89	18.89	18.89	18.89
1	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
1	A3	B1	25.00	16.67	16.67	16.67
1	A3	B2	13.33	6.67	6.67	6.67
1	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
2	A1	B1	4.79	0.00	0.00	0.00
2	A1	B2	18.89	12.22	5.56	5.56
2	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
2	A2	B1	5.56	0.00	0.00	0.00
2	A2	B2	20.00	20.00	20.00	20.00
2	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
2	A3	B1	4.76	0.00	0.00	0.00
2	A3	B2	13.33	6.67	6.67	6.67
2	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
3	A1	B1	8.10	0.00	0.00	0.00
3	A1	B2	40.00	35.24	35.24	35.24
3	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
3	A2	B1	3.03	0.00	0.00	0.00
3	A2	B2	35.56	0.00	0.00	0.00
3	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
3	A3	B1	11.93	6.67	6.67	6.67
3	A3	B2	26.67	20.00	20.00	20.00
3	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	A1	B1	11.43	6.67	6.67	6.67
4	A1	B2	12.22	12.22	12.22	12.22
4	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	A2	B1	9.89	7.33	7.33	7.33
4	A2	B2	13.33	6.67	6.67	6.67
4	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	A3	B1	4.63	1.85	1.85	1.85
4	A3	B2	16.19	16.19	16.19	16.19
4	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A1	B1	4.76	0.00	0.00	0.00
5	A1	B2	10.00	6.67	6.67	6.67
5	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A2	B1	19.92	4.42	4.42	4.42
5	A2	B2	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A3	B1	6.67	6.67	6.67	6.67
5	A3	B2	21.67	21.67	21.67	21.67
5	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
6	A1	B1	7.78	7.78	7.78	7.78
6	A1	B2	33.33	27.78	27.78	27.78
6	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
6	A2	B1	12.04	12.04	12.04	12.04
6	A2	B2	0.00	0.00	0.00	0.00
6	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
6	A3	B1	8.47	4.76	4.76	4.76
6	A3	B2	33.33	33.33	33.33	33.33
6	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
7	A1	B1	11.36	3.03	3.03	3.03
7	A1	B2	5.56	5.56	5.56	5.56
7	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
7	A2	B1	9.52	4.76	4.76	4.76
7	A2	B2	13.33	13.33	13.33	13.33
7	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
7	A3	B1	0.00	0.00	0.00	0.00
7	A3	B2	13.33	6.67	6.67	6.67
7	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
8	A1	B1	4.76	4.76	4.76	4.76
8	A1	B2	6.67	0.00	0.00	0.00
8	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
8	A2	B1	10.71	2.38	2.38	2.38
8	A2	B2	23.33	23.33	23.33	23.33
8	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
8	A3	B1	4.76	4.76	4.76	4.76
8	A3	B2	21.67	15.00	15.00	15.00
8	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
9	A1	B1	4.17	0.00	0.00	0.00
9	A1	B2	44.44	44.44	44.44	33.33
9	A1	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
9	A2	B1	11.67	8.89	8.89	8.89
9	A2	B2	42.22	24.44	24.44	24.44
9	A2	B3	0.00	0.00	0.00	0.00
9	A3	B1	0.00	0.00	0.00	0.00
9	A3	B2	16.67	16.67	16.67	16.67
9	A3	B3	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo. 13. Prueba de homogenidad de varianza (igualdad de Levene de varianzas de error^a)

	Flores polinizadas (D-6)	Flores fecundadas (D-14)	Frutos formados (D-21)	Frutos formados (D-36)
F	10,610	15,919	17,653	18,030
df1	8	8	8	8
df2	72	72	72	72
Sig.	1,033 E ⁻⁹	2,983E ⁻¹³	2,939E ⁻¹⁴	1,808E ⁻¹⁴
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos. a. Diseño: Intersección + SISTEMA + TECNICA + SISTEMA * TECNICA				

Anexo. 14. Prueba de normalidad de las variables en estudio: Flores polinizadas (D-6), Flores fecundadas (D-14), Frutos formados (D-21) y Frutos formados (D-36).

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flores polinizadas (D-6)	.198	81	.000	.819	81	.000
Flores fecundadas (D-14)	.247	81	.000	.732	81	.000
Frutos formados (D-21)	.249	81	.000	.726	81	.000
Frutos formados (D-36)	.251	81	.000	.735	81	.000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Anexo. 15. ANOVA de dos vías para la variable Flores polinizadas (D-6)

UNIANOVA Flores_polinizadas_día6 BY SISTEMA TECNICA
 /METHOD=SSTYPE(3)
 /INTERCEPT=INCLUDE
 /CRITERIA=ALPHA(0.05)
 /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.

Análisis univariado de varianza

		Notas	
Salida creada		04-FEB-2021 12:58:30	
Comentarios			
Entrada	Datos	/Users/gemamend/Desktop/TRABAJOS/Gema y Erick. Biodiversidad/Grupo 1.sav	
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1	
	Filtro	<ninguno>	
	Ponderación	<ninguno>	
	Segmentar archivo	<ninguno>	
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	81	
Control de valores perdidos	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.	
	Casos utilizados	Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del modelo.	
Sintaxis		UNIANOVA Flores_polinizadas_día6 BY SISTEMA TECNICA /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /CRITERIA=ALPHA(0.05) /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.01	
	Tiempo transcurrido	00:00:00.00	

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
SISTEMA	1.00	A1	27
	2.00	A2	27
	3.00	A3	27
TECNICA	1.00	B1	27
	2.00	B2	27
	3.00	B3	27

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Flores_polinizadas_día6

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5651.612 ^a	8	706.451	11.041	.000
Intersección	7475.908	1	7475.908	116.844	.000
SISTEMA	23.161	2	11.580	.181	.835
TECNICA	5540.274	2	2770.137	43.296	.000
SISTEMA * TECNICA	88.177	4	22.044	.345	.847
Error	4606.704	72	63.982		
Total	17734.224	81			
Total corregido	10258.316	80			

a. R al cuadrado = .551 (R al cuadrado ajustada = .501)

Anexo. 16. ANOVA de dos vías para la variable Flores fecundadas (D-14)

UNIANOVA Flores_fecundadas_día14 BY SISTEMA TECNICA
 /METHOD=SSTYPE(3)
 /INTERCEPT=INCLUDE
 /CRITERIA=ALPHA(0.05)
 /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.

Análisis univariado de varianza

		Notas	
Salida creada			04-FEB-2021 12:58:47
Comentarios			
Entrada	Datos	/Users/gemamend/Desktop/TRABAJOS/Gema y Erick. Biodiversidad/Grupo 1.sav	
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1	
	Filtro	<ninguno>	
	Ponderación	<ninguno>	
	Segmentar archivo	<ninguno>	
	N de filas en el archivo de datos de trabajo		81
Control de valores perdidos	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.	
	Casos utilizados	Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del modelo.	
Sintaxis		UNIANOVA Flores_fecundadas_día14 BY SISTEMA TECNICA /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /CRITERIA=ALPHA(0.05) /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.	
Recursos	Tiempo de procesador		00:00:00.01
	Tiempo transcurrido		00:00:00.00

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
SISTEMA	1.00	A1	27
	2.00	A2	27
	3.00	A3	27
TECNICA	1.00	B1	27
	2.00	B2	27
	3.00	B3	27

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Flores_fecundadas_día14

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3811.188 ^a	8	476.399	8.726	.000
Intersección	3679.501	1	3679.501	67.399	.000
SISTEMA	70.602	2	35.301	.647	.527
TECNICA	3546.770	2	1773.385	32.484	.000
SISTEMA * TECNICA	193.816	4	48.454	.888	.476
Error	3930.697	72	54.593		
Total	11421.386	81			
Total corregido	7741.885	80			

a. R al cuadrado = .492 (R al cuadrado ajustada = .436)

Anexo. 17. ANOVA de dos vías para la variable Frutos formados (D-21)

UNIANOVA Frutos_formadas_día21 BY SISTEMA TECNICA
 /METHOD=SSTYPE(3)
 /INTERCEPT=INCLUDE
 /CRITERIA=ALPHA(0.05)
 /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.

Análisis univariado de varianza

		Notas	
Salida creada			04-FEB-2021 12:59:02
Comentarios			
Entrada	Datos	/Users/gemamend/Desktop/TRABAJOS/Gema y Erick. Biodiversidad/Grupo 1.sav	
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1	
	Filtro	<ninguno>	
	Ponderación	<ninguno>	
	Segmentar archivo	<ninguno>	
	N de filas en el archivo de datos de trabajo		81
Control de valores perdidos	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.	
	Casos utilizados	Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del modelo.	
Sintaxis		UNIANOVA Frutos_formadas_día21 BY SISTEMA TECNICA /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /CRITERIA=ALPHA(0.05) /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.	
Recursos	Tiempo de procesador		00:00:00.01
	Tiempo transcurrido		00:00:00.00

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
SISTEMA	1.00	A1	27
	2.00	A2	27
	3.00	A3	27
TECNICA	1.00	B1	27
	2.00	B2	27
	3.00	B3	27

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Frutos_formadas_día21

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3645.989 ^a	8	455.749	8.069	.000
Intersección	3590.273	1	3590.273	63.565	.000
SISTEMA	57.059	2	28.529	.505	.606
TECNICA	3428.087	2	1714.043	30.347	.000
SISTEMA * TECNICA	160.843	4	40.211	.712	.586
Error	4066.709	72	56.482		
Total	11302.971	81			
Total corregido	7712.697	80			

a. R al cuadrado = .473 (R al cuadrado ajustada = .414)

Anexo. 18. ANOVA de dos vías para la variable Frutos formados (D-36)

UNIANOVA Frutos_formadas_día36 BY SISTEMA TECNICA
 /METHOD=SSTYPE(3)
 /INTERCEPT=INCLUDE
 /CRITERIA=ALPHA(0.05)
 /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.

Análisis univariado de varianza**Notas**

Salida creada		04-FEB-2021 12:59:14
Comentarios		
Entrada	Datos	/Users/gemamend/Desktop/TRABAJOS/Gema y Erick. Biodiversidad/Grupo 1.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	81
Control de valores perdidos	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del modelo.
Sintaxis		UNIANOVA Frutos_formadas_día36 BY SISTEMA TECNICA /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /CRITERIA=ALPHA(0.05) /DESIGN=SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.01
	Tiempo transcurrido	00:00:00.00

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
SISTEMA	1.00	A1	27
	2.00	A2	27
	3.00	A3	27
TECNICA	1.00	B1	27
	2.00	B2	27
	3.00	B3	27

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Frutos_formadas_día36

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3389.907 ^a	8	423.738	8.463	.000
Intersección	3443.864	1	3443.864	68.778	.000
SISTEMA	39.340	2	19.670	.393	.677
TECNICA	3234.978	2	1617.489	32.303	.000
SISTEMA * TECNICA	115.589	4	28.897	.577	.680
Error	3605.175	72	50.072		
Total	10438.946	81			
Total corregido	6995.082	80			

a. R al cuadrado = .485 (R al cuadrado ajustada = .427)

Anexo. 19. ANOVA de dos vías para las cuatro variables conjuntas: Flores polinizadas (D-6), Flores fecundadas (D-14), Frutos formados (D-21) y Frutos formados (D-36).

```
GLM Flores_polinizadas_día6 Flores_fecundadas_día14 Frutos_formadas_día21
Frutos_formadas_día36 BY
  SISTEMA TECNICA
/METHOD=SSTYPE(3)
/INTERCEPT=INCLUDE
/CRITERIA=ALPHA(.05)
/DESIGN= SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.
```

Modelo lineal general

		Notas	
Salida creada			04-FEB-2021 12:59:30
Comentarios			
Entrada	Datos	/Users/gemamend/Desktop/TRABAJOS/Gema y Erick. Biodiversidad/Grupo 1.sav	
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1	
	Filtro	<ninguno>	
	Ponderación	<ninguno>	
	Segmentar archivo	<ninguno>	
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	81	
Control de valores perdidos	Definición de ausencia	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.	
	Casos utilizados	Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del modelo.	
Sintaxis		GLM Flores_polinizadas_día6 Flores_fecundadas_día14 Frutos_formadas_día21 Frutos_formadas_día36 BY SISTEMA TECNICA /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /CRITERIA=ALPHA(.05) /DESIGN= SISTEMA TECNICA SISTEMA*TECNICA.	
Recursos	Tiempo procesador de		00:00:00.01
	Tiempo transcurrido		00:00:00.00

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
SISTEMA	1.00	A1	27
	2.00	A2	27
	3.00	A3	27
TECNICA	1.00	B1	27
	2.00	B2	27
	3.00	B3	27

Pruebas multivariante^a

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	.638	30.391 ^b	4.000	69.000	.000
	Lambda de Wilks	.362	30.391 ^b	4.000	69.000	.000
	Traza de Hotelling	1.762	30.391 ^b	4.000	69.000	.000
	Raíz mayor de Roy	1.762	30.391 ^b	4.000	69.000	.000
SISTEMA	Traza de Pillai	.095	.873	8.000	140.000	.541
	Lambda de Wilks	.907	.866 ^b	8.000	138.000	.547
	Traza de Hotelling	.101	.858	8.000	136.000	.553
	Raíz mayor de Roy	.075	1.313 ^c	4.000	70.000	.274
TECNICA	Traza de Pillai	.640	8.238	8.000	140.000	.000
	Lambda de Wilks	.399	10.047 ^b	8.000	138.000	.000
	Traza de Hotelling	1.405	11.943	8.000	136.000	.000
	Raíz mayor de Roy	1.331	23.288 ^c	4.000	70.000	.000
SISTEMA * TECNICA	Traza de Pillai	.158	.743	16.000	288.000	.749
	Lambda de Wilks	.845	.749	16.000	211.436	.741
	Traza de Hotelling	.180	.758	16.000	270.000	.733
	Raíz mayor de Roy	.155	2.789 ^c	4.000	72.000	.033

a. Diseño : Intersección + SISTEMA + TECNICA + SISTEMA * TECNICA

b. Estadístico exacto

c. El estadístico es un límite superior en F que genera un límite inferior en el nivel de significación.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Flores_polinizadas_día6	5651.612 ^a	8	706.451	11.041	.000
	Flores_fecundadas_día14	3811.188 ^b	8	476.399	8.726	.000
	Frutos_formadas_día21	3645.989 ^c	8	455.749	8.069	.000
	Frutos_formadas_día36	3389.907 ^d	8	423.738	8.463	.000
Intersección	Flores_polinizadas_día6	7475.908	1	7475.908	116.844	.000
	Flores_fecundadas_día14	3679.501	1	3679.501	67.399	.000
	Frutos_formadas_día21	3590.273	1	3590.273	63.565	.000
	Frutos_formadas_día36	3443.864	1	3443.864	68.778	.000
SISTEMA	Flores_polinizadas_día6	23.161	2	11.580	.181	.835
	Flores_fecundadas_día14	70.602	2	35.301	.647	.527
	Frutos_formadas_día21	57.059	2	28.529	.505	.606
	Frutos_formadas_día36	39.340	2	19.670	.393	.677
TECNICA	Flores_polinizadas_día6	5540.274	2	2770.137	43.296	.000
	Flores_fecundadas_día14	3546.770	2	1773.385	32.484	.000
	Frutos_formadas_día21	3428.087	2	1714.043	30.347	.000
	Frutos_formadas_día36	3234.978	2	1617.489	32.303	.000
SISTEMA * TECNICA	Flores_polinizadas_día6	88.177	4	22.044	.345	.847
	Flores_fecundadas_día14	193.816	4	48.454	.888	.476
	Frutos_formadas_día21	160.843	4	40.211	.712	.586
	Frutos_formadas_día36	115.589	4	28.897	.577	.680
Error	Flores_polinizadas_día6	4606.704	72	63.982		
	Flores_fecundadas_día14	3930.697	72	54.593		
	Frutos_formadas_día21	4066.709	72	56.482		
	Frutos_formadas_día36	3605.175	72	50.072		
Total	Flores_polinizadas_día6	17734.224	81			
	Flores_fecundadas_día14	11421.386	81			
	Frutos_formadas_día21	11302.971	81			

	Frutos_formadas_día36	10438.946	81			
Total	Flores_polinizadas_día6	10258.316	80			
corregido	Flores_fecundadas_día14	7741.885	80			
	Frutos_formadas_día21	7712.697	80			
	Frutos_formadas_día36	6995.082	80			

a. R al cuadrado = .551 (R al cuadrado ajustada = .501)

b. R al cuadrado = .492 (R al cuadrado ajustada = .436)

c. R al cuadrado = .473 (R al cuadrado ajustada = .414)

d. R al cuadrado = .485 (R al cuadrado ajustada = .427)

Anexo.20. Prueba de Tukey para determinar la significancia del factor Sistema en las cuatro variables conjuntas: Flores polinizadas (D-6), Flores fecundadas (D-14), Frutos formados (D-21) y Frutos formados (D-36).

SISTEMA

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) SISTEMA	(J) SISTEMA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Flores_polinizadas_día6	A1	A2	.7274	2.17702	.940	-4.4825	5.9373
		A3	1.3070	2.17702	.820	-3.9028	6.5169
	A2	A1	-.7274	2.17702	.940	-5.9373	4.4825
		A3	.5796	2.17702	.962	-4.6302	5.7895
	A3	A1	-1.3070	2.17702	.820	-6.5169	3.9028
		A2	-.5796	2.17702	.962	-5.7895	4.6302
Flores_fecundadas_día14	A1	A2	2.2822	2.01095	.496	-2.5302	7.0947
		A3	1.0148	2.01095	.869	-3.7976	5.8273
	A2	A1	-2.2822	2.01095	.496	-7.0947	2.5302
		A3	-1.2674	2.01095	.804	-6.0799	3.5450
	A3	A1	-1.0148	2.01095	.869	-5.8273	3.7976
		A2	1.2674	2.01095	.804	-3.5450	6.0799
Frutos_formadas_día21	A1	A2	2.0356	2.04545	.582	-2.8595	6.9306
		A3	.7681	2.04545	.925	-4.1269	5.6632
	A2	A1	-2.0356	2.04545	.582	-6.9306	2.8595
		A3	-1.2674	2.04545	.810	-6.1624	3.6276
	A3	A1	-.7681	2.04545	.925	-5.6632	4.1269
		A2	1.2674	2.04545	.810	-3.6276	6.1624
Frutos_formadas_día36	A1	A2	1.6241	1.92588	.677	-2.9848	6.2330
		A3	.3567	1.92588	.981	-4.2522	4.9655
	A2	A1	-1.6241	1.92588	.677	-6.2330	2.9848
		A3	-1.2674	1.92588	.788	-5.8763	3.3415
	A3	A1	-.3567	1.92588	.981	-4.9655	4.2522
		A2	1.2674	1.92588	.788	-3.3415	5.8763

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 50.072.

Subconjuntos homogéneos

Flores_polinizadas_día6

HSD Tukey^{a,b}

SISTEMA	N	Subconjunto
		1
A3	27	8.9781
A2	27	9.5578
A1	27	10.2852
Sig.		.820

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 63.982.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Flores_fecundadas_día14

HSD Tukey^{a,b}

SISTEMA	N	Subconjunto
		1
A2	27	5.5567
A3	27	6.8241
A1	27	7.8389
Sig.		.496

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 54.593.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Frutos_formadas_día21

HSD Tukey^{a,b}

SISTEMA	N	Subconjunto
		1
A2	27	5.5567
A3	27	6.8241
A1	27	7.5922
Sig.		.582

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 56.482.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Frutos_formadas_día36

HSD Tukey^{a,b}

SISTEMA	N	Subconjunto
		1
A2	27	5.5567
A3	27	6.8241
A1	27	7.1807
Sig.		.677

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 50.072.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Anexo. 21. Prueba de Tukey para determinar la significancia del factor Técnica en Flores polinizadas (D-6), Flores fecundadas (D-14), Frutos formados (D-21) y Frutos formados (D-36).

TECNICA

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) TECNICA	(J) TECNICA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Flores_polinizadas_día6	B1	B2	-11.5544*	2.17702	.000	-16.7643	-6.3446
		B3	8.6333*	2.17702	.000	3.4235	13.8432
	B2	B1	11.5544*	2.17702	.000	6.3446	16.7643
		B3	20.1878*	2.17702	.000	14.9779	25.3977
	B3	B1	-8.6333*	2.17702	.000	-13.8432	-3.4235
		B2	-20.1878*	2.17702	.000	-25.3977	-14.9779
Flores_fecundadas_día14	B1	B2	-11.2448*	2.01095	.000	-16.0573	-6.4324
		B3	4.4874	2.01095	.073	-.3250	9.2999
	B2	B1	11.2448*	2.01095	.000	6.4324	16.0573
		B3	15.7322*	2.01095	.000	10.9198	20.5447
	B3	B1	-4.4874	2.01095	.073	-9.2999	.3250
		B2	-15.7322*	2.01095	.000	-20.5447	-10.9198
Frutos_formadas_día21	B1	B2	-10.9981*	2.04545	.000	-15.8932	-6.1031
		B3	4.4874	2.04545	.079	-.4076	9.3824
	B2	B1	10.9981*	2.04545	.000	6.1031	15.8932
		B3	15.4856*	2.04545	.000	10.5905	20.3806
	B3	B1	-4.4874	2.04545	.079	-9.3824	.4076
		B2	-15.4856*	2.04545	.000	-20.3806	-10.5905
Frutos_formadas_día36	B1	B2	-10.5867*	1.92588	.000	-15.1955	-5.9778
		B3	4.4874	1.92588	.058	-.1215	9.0963
	B2	B1	10.5867*	1.92588	.000	5.9778	15.1955
		B3	15.0741*	1.92588	.000	10.4652	19.6830
	B3	B1	-4.4874	1.92588	.058	-9.0963	.1215
		B2	-15.0741*	1.92588	.000	-19.6830	-10.4652

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 50.072.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel

Subconjuntos homogéneos

Flores_polinizadas_día6

HSD Tukey^{a,b}

TECNICA	N	Subconjunto		
		1	2	3
B3	27	.0000		
B1	27		8.6333	
B2	27			20.1878
Sig.		1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 63.982.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Flores_fecundadas_día14

HSD Tukey^{a,b}

TECNICA	N	Subconjunto	
		1	2
B3	27	.0000	
B1	27	4.4874	
B2	27		15.7322
Sig.		.073	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 54.593.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Frutos_formadas_día21

HSD Tukey^{a,b}

TECNICA	N	Subconjunto	
		1	2
B3	27	.0000	
B1	27	4.4874	
B2	27		15.4856
Sig.		.079	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 56.482.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =

Frutos_formadas_día36

HSD Tukey^{a,b}

TECNICA	N	Subconjunto	
		1	2
B3	27	.0000	
B1	27	4.4874	
B2	27		15.0741
Sig.		.058	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 50.072.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa =