



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

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN
DE DOS TIPOS DE CACAO BAJO TRES SUSTRATOS
ALIMENTICIOS EN MANABÍ**

AUTORAS:

**CRISTINA LISSETH RODRÍGUEZ LOOR
KATHERIN MARÍA VERA COBEÑA**

TUTORA:

ING. SILVIA LORENA MONTERO CEDEÑO PHD.

CALCETA, FEBRERO DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Cristina Lisseth Rodríguez Loor** con cédula de identidad **1351407091**, y **Katherin Maria Vera Cobeña** con cédula de identidad **1752072387**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **Servicio ecosistémico de polinización en la producción de dos tipos de cacao bajo tres sustratos alimenticios en Manabí** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autoras sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

Cristina Lisseth Rodríguez Loor
CC: 1351407091

Katherin María Vera Cobeña
CC: 1752072387

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Cristina Lisseth Rodríguez Loor, con cédula de ciudadanía **1351407091** y **Katherin María Vera Cobeña**, con cédula de ciudadanía **1752072387**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **Servicio ecosistémico de polinización de dos tipos de cacao bajo tres sustratos alimenticios en Manabí**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



Cristina Lisseth Rodríguez Loor
CC: 1351407091



Katherin María Vera Cobeña
CC: 1752072387

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Silvia Lorena Montero Cedeño PhD., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **Servicio ecosistémico de polinización de dos tipos de cacao bajo tres sustratos alimenticios en Manabí**, que ha sido desarrollado por **Cristina Lisseth Rodríguez Loor** y **Katherin Maria Vera Cobeña**; previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Silvia Lorena Montero Cedeño PhD.
CC: 1305358051
TUTORA

CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Yo, José Miguel Giler Molina, Coordinador del Grupo de investigación Grupo de Investigación de Recursos Naturales, Biodiversidad y Desarrollo Sostenible (GIRBDS). certifico que las estudiantes, **Cristina Lisseth Rodríguez Loor** y **Katherin Maria Vera Cobeña**, realizaron su Trabajo de Integración Curricular titulado: **“Servicio ecosistémico de polinización de dos tipos de cacao bajo tres sustratos alimenticios en Manabí”** previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL**. Este trabajo se ejecutó como parte de una actividad del programa de investigación titulado **“SERVICIO ECOSISTÉMICO Y POLINIZADORES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO, CON VARIOS SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ”**, registrado en la Secretaría Nacional de Planificación con CUP 91880000.0000.386886.

Ing. José Miguel Giler Molina, M.Sc.
COORDINADOR DEL GRUPO DE
INVESTIGACIÓN GIRBDS
CC:1310656762

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: **Servicio ecosistémico de polinización de dos tipos de cacao bajo tres sustratos alimenticios en Manabí**, que ha sido desarrollado por **Cristina Lisseth Rodríguez Loor** y **Katherin María Vera Cobeña**, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

M. Sc. José Manuel Calderón Pincay
CC: 2300121833
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M. Sc. Kevin Alexander Patiño Alonzo
CC: 1313231118
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

M. Sc. Carlos Fabián Solórzano Solórzano
CC: 1306071984
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestros padres y demás familiares que de alguna u otra manera nos ayudaron en nuestros estudios.

Al personal que trabaja en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “INIAP” por permitirnos desarrollar nuestra investigación y brindarnos las facilidades para alcanzar nuestros objetivos.

A nuestra tutora, la Doctora Silvia Montero por ser esa guía profesional en todo este trayecto.

A Dios, por habernos otorgado fuerza, salud y perseverancia para seguir adelante durante este arduo camino estudiantil.

DEDICATORIA

A mi madre Janeth Cobeña por ser la persona que más me ha apoyado en este camino, sin ella no habría logrado mis metas y es por ella que hoy en día soy mejor persona y seguiré adelante con mis proyectos.

KATHERIN MARIA VERA COBEÑA

DEDICATORIA

A mis padres Rogerio Rodríguez y Lorena Loor que, con mucho sacrificio me apoyaron en cada paso desde mis primeros inicios académicos hasta la culminación de esta etapa, ellos han sido mi pilar fundamental para lograrlo y sobre todo por el esfuerzo que cada día realizaron para poder culminar mis estudios.

A mi hija Liah Mailin por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para tener un mejor futuro.

CRISTINA LISSETH RODRÍGUEZ LOOR

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE	xi
ABSTRACT	xii
KEY WORDS	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. IDEA A DEFENDER	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ORIGEN DEL CACAO	6
2.2. TIPOS DE CACAO	6
2.2.1. CACAO NACIONAL	6
2.2.2. CACAO CLON CCN-51	7
2.3. BIOLOGÍA FLORAL DEL CACAO	7
2.3.1. ESTRUCTURA DE LA FLOR DE CACAO	8
2.3.2. FLORACIÓN DEL CACAO	8
2.3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLORACIÓN DEL CACAO	9
2.4. POLINIZACIÓN	10
2.4.1. POLINIZACIÓN NATURAL	10
2.4.2. POLINIZACIÓN ARTIFICIAL	11
2.4.3. POLINIZACIÓN EN CACAO	11
2.4.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS POLINIZADORES ENTOMÓFILOS	12
2.4.5. EL VALOR DE LA POLINIZACIÓN COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO	13
2.5. SUSTRATOS ALIMENTICIOS	14
2.5.1. Pseudotallo de plátano, cáscara de cacao y hojarasca	14

2.5.2. POLINIZACIÓN Y SU INTERACCIÓN CON SUSTRATOS ALIMENTICIOS.....	15
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	16
3.1. UBICACIÓN.....	16
3.2. DURACIÓN.....	16
3.3. VARIABLES A MEDIR	16
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	16
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	16
3.4. MÉTODOS.....	17
3.5. TÉCNICAS.....	17
3.5.1. OBSERVACIÓN DIRECTA	17
3.5.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO	17
3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL	18
3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO	18
3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	18
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
PROCEDIMIENTO.....	20
FASE 1. DETERMINAR LA BIOLOGÍA FLORAL EN DOS TIPOS DE CACAO CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ. CASO ESPAM MFL.....	20
FASE 2. RELACIONAR EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LOS POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) Y LA FLUCTUACIÓN EN LA BIOLOGÍA FLORAL DE DOS TIPOS DE CACAO, CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ. CASO ESPAM MFL	21
FASE 3. CUANTIFICAR LAS ESPECIES DE POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) ENCONTRADAS EN DOS TIPOS DE CACAO, BAJO TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS.....	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA FLORAL EN DOS TIPOS DE CACAO CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ. CASO ESPAM MFL.....	24
4.2. RELACIÓN ENTRE EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LOS POLINIZADORES (DÍPTERA: CERATOPOGONIADAE) Y LA FLUCTUACIÓN EN LA BIOLOGÍA FLORAL DE DOS TIPOS DE CACAO, CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ. CASO ESPAM MFL	25
4.3. CUANTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) ENCONTRADAS EN DOS TIPOS DE CACAO, BAJO TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS	26
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
5.1. CONCLUSIONES	29
5.2. RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS.....	38

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el servicio ecosistémico de polinización y determinar la biología floral de dos tipos de cacao en Manabí, se aplicó el método inductivo-deductivo, estadístico y bibliográfico, además se usó las técnicas de observación directa e investigación de campo. La recolección de datos en las parcelas se realizó de manera mensual y con frecuencia de 3, 6, 14, 21, 28 días y 2 y 4 meses desde la aparición del botón floral; se estudió también la producción en Kg/ha del cacao con cosechas en períodos mensuales. Como resultado se obtuvo que la presencia de polinizadores Ceratopogonidae es mayor cuando se aplica sustratos alimenticios húmedos como el pseudotallo de plátano, a su vez la presencia de flores aumentó significativamente debido a estos polinizadores; los géneros ceratopogonidos más abundantes fueron *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Culicoide*; se concluyó que la polinización es un servicio ecosistémico de gran importancia y propiciar el ambiente adecuado para que estos insectos se desarrollen se ve reflejado de manera positiva en el desarrollo del fruto y a su vez en la producción.

PALABRAS CLAVE

Parcela, polinización, mazorca, hojarasca, ecosistémico.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the ecosystem service of pollination and to determine the floral biology of two types of cocoa in Manabí, the inductive-deductive, statistical and bibliographic method was applied, and the techniques of direct observation and field research were also used. Data collection in the plots was carried out on a monthly basis and with a frequency of 3, 6, 14, 21, 28, 28 days and 2 and 4 months from the appearance of the flower bud; the production in kg/ha of cocoa was also studied with harvests in monthly periods. As a result, it was obtained that the presence of Ceratopogonidae pollinators is higher when wet food substrates such as banana pseudostems are applied, and the presence of flowers increased significantly due to these pollinators; the most abundant ceratopogonid genera were *Forcipomyia*, *Dasyhelea* and *Culicoide*; it was concluded that pollination is an ecosystem service of great importance and providing the right environment for these insects to develop is positively reflected in the development of the fruit and in turn in production.

KEY WORDS

Plot, pollination, cob, leaf litter, ecosystemic.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie económicamente importante la cual, es producida por más de 6 millones de agricultores alrededor del mundo, siendo un negocio que beneficia a más de 40 millones de productores (Beg et al., 2017) además, se estima que entre el 80 y el 90% de la producción total en el mundo surge de la agricultura familiar (World Cocoa Foundation, 2014).

De acuerdo a los datos obtenidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022), actualmente el Ecuador es el quinto país donde existe mayor producción de cacao (grano seco) en el mundo y el primero en Latinoamérica, siendo Ecuador el principal exportador mundial de cacao fino y de aroma (López, 2017). Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA] (2022) en el año 2020, Ecuador obtuvo una producción considerada de 327.903 Tn con una superficie cosechada de alrededor de 527.347 ha; a nivel de la provincia de Manabí hubo un descenso en los rendimientos con 0,44 Tn/ha en 2020 a diferencia de 0,50 y 0,51 Tn/ha entre los años 2018 y 2019.

En la provincia de Manabí existe actualmente una aceptable producción de cacao del 13,93%, en el cantón Bolívar-Calacota, la producción del cacao fino y de aroma creció contando con alrededor de 650 fincas de las cuales existen unas 3.300 hectáreas sembradas en diferentes zonas del cantón, lo que ha permitido el asentamiento de centros de acopio; el cacao fino de aroma de los agricultores de este cantón fue reconocido como uno de los mejores del mundo, sucedió en París (Francia); en el marco del Premio Internacional del Cacao 2017, la muestra de la agrupación 'Fortaleza del Valle' recibió el reconocimiento por su alto grado de calidad (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2017).

La población nacional de cacao, desde el punto de vista del fruto, se representa por los tipos criollos y CCN 51, mismos que presentan diferenciación en su desarrollo y producción (López-Hernández, et al., 2018); esta variabilidad ha favorecido el interés por entender los efectos del ambiente en la floración y fructificación del cacao, con el fin de identificar su dinámica durante estas etapas fenológicas, y mejorar la producción; el estudio de la biología floral permite identificar las diferentes etapas

desde la formación de primordios florales hasta la madurez fisiológica del fruto, contribuyendo al conocimiento de la dinámica del crecimiento del fruto (López et al., 2018). Además, cabe recalcar que, en el cultivo del cacao, para que haya una buena polinización es necesario la presencia de agentes polinizadores y los Ceratopogonidae son los responsables de realizar este importante proceso, ya que a través de ellos se obtiene altos rendimientos en la producción y por ende una buena cosecha (Cañarte et al., 2021; Montero et al., 2022).

Según Sosenski (2018) la polinización es un servicio ecosistémico primordial para el bienestar humano y la existencia de gran variedad de especies ya que un alto porcentaje de estas dependen de la polinización para producir frutos y semillas; en la actualidad el deterioro ambiental sobre la abundancia, diversidad y actividad de polinizadores como consecuencia del uso de pesticidas, la agricultura, el cambio climático, destrucción de hábitat, entre otros factores, representan una problemática ambiental.

En las plantaciones de cacao es primordial el proceso de polinización; este es realizado en el interior de las flores donde los polinizadores lleva el gameto masculino (polen dentro de las anteras) hacia el gameto femenino (estigma) de una misma flor u otra flor; la polinización entomófila donde interfiere los insectos, es conocido como un proceso de simbiosis que produce varios beneficios en la reproducción (Gaibor, 2018).

A causa del reducido tamaño de las flores de *T. cacao*, la polinización es únicamente realizada por insectos (Armijos et al., 2020, Cañarte et al 2021), entre ellos dípteros de la familia Ceratopogonidae, géneros *Forcipomyia*, *Dashyelea* y *Atrichopogon*, donde *Forcipomyia* se considera el más calificado, sin embargo, la presencia de *Ceratopogonidae* es escasa en los diversos cultivos debido al retiro de materia orgánica (hojarasca) donde se desarrollan y como resultado, disminuye la población afectando de tal manera el rendimiento de la producción (Gomez, 2018).

Varios estudios demuestran que este cultivo depende mucho de la sincronización de las poblaciones de Ceratopogonidae de cacao con los ciclos de floración y factores ambientales, principalmente la precipitación, que influye directamente en su actividad (Cañarte et al., 2021). Para la conservación de estos insectos, se recomienda colocar zonas de refugio que en su mayoría son pseudotallo de plátano y cáscara de cacao

de la cosecha, repartidos uniformemente en toda el área del cultivo (Valarezo et al., 2012; Montero et al., 2019).

Un elemento a tomar en cuenta es el suplemento alimenticio, que se encuentra disponible en zona de la plantación, logrando ser necesario para garantizar la diversidad de insectos y otros saprófagos que ayudan de una u otra manera a enriquecer los suelos (Montero et al., 2019). Dichos organismos requieren de un entorno rico en hojarasca, buena aireación y drenaje, más que en todo en las épocas de precipitación, donde se conservará la humedad del suelo durante la época seca del año (Batista, 2009).

La cáscara de cacao se considera un residuo agroindustrial y posee un gran valor nutricional, ya que contiene vitaminas A y C, fibra, proteínas y minerales como calcio y magnesio (Chóez, 2020), según Jaimez (1999) la hojarasca representa el principal aporte de nutrientes al suelo. El pseudotallo del plátano es una fuente de fibra, lípidos, proteínas y compuestos con alta capacidad antioxidante (López, 2014).

La información existente sobre la biología floral y la polinización del cacao nacional y cacao CCN-51 (*Theobroma cacao*), en el Ecuador actualmente es escasa. Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo influyen los sustratos alimenticios sobre la biología floral y el servicio ecosistémico de la polinización en dos tipos de cacao?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista **ambiental** esta investigación ayudó a comprender la importancia de la polinización y del servicio ecosistémico de los polinizadores evidenciado en el desarrollo de la biología floral del cacao; se comprendió como afectan las condiciones climáticas a la abundancia de los polinizadores, además se evidenció la complejidad de la polinización de la flor de cacao en condiciones ambientales naturales; se pretende que los resultados de esta investigación aporten al mantenimiento de la biodiversidad de los polinizadores en cacao (García y Cedeño, 2022).

De acuerdo a (Martínez y Merello, 2020) en el aspecto **metodológico** se aportó significativamente con información sobre el desarrollo de la biología floral del Cacao, su comportamiento, variabilidad y sobre el servicio ecosistémico de la polinización, para que pueda ser manejada e implementada en futuras investigaciones y también pueda ser aplicada por productores a nivel nacional.

Desde el punto de vista **legal** esta investigación se enmarcó en la meta 5 del Objetivo 15 de Desarrollo Sostenible, “Vida de ecosistemas terrestres” sobre “Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica”. Así mismo, se conectó con el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 en el Objetivo 11. del “Eje Transición Ecológica” que dicta así: “Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales” (Muriel, 2016).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el servicio ecosistémico de la polinización en dos tipos de cacao con aplicación de tres sustratos alimenticios.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la biología floral en dos tipos de cacao con tres sustratos alimenticios en Manabí.

- Relacionar el servicio ecosistémico de los polinizadores (Diptera: Ceratopogonidae) y la fluctuación en la biología floral de dos tipos de cacao, con tres sustratos alimenticios en Manabí.
- Cuantificar las especies de polinizadores (Diptera: Ceratopogonidae) encontradas en dos tipos de cacao, bajo tres sustratos alimenticios.

1.4. IDEA A DEFENDER

La polinización como servicio ecosistémico influirá en la producción de dos tipos de cacao.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DEL CACAO

El nombre científico es *Theobroma cacao* L, nombre proviene del vocablo “xocolatl” de los Mayas, o del idioma náhuatl (un grupo descendiente de los mayas), con el término acáhua, 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 una planta originaria de los trópicos de América del Sur, su origen se considera que está situado en la zona alta amazónica entre Perú, Ecuador y Colombia (Enríquez, 2010). En la actualidad, sigue siendo un tema de discusión, pero estudios bioquímicos y moleculares revelan que el centro de domesticación de este cultivo fue en la parte alta del Amazonas, entre la frontera de Ecuador y Perú, revelando que los granos se utilizaban para fabricar bebidas alcohólicas y no alcohólicas para ofrecer a los altos mandos, reyes o sacerdotes (Rodríguez, et al., 2022).

2.2. TIPOS DE CACAO

Todos los cultivos de cacao se clasifican en una sola especie *Theobroma cacao* y se encuentra subdividida en grupos bien diferenciados de cacao: Cacao Nacional y Cacao CCN-51 (Vera, 2022).

2.2.1. CACAO NACIONAL

De acuerdo a Rodríguez (2015) la variedad conocida como Cacao Nacional existe en la región costa del Pacífico de Ecuador, se estima como nativo de este país. Durante principios de 1600 hubo pequeñas plantaciones de la variedad de cacao Nacional en las orillas del río Guayas que se propagan en sus afluentes: Daule y Babahoyo (ríos hacia arriba) que se originó el nombre de "arriba". Esta variedad de cacao tiene un fuerte aroma floral en todo el mundo conocido también como el sabor "arriba" en los mercados internacionales; esta calidad es muy utilizada para fabricar chocolates finos y se produce principalmente en Ecuador (Intriago, 2018).

Para el cacao Nacional existen varias oportunidades, además cuenta con una presencia importante en las importaciones para los mejores mercados del mundo, así

mismo, es usado para la producción de chocolates especiales. Los mercados de calidad tienen un interés creciente en encontrar cacao de alta calidad, de sabores y orígenes especiales. Esta exigencia de calidad como lo es el cacao nacional, implica procesos donde no utilizan productos agroquímicos, respecto a las normas ambientales y sociales en los países productores (Larrea, 2008).

2.2.2. CACAO CLON CCN-51

El CCN-51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano que fue declarado mediante acuerdo ministerial con una buena productividad. Es así, como el Ministerio de Agricultura proporciona apoyo para aumentar la producción de este cacao, así mismo su comercialización y exportación (Chávez, 2022). Es importante señalar que el origen genético de este clon es fruto del cruzamiento entre IMC-67 (Amazónico) por ICS-95 (Trinitario), y la descendencia de estos fue cruzada con otro cacao del oriente denominado Canelos por el lugar de origen. Por lo consiguiente, el clon CCN-51 corresponde a lo que se conoce como un híbrido doble. En la actualidad, del área total de cacao del Ecuador aproximadamente un 10% corresponde al clon CCN-51 (Cabrera, 2014).

2.3. BIOLOGÍA FLORAL DEL CACAO

El estudio de la biología floral permite reconocer las diferentes etapas de la flor desde la formación de primordios florales hasta la madurez fisiológica del fruto, lo que aporta al conocimiento de la dinámica de crecimiento del fruto. La biología floral se lo conoce como un componente fundamental de la biología reproductiva de todas las plantas, debido a que hace referencia a las relaciones que existe entre las flores y su ambiente, biótico y abiótico, con respecto a la polinización (Mansilla et al., 2010). La biología floral del cacao está constituida por cojines de flores, los cuales se encuentran ubicados cerca del punto de inserción de la hoja, en el tronco o la rama. El cacao es cauliflor, quiere decir que sus flores tienen un desarrollo en el tronco principal. Las flores se abren entre 20-25 días luego de aparecer el minúsculo botón floral y si no fecundan por incompatibilidad genética estas se caen a los 3 días (Segovia, 2017).

En el reino vegetal la flor es conocida como el órgano reproductor de las plantas superiores a las cuales se les da el nombre de fanerógamas. Una flor completa está conformada por: pedúnculo el cual es el rabillo que sostiene a la flor, el receptáculo

que es la parte ensanchada del pedúnculo donde se asienta la flor, y las piezas florales las cuales están establecidas por su parte fértil en donde están localizados los estambres y carpelos; y también tiene su parte estéril en donde está situado el cáliz y la corola (Jiménez, 2006). El estudio de la biología floral permite conocer las diferentes etapas desde la formación de los primordios florales hasta el desarrollo completo del fruto, aportando al conocimiento de la fluctuación del crecimiento del fruto (López, 2018).

2.3.1. ESTRUCTURA DE LA FLOR DE CACAO

De acuerdo a Segovia, (2017) la flor del cacao está constituida por las siguientes partes:

- **Estaminodios:** Es el encargado de proteger al segmento femenino de la flor y atraen a los insectos polinizadores
- **Estigma:** Es la parte que recibe los granos de polen.
- **Ovario:** Fragmento de la estructura femenina que 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:** Encargado de fecundar los óvulos.
- **Sépalos:** Estos se ubican en la base de la flor y protegen a las demás partes.
- **Pétalos:** Estos se encargan de proteger a los estambres en donde se sitúa el polen.
- **Pedicelo:** Tallo que sostiene a la flor y la conecta con el tronco o rama, y es por donde pasarán los alimentos para la futura mazorca.

2.3.2. FLORACIÓN DEL CACAO

Según Ríos (2023) el cacao es un árbol tropical de ramificación amplia con flores caulinares producidas en las ramas y el tronco, el proceso de floración es el siguiente:

- **Apertura del botón floral**

El botón de una flor de cacao inicia su apertura después del mediodía, este proceso inicia con movimientos muy lentos de los sépalos que dan paso a su separación, la hora en la que se produce la mayor apertura de los botones es al finalizar la tarde

(5:00 pm) especialmente cuando hay menos humedad y más luz; este proceso continúa durante toda la noche. Existen algunos casos por muchas veces haber una influencia en el clon o del ambiente estos botones florales se inician a media noche (Avendaño, 2018).

- **Crecimiento y desarrollo del fruto**

Durante el crecimiento del fruto se registra la longitud del fruto completo, del pedúnculo, fruto, y el diámetro del éste, desde antesis, hasta la maduración del mismo. Cuando existe la fecundación, el crecimiento continúa de una manera rápida y la mazorca va creciendo de acuerdo al desarrollo de los óvulos, que cuentan con la velocidad de 75 días fecundados. Cuando estas cumplen 87-70 días, el crecimiento se vuelve lento. Estos óvulos se llenan de endosperma gelatinoso que de a poco es consumido por el embrión, hasta los 140 días, ahí es donde termina el proceso de crecimiento y desarrollo del fruto (Noboa, 2019).

- **Maduración del fruto**

Este proceso tarda entre los 10 y 15 días, va a depender del estado nutricional de la planta, el número de mazorca que han madurado y el ambiente en que se encuentren. Algunos de los frutos fecundados, cuando adquieren 20 centímetros de largo tienden a marchitarse y a secarse fisiológicamente, sin que se convierta en una enfermedad. El fruto se encontrará colgado del árbol por un largo tiempo, hasta que el péndulo se encuentre en estado de descomposición (Mendoza, 2017).

2.3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLORACIÓN DEL CACAO

Los procesos de crecimiento, la formación de flores y frutos se encuentran influenciados por las variaciones en la disponibilidad de agua y las variaciones de temperatura (González, 2019). En el cacao estos procesos son realizados normalmente a temperaturas mayores de 25 °C, pero se inhiben a las temperaturas menores de 22 °C. Cuando es la época seca (verano), la planta llega a sufrir de estrés hídrico, lo que ocasiona caída de las hojas, y hace que entre a un período de descanso, luego las yemas vegetativas entran en un estado de inactividad fisiológica. Cuando es época lluviosa (invierno) y la planta absorbe el agua, se produce un rompimiento de la latencia de las yemas vegetativas, luego de una serie de emisiones

foliares que dan origen a nuevas ramas y nuevas hojas, así como a la activación de los cojinetes florales (Gutiérrez, 2011).

2.4. POLINIZACIÓN

La polinización es un proceso esencial para el correcto funcionamiento de los ecosistemas y la producción de alimentos, la polinización es realizada por los animales, por el viento o el agua. En las plantaciones de cacao los insectos polinizadores son pocos, principalmente en estructura de sistemas agroforestales a sistemas intensivos, permitiendo reducir la cantidad de las materias orgánicas como son la hojarasca, que es donde se desarrollan los insectos polinizadores (Morante, 2018). El principal agente polinizador del cacao es una pequeña mosquilla, *Forcipomyia* spp. (Orden: díptera; familia: ceratopogonidae), la cual ha sido localizada en las diferentes áreas donde se ha cultivado el cacao; estos insectos pueden volar de árbol en árbol con una distancia de 60 metros (Ríos, 2015).

- **Importancia de la polinización**

La polinización es importante para la producción del cacao. El ciclo de producción de cacao, desde la polinización hasta el fruto maduro es aproximadamente de 6 meses, y la flor del cacao por lo general obstruye una polinización fácil, pues su polen no está al alcance de polinizadores habituales, como la abeja, que es incapaz de impregnarse de polen de cacao; el viento tampoco es un buen factor de polinización, porque el polen del cacao se humedece de manera rápida y aumenta peso y cae (Córdoba, 2013).

2.4.1. POLINIZACIÓN NATURAL

La polinización natural del cacao se encuentra reducida a determinados insectos; un elevado porcentaje lo efectúan pequeñas mosquitas (Ceratopogonidae). Las mosquitas al volar desde un lugar a otro llevan el polen de una flor, pegado a su cuerpo, a la flor de la planta. En caso de que la flor no ha sido polinizada esta cae a las 48 horas de su apertura, se estima que una planta de cacao produce más de 100000 flores anualmente, pero, el 0.1 % se transforma en frutos, esta baja fecundación está vinculada, en parte, con la disminución de la población de mosquitas polinizadoras (Mogrovejo y Vera, 2010).

La polinización ocurre cuando la ceratopogonidae (mosquita) ingresa a la flor que se encuentre en posición invertida, llevando el polen a las cerdas torácicas hasta el interior del estaminodio, luego prueban la superficie. Si el estaminodios es paralelo al pistilo los granos de polen son puestos en el pistilo, también, es imposible que las mosquitas salgan de este lugar sin frotarse. Por último, si el ovario acepta el polen restante, los gametos femeninos y masculinos se combinarán para formar un fruto de cacao que vendría a ser una mazorca (Córdoba, 2011).

2.4.2. POLINIZACIÓN ARTIFICIAL

Según Tapia (2021) este método consiste en remover pétalos, estambres y estaminodios para así dejar libre el estigma de la flor receptora y flotarlos con las anteras de las flores donadoras de polen. Con este método de acuerdo a varios autores que lo han usado demuestran que existe un incremento en el número de frutos por árboles de cacao. Además, la polinización artificial puede ser aplicada en plantaciones comerciales de todo tipo de agricultores, aumentando la producción adicional, lo que se genera mediante la polinización de los agentes naturales y también permite aumentar el rendimiento de manera considerable en el cultivo del cacao (Vargas, 2021).

2.4.3. POLINIZACIÓN EN CACAO

En un cultivo de cacao existen diversos polinizadores; en el Ecuador las especies que frecuentan con más frecuencia las flores de cacao son: *Frankliniela parvula* (Thripidae), *Toxoptera auranti* (Aphididae), *Solenopsis sp.*, *Pheidole sp.*, *Wasmannia auropunctata*, *Crematogaster sp.*, *Paratrechina sp.*, *Brachimirex sp.* y *Forcipomyia sp.*, (Ceratopogonidae), la cual es la especie más frecuente; estos organismos poseen características particulares que les favorecen al momento de realizar la polinización, como volar durante largas distancias, transportar mayor cantidad de polen y su tamaño pequeño les permite tener acceso al interior de la flor (Ríos, 2015).

- **Ceratopogonidae en cacao**

El ecosistema cacaotero depende en un 95% a la polinización entomófila, en su mayoría son los dípteros de la familia Ceratopogonidae responsables de la polinización natural de cacao; los sustratos sobre los cuales se desarrolla la

biodiversidad de estos insectos son la cáscara de cacao y la hojarasca (Cañarte, 2016). Según Vásquez (2020) la polinización de cacao es entomófila debido al tamaño reducido y estructura de sus flores; se ha observado que en períodos secos o relativamente fríos la floración se puede inhibir casi por completo, sin embargo, es en períodos de precipitación abundante donde existe mayor presencia de polinizadores Ceratopogonidae debido a la descomposición de materia orgánica; se estima que una planta de cacao adulta puede producir hasta 50,000 flores al año de las cuales sólo el 5% es fertilizada, afectando directamente al potencial de producción.

- **Descripción de especies de Ceratopogonidae**

A nivel mundial la familia Ceratopogonidae representa alrededor de 6.180 especies y 111 géneros vivientes (Borkent, 2014); esta familia es la más diversa en cuanto especie y género, los machos son nectaríferos, mientras que la alimentación de las hembras es diversa (González et al., 2014). Las hembras de algunas especies llegan a tener hábitos depredadores hacia insectos voladores de menor o igual tamaño, además pueden ser ectoparásitos de coleópteros, fásmidos, neurópteros y hemípteros, entre otros (Santamaría 2022).

- **Hábitat de los polinizadores Forcipomyia (Diptera: Ceratopogonidae)**

La polinización realizada por mosquitas del género Forcipomyia (Diptera: Ceratopogonidae) requiere un hábitat con presencia de sustrato para asegurar la diversidad de estos polinizadores, además de la materia orgánica abundante, necesitan un buen drenaje, en especial en época lluviosa para que se conserve la humedad durante el resto del año (Cedeño, 2019)

2.4.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS POLINIZADORES ENTOMÓFILOS

Según Carvajal (2020) la polinización entomófila es aquella que se da por insectos polinizadores, dentro de los cuales se encuentran los himenópteros (abejas, abejorros, hormigas y avispas), coleópteros (escarabajos), dípteros (moscas) y lepidópteros (mariposas y polillas). En el mundo el 75% de los cultivos agrícolas dependen en menor o mayor grado a la polinización, entre estos cultivos se encuentra la manzana, la cereza, el tomate, el melón, el café y el cacao; la polinización entomófila aumenta el contenido de aceite en semillas, mejora el tamaño y vida media de ciertos frutos (Miñarro et al., 2018), por ende, eleva la contribución económica a

nivel global, como fue en el año 2005 con una contribución de 153 000 millones de dólares (Gallai, 2009).

2.4.5. EL VALOR DE LA POLINIZACIÓN COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO) manifiesta que la polinización es un servicio ecosistémico imprescindible para la producción de alimentos y medios de vida de los seres humanos (FAO, 2014); la polinización puede ser realizada por vectores bióticos y abióticos, sin embargo, a nivel global el 80% de todas las angiospermas están condicionadas para ser polinizadas por insectos, aves y mamíferos (Lima, 2017).

De acuerdo a Serrano (2020) la polinización es considerada como un factor clave para los servicios ecosistémicos, por lo que la mayor producción de los alimentos depende de polinizadores, también ayudaría a incrementar la producción. Además, la biodiversidad se considera importante para el servicio ecosistémico, porque comprende la diversidad de los organismos de la vida humana, como microorganismos, plantas, animales, ecosistemas, al igual que la agrobiodiversidad, como lo son los microorganismos del suelo, de los cultivos, insectos, y la diversidad de los recursos genéticos, y los diferentes factores que influyen positivamente.

Sin embargo, por la degradación de los recursos naturales, se han presentado impactos negativos sobre la satisfacción de necesidades y el desarrollo social, económico, ya que no hay los recursos suficientes para la demanda existente, donde el 60% de los servicios de los ecosistemas están siendo degradados y no se regeneran a la velocidad necesaria para satisfacer la demanda (Polania, 2011).

Según Andrade (2017) los impactos en los sistemas ecosistémicos muchas veces son resultados de aspectos como el cambio climático, la contaminación, sobreexplotación, enfermedades, prácticas agrícolas inapropiadas, los cultivos que dependen de fertilizantes (monocultivos) que terminan generando impactos externos e indirectos como la contaminación del agua, enfermedades, entre otros factores que afectan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

2.4.6. IMPORTANCIA DE LA MOSQUILLA *Forcipomyia Spp.* EN LA POLINIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CACAO

Según Alvarado (2018) la polinización es un servicio ecosistémico de gran importancia para la producción de alimentos; el género *Forcipomyia* en la polinización de cacao se ha evidenciado en varias regiones del mundo como por ejemplo Malasia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, entre otros; este insecto se desarrolla en condiciones climáticas de Costa y Amazonía, en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos; por ende se considera como un polinizador necesario para cacao de tipo Nacional y CCN-51.

En el caso del cacao el proceso de polinización hasta la obtención del fruto se lleva a cabo en alrededor de 6 meses, cuando el fruto tiene el tamaño suficiente para ser cosechado; la transferencia de polen es muy delicada, ya que la estructura de la flor no permite que los polinizadores alcancen el polen, el viento es considerado un factor importantes en este proceso, sin embargo este no es el caso de las plantaciones de cacao, ya que el polen de las flores es muy pegajoso, lo que dificulta el arrastre por el viento; estudios realizados confirman que los insectos del orden díptero de la familia Ceratopogonidae intervienen de forma efectiva gracias a su diminuto tamaño que varía entre >1 mm a <3 mm, lo cual representa su mayor ventaja frente a polinizadores como abejas y mariposas (Córdoba, 2011).

2.5. SUSTRATOS ALIMENTICIOS

2.5.1. Pseudotallo de plátano, cáscara de cacao y hojarasca

La cáscara de la mazorca de cacao es un desecho resultante del proceso agrícola de la producción de cacao, estos desechos contienen polifenoles, alcaloides, azúcares y polisacáridos; en ocasiones este material se utiliza como abono para el mismo cultivo, lo cual lo convierte en un medio de cultivo para la propagación de patógenos, sin embargo, también representa un nicho de insectos polinizadores (Lindao, 2016).

Los subproductos del plátano como pseudotallo, hojas y frutos son el resultado de actividades agropecuarias que pueden reutilizarse y aprovechar de forma adecuada ya que representa una tecnología de bajo costo e incentiva una técnica sustentable que busca evitar efectos fitotóxicos y daños ambientales (Cuéllar et al., 2012). Según Ramírez (2007) la principal fuente de nutrientes del suelo es la hojarasca y representa el 80% del total de nutrientes retornados al suelo por descomposición del árbol; se

considera un sustrato importante ya que se relaciona con el suelo y el mantenimiento de su fertilidad.

2.5.2. POLINIZACIÓN Y SU INTERACCIÓN CON SUSTRATOS ALIMENTICIOS

En años pasados las prácticas culturales consistían en eliminar la hojarasca del cultivo de cacao lo que reducía el microhábitat necesario para el desarrollo de insectos polinizadores (Ramos, 2013). Los sustratos alimenticios representan nichos de supervivencia para diferentes insectos polinizadores, ya que cuando estos se encuentran en estados inmaduros (huevos, larvas, pupas) brindan refugio y medio de reproducción, además de desarrollar una compleja comunidad microbiana (Cañarte, 2021).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se desarrolló en el área de investigación de la carrera de Ingeniería Agrícola de la ESPAM MFL, localizada en el Cantón Bolívar – Manabí. Ubicada geográficamente 0°49'13.8"S 80°10'42.0"W.

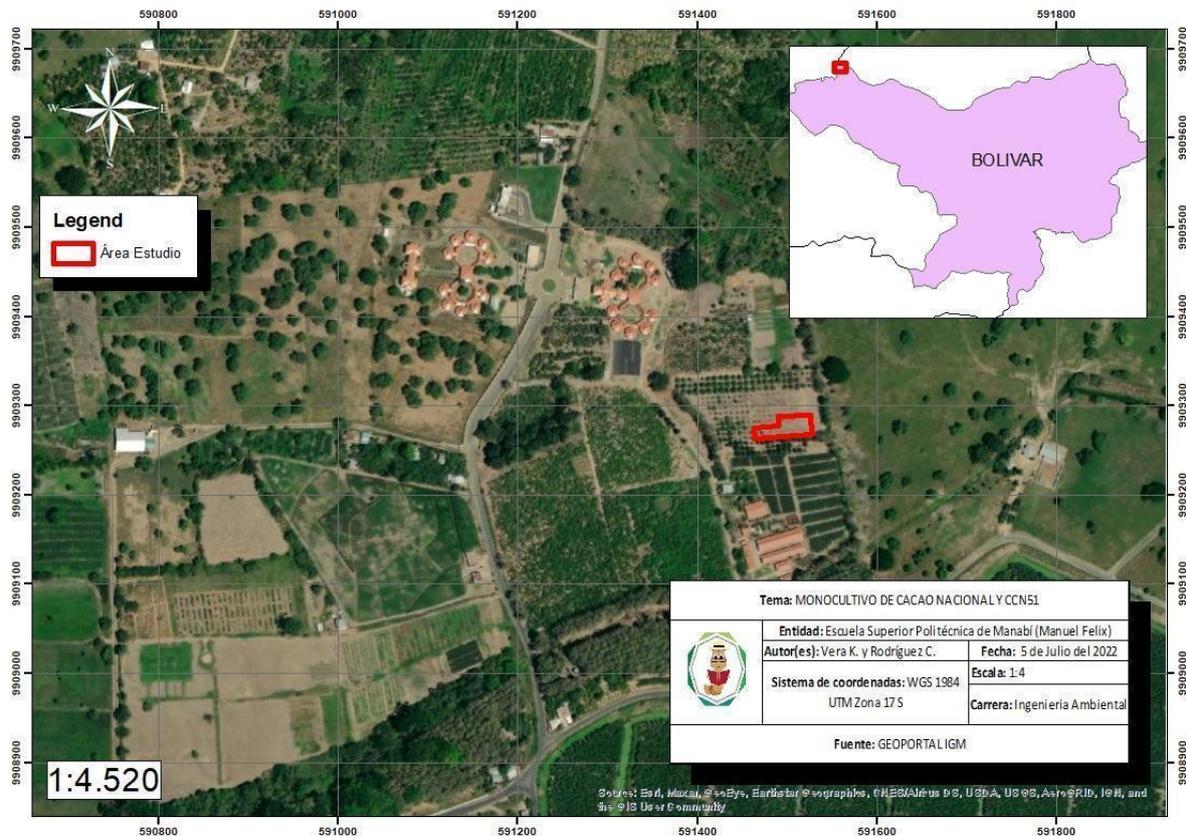


Figura 3.1. Área de estudio en los predios de la carrera de Ingeniería Agrícola.

3.2. DURACIÓN

La duración de la investigación fue de 10 meses, desde septiembre 2022 a julio 2023.

3.3. VARIABLES A MEDIR

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Servicio ecosistémico de la polinización

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Producción del cacao

3.4. MÉTODOS

Se aplicó una investigación experimental con el fin de explicar el servicio ecosistémico de la polinización en cacao. Según Grajales (2000) este tipo de investigación consiste en la manipulación de una o más variables en condiciones controladas con el objetivo de describir de qué modo se produce una situación o acontecimiento en particular.

Método inductivo-deductivo: la investigación se enmarcó en el método inductivo-deductivo el cual consiste en estudiar hechos o experiencias con el objetivo de plantear conclusiones basadas en el razonamiento (Prieto, 2017). En la investigación este método permitió describir las características de los polinizadores Ceratopogonidae y la fluctuación de la flor de cacao.

Método estadístico: se caracteriza porque tiene variables numéricas para expresar el problema de investigación, su diseño involucra intervención, manipulación y control (Pelekais, 2000). Este método ayudó a la interpretación de los datos numéricos obtenidos del desarrollo de la flor de cacao.

Método bibliográfico: consiste en la revisión y selección de material bibliográfico sobre los polinizadores, biología floral y reproductiva del cacao que incluye fases de observación, indagación, interpretación, reflexión y análisis con el fin de obtener las bases del estudio (Vargas, 2020).

3.5. TÉCNICAS

3.5.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Esta técnica consiste en observar, hechos, objetos, situaciones, etc., con el objetivo de adquirir información específica requerida para una investigación; se caracteriza porque el investigador se encuentra en el lugar en el que se desarrolla el hecho sin intervenir ni alterar el ambiente (Cajal, 2020). Este tipo de observación se utilizó con el fin de identificar el servicio ecosistémico de la polinización, así como distinguir los diferentes polinizadores presentes en el monocultivo de cacao.

3.5.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo es aquella donde se miden datos in situ sobre un suceso en particular y se puede realizar mediante la observación, la interacción con los

sujetos de estudio remitiéndose a información existente (Cajal, 2020). Este tipo de investigación se aplicó con el fin de recolectar información sobre los polinizadores presentes en el cultivo de cacao y su interacción con la floración.

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

En el área de investigación se encontraron 150 árboles, por ende, para el desarrollo de la investigación se tuvieron 6 parcelas de cacao, donde 3 fueron de cacao nacional y 3 de CCN-51, en cada lote se escogieron 5 árboles que presenten la mayor cantidad de botones florales, estos representaron las unidades experimentales durante los 10 meses de trabajo.

Tabla 3.1. Distribución del experimento en el área de estudio.

Lote	Tipo de cacao	Número de plantas	Muestra para biología floral
1	Nacional	25	5
2	CCN-51	25	5
3	CCN-51	25	5
4	Nacional	25	5
5	Nacional	25	5
6	CCN-51	25	5
Total:		150	30

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

En los predios de la carrera de Ingeniería Agrícola se encontró un monocultivo de cacao, para el desarrollo de la investigación se tomó en cuenta 150 árboles, divididos en 3 lotes de cacao nacional y 3 lotes de CCN-51, donde se trabajó durante 10 meses consecutivos.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial AxB 2x3, considerando el factor A al sistema de monocultivo cacao nacional (a1) y el

sistema de monocultivo cacao CCN-51 (a2), el factor B fue el sustrato, en donde cáscara de cacao (b1), pseudotallo de plátano (b2) y hojarasca (b3).

Factor A. Tipos de cacao

- t1: cacao nacional
- t2: cacao CCN51

Factor B. Sustrato

- s1: cáscara de cacao
- s2: pseudotallo de plátano
- s3: hojarasca

Variable respuesta: desarrollo del fruto

Tabla 3.2. Tratamientos para el estudio.

Tratamiento	Tipo de cacao	Sustrato alimenticio
T1	t1	s1
T2	t1	s2
T3	t1	s3
T4	s2	s1
T5	s2	s2
T6	s2	s3

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó:

- Análisis de varianza ANOVA al 5%.
- Pruebas Tukey.
- Gráficos estadísticos (dispersión de datos, barras, etc).

ANOVA

Tabla 3.3. ANOVA.

F de V	GL
Factor t	1
Factor s	2
t x s	2
Error	12
Total	17

PROCEDIMIENTO

FASE 1. DETERMINAR LA BIOLOGÍA FLORAL EN DOS TIPOS DE CACAO CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ

Actividad 1. Reconocer el área del ensayo en los predios de la carrera de Ingeniería Agrícola de la ESPAM MFL

Se realizó la visita al área de cultivo de cacao ubicada en la carrera de Ingeniería Agrícola de la ESPAM MFL con el fin de realizar un análisis del área de estudio mediante la identificación de los tipos de cacao con los que se trabajó, sea cacao Nacional o CCN-51 bajo la técnica de observación directa se contempló los tipos de clones que existen en los lotes en los que se manejó la investigación.

Actividad 2. Determinación de la biología floral de los 5 árboles por unidad experimental

Siguiendo la metodología de Montero et al. (2019) en el área experimental se evaluaron un total de 150 árboles de cacao, donde 75 fueron de cacao Nacional y 75 de cacao CCN51, cada lote estuvo conformado por 25 árboles (6 lotes en total, 3 de cacao nacional y 3 de cacao CCN51); según la metodología de López et al. (2019) cada unidad experimental se escogió 5 árboles que presentaron la mayor cantidad de flores y se escogió una sección diferente de la rama cada mes para evaluar la floración desde la apertura del botón floral hasta el desarrollo del fruto, se marcó cada árbol con carpetas de plástico recortadas para identificar el número de árbol en cada parcela, esto con el fin de que no sean afectadas por condiciones climáticas.

Actividad 3. Evaluar la Biología de la floración de dos tipos de cacao

Siguiendo la metodología de Borrero et al. (2018) esta actividad se realizó con una frecuencia mensual, al inicio de cada mes, se escogió, la sección de la rama con mayor cantidad de botones florales maduros. Inmediatamente, se contabilizó dichos botones y se eliminaron aquellas flores secas o desprendidas. La sección de rama o tronco escogida, fue marcada y delimitada con cinta masking. A partir de este momento y partiendo de un número conocido de botones, se registraron los días 3, 6, 14, 21 y 28, el número de flores activas o polinizadas, flores fecundadas y frutos formados en la rama o tronco marcado. Adicionalmente, con una frecuencia mensual

se realizó un seguimiento a los frutos formados hasta su estado de madurez. Todo este proceso se aplicó en los 5 árboles escogidos por lote, además el procedimiento se repitió cada mes, esto según la metodología de Montero et al. (2022).

FASE 2. RELACIONAR EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LOS POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) Y LA FLUCTUACIÓN EN LA BIOLOGÍA FLORAL DE DOS TIPOS DE CACAO, CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ

Actividad 4. Realizar la cosecha de las 150 plantas de cacao de manera mensual

Para conocer el servicio ecosistémico de los polinizadores sobre la productividad del cacao, se correlacionó la producción obtenida mensualmente o sea rendimiento kg ha⁻¹, con la abundancia de polinizadores encontrados en el cacao, y de esta manera se pudo determinar el servicio que prestan los polinizadores en la productividad del cacao; este proceso se realizó una vez al mes, con el objetivo obtener el peso de mazorcas comerciales (kg/parcela/cosecha/mes) (Montero et al. 2022). Posteriormente se procedió a despique y extracción de la almendra de cacao en baba en cada parcela, determinando los siguientes datos: peso en kg/parcela del cacao comercial en baba; transformándolo luego a peso seco de cacao en kg/parcela; la información fue condensada en forma mensual, obteniéndose el rendimiento en kg ha⁻¹ mes; además, se realizó el conteo de frutos afectados por el hongo *Moniliophthora roreri* “monilla” y *M. perniciosa* “escoba”, al igual que el peso perdido por la presencia de *Sciuridae* o “ardilla” y el número de chereles en cada planta (Cañarte et al. 2016).

FASE 3. CUANTIFICAR LAS ESPECIES DE POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) ENCONTRADAS EN DOS TIPOS DE CACAO, BAJO TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS

Actividad 5. Elaborar trampas y aplicación de sustratos alimenticios (cáscara de cacao, pseudotallo de plátano y hojarasca) para captura de polinizadores en cacao

Se elaboraron trampas de material “plywood” tipo pirámide de 75 centímetros de alto con un orificio superior por donde atraviesa un pequeño tubo que conduce a un frasco

de vidrio con alcohol al 70%, la trampa contiene una abertura superior y lateral, seguido de una manguera, en cuyo extremo hay un frasco de vidrio de 9 cm, con alcohol al 70%, donde se capturaron los especímenes que emergen del sustrato contenido en el interior de cada trampa propuesta por Winder y Silva y modificada (Mendoza, 1980).

Siguiendo la metodología de Montero et al. (2019) las trampas fueron ubicadas en cada parcela, cada una correspondió a los sustratos (cáscara de cacao, pseudotallo de plátano y hojarasca), fueron renovadas una vez al mes, se apilaron dos montículos del sustrato, uno para la colocación de la trampa y el otro como atrayente de polinizadores, ubicados en dentro de un perímetro de 25 árboles de cacao; en el caso de los sustratos cáscara de cacao y pseudotallo de plátano, se dejaron expuestos por tres días a la descomposición; por consecuente se cubrieron con las trampas “pirámide”, en cada renovación de sustrato, se ubicaba la trampa en alguno de los otros cuadrantes en la parcela, con la finalidad de que las capturas de insectos sea una representación del perímetro delimitado.

Actividad 6. Identificación y conteo de las especies polinizadoras

Después de 10 días de colocadas las trampas, se procedió a retirar los insectos capturados en los frascos y se enviaron al laboratorio de entomología de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP en Portoviejo donde se realizó el análisis taxonómico con la ayuda de un estereomicroscopio y una colección de referencia de Ceratopogonidae asociados a cacao, a su vez se contabilizó y se realizó la conservación en frascos de vidrio con alcohol al 70%.

Actividad 7. Análisis estadístico

Antes de someter los datos al análisis de varianza, se comprobó los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad con la prueba de Levene. No se encontró normalidad y homogeneidad, por lo que se realizaron pruebas no paramétricas (Anexo 6). Para probar el efecto de los tratamientos, se realizó comparaciones de las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para el análisis se empleó los paquetes agricolae y lawstat del software R Studio (R Core Team, 2020).

Este análisis consistió en el cálculo de los índices de diversidad, dominancia, abundancia y frecuencia de cada especie. Se consideró todos los Ceratopogonidae colectados y separadamente por cada una de las colectas en cada trampa. Se utilizó el programa ANAFAU, desarrollado por la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo (ESALQ/USP) (Lofego y Moraes, 2006; Cruz et al. 2012; Cedeño, et al., 2019 y Montero, 2021). La diversidad se determinó por el índice Shannon-Weaner y la dominancia por el método de Kato, que considera la abundancia y frecuencia de las especies colectadas; la abundancia se determinó por la suma total de los individuos de cada especie (Cedeño, et al., 2019).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA FLORAL EN DOS TIPOS DE CACAO CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ

En lo referente al número de flores totales por plantas de cacao Nacional, los resultados del ANOVA, indica que en los meses de julio, agosto y septiembre no se obtuvo diferencia significativa, sin embargo, se evidencia que en el mes de diciembre existió mayor presencia de flores por árbol, con un porcentaje de 23.93%; no obstante, en el cacao CCN-51 si hubo diferencia significativa y el mayor porcentaje se encuentra en el mes de noviembre con el 57.80%. El coeficiente de variación demuestra que en los meses julio, agosto, septiembre y octubre existió variación notable entre el cacao nacional y el CCN-51 (Tabla 4.1.).

Tabla 4.1. Número de flores por árbol.

	Jul.	Agost.	Sept.		Oct.		Nov.		Dic.	
Nacional	10.47	13.73	15.53	b	19.20	B	18.20	B	23.93	B
CCN-51	18.53	23.00	34.87	a	39.80	A	57.80	A	48.53	A
CV	79.22	77.67	73.70		74.70		62.02		59.49	

Según Mansilla (2010) la biología floral es un elemento importante en las investigaciones de reproducción sexual de las plantas ya que examina las relaciones mutuas entre las flores y su ambiente, además comprende el comportamiento de los agentes polinizadores.

En el cacao Nacional, se evidenció que en el mes de julio, agosto y septiembre existió mayor porcentaje de polinización y fecundación hasta la formación completa del fruto y en los meses de octubre, noviembre y diciembre se mantiene un porcentaje medio de 1.33%; de igual manera se puede observar los datos del cacao CCN51 que mantuvo un porcentaje medio de 2.33% en el mes de octubre y noviembre; el coeficiente de variación más alto es 117.83 e indica que en el mes de noviembre existió diferencia significativa (Tabla 4.2.).

Tabla 4.2. Porcentaje de polinización, fecundación y frutos formados por mes.

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nacional	33.87	11.47	2.47	1.33	1.33	1.33

CCN-51	34.27	15.67	3.27	2.33	2.33	1.60
CV	63.4	76.64	109.25	117.83	117.83	113.2

La producción del cacao fue examinada después de 60 y 120 días desde la aparición del botón floral; según Avendaño et al. (2011) durante los meses más calurosos las mazorcas de cacao maduran entre los 140 y 175 días, mientras que en los meses más fríos los frutos maduran entre los 167 y 205 días.

4.2. RELACIÓN ENTRE EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE LOS POLINIZADORES (DÍPTERA: CERATOPOGONIADAЕ) Y LA FLUCTUACIÓN EN LA BIOLOGÍA FLORAL DE DOS TIPOS DE CACAO, CON TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS EN MANABÍ

De forma mensual se realizó la cosecha de las 150 plantas, los siguientes datos se presentan en porcentaje del análisis ANOVA, se evidencia que existió diferencia significativa entre los dos tipos de cacao durante todos los meses evaluados, destacando el cacao CCN51 (tabla 4.3.).

Tabla 4.3. Rendimiento mensual por planta (kg/ha).

	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	Promedio
Nacional	4.21	1.39	2.39	2.91	1.15	2.00	14.04	2.34
CCN-51	11.13	2.73	3.81	3.52	4.16	2.32	27.68	4.61
CV	137.6	128.46	107.15	101.45	102.16	127.72	81.5	81.5

En el cacao Nacional, tuvo un mayor porcentaje de rendimiento de cosecha de 4.21% en el mes de julio y en el mes de noviembre el menor valor de 1.15%, dando un total de 14.04% durante los 6 meses; en el cacao CCN-51 el porcentaje más alto también es en el mes de julio con el 11.13% y el valor más bajo en el mes de diciembre con el 2.32%, dando un total de 27.68% de rendimiento durante los 6 meses, existió diferencia significativa en el cacao CCN-51.

Según Pigache (2007) el cacao CCN51 es una variedad más productiva, más tolerante a enfermedades y con mercado internacional en comparación con el cacao Nacional, sin embargo, en más dependiente del uso de agroquímicos y el cacao Nacional es considerado fino de aroma y de mejor calidad.

4.3. CUANTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE POLINIZADORES (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) ENCONTRADAS EN DOS TIPOS DE CACAO, BAJO TRES SUSTRATOS ALIMENTICIOS

A continuación, se presenta los insectos Ceratopogonidae recolectados durante los seis meses de investigación (Tabla 4.4.):

Tabla 4.4. Polinizadores Ceratopogonidae recolectados.

	Jul.	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Nacional	579	555	299	310	141	977	2 861
CCN51	319	564	224	351	391	872	2 721

Se evidenció que en el cacao Nacional existió mayor presencia de polinizadores, con un total de 2 861 individuos, además es evidente que en el mes de septiembre es menor la cantidad de insectos en ambos tipos de cacao, sin embargo, en el mes de diciembre esta cifra aumentó de manera considerable, debido al inicio de la etapa lluviosa en la región Costa.

Como se evidencia en el mes de diciembre existió mayor presencia de polinizadores en el cacao Nacional y CCN51 lo cual coincide con el número de flores por árbol (Tabla 4.1.) del mes de diciembre donde existe el mayor número de flores.

La polinización de Ceratopogonidae es de gran importancia debido a las características morfológicas de la flor de cacao, lo cual lo convierte en el principal polinizador de estos cultivos, aumentando su producción total (Aguayo, 2018).

Tras la aplicación de sustratos alimenticios en las trampas se encontraron los siguientes datos (tabla 4.5.):

Tabla 4.5. Polinizadores Ceratopogonidae entre sustratos alimenticios.

	Sustrato	Jul.	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Nacional	Cáscara	155	52	125	100	48	256	736
	Pseudotallo	410	497	168	204	89	710	2 078
	Hojarasca	14	6	6	6	4	11	47
CCN51	Cáscara	58	98	78	96	40	287	657
	Pseudotallo	253	458	137	247	322	577	1 994
	Hojarasca	8	8	9	8	29	8	70

En el cacao Nacional, el sustrato de pseudotallo de plátano presentó mayor presencia de polinizadores, un total de 2 078 especímenes y en al cacao CCN51 con el mismo sustrato 1 994; en ambos tipos de cacao se puede evidenciar que la menor cantidad de polinizadores se encontró en el sustrato de hojarasca. Según Cañarte et al., (2021) las poblaciones de Ceratopogonidae tiene preferencia ante el sustrato alimenticio pseudotallo de plátano debido a su capacidad de retener humedad, creando un ambiente favorable para la reproducción e incremento de estos insectos ya que en su estado inmaduro son de vida semiacuática.

En el laboratorio del INIAP se realizó la respectiva identificación taxonómica de los Ceratopogonidae recolectados, donde se puede apreciar que, tanto en el cacao Nacional como en el CCN 51, se encontraron las mismas especies (tabla 4.6.).

Tabla 4.6. Géneros de Ceratopogonidae más abundantes.

Género de Ceratopogonidae		Jul.	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Nacional	<i>Forcipomyia</i>	106	71	120	46	51	51	445
	<i>Dasyhelea</i>	460	472	164	246	83	900	2 325
	<i>Culicoide</i>	13	12	15	18	7	26	91
CCN51	<i>Forcipomyia</i>	85	60	101	111	127	67	551
	<i>Dasyhelea</i>	225	498	105	234	262	800	2 124
	<i>Culicoide</i>	9	7	18	6	4	2	46

El género *Dasyhelea* fue el más abundante en ambos tipos de cacao y el género *Culicoide* el que menor presencia tuvo; estos datos son coherentes con los encontrados por Córdoba 2013; Montero et al., 2019, Cañarte et al., 2021; Montero et al., 2022. quienes reportaron la presencia de los géneros *Forcipomyia* y *Dasyhelea* en las plantaciones por ellos evaluadas, además, Córdoba (2013) manifiesta que estas especies influyen significativamente en la polinización de las flores, así también indican que el díptero *Dasyhelea* es más dependiente de la humedad, razón por la cual en combinación de los sustratos alimenticios aplicados se convierte en el género de dípteros polinizadores más importante.

A continuación, se presentan las tres especies encontradas en mayor abundancia en la investigación, Fuente: Guía número 177 del INIAP, "Reconocimiento, importancia y cuidado de los polinizadores en los sistemas de producción del cacao":



Figura 4.1. Género *Forcipomyia*.



Figura 4.2. Género *Dasyhelea*.



Figura 4.3. Género *Culicoides*.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El cacao CCN51 presentó mayor porcentaje de polinización, fecundación y formación de frutos, por lo que este tipo de cacao es menos propenso a recibir enfermedades y presentar exceso de plagas en relación al cacao nacional que es de menor producción; y tiende a recibir más enfermedades, sin embargo, es de mayor calidad ya que no pierde su característica esencial del olor y sabor.
- Se concluye que el sustrato alimenticio pseudotallo de plátano favorece la polinización de las flores de cacao debido a su capacidad de retener humedad y propiciar un adecuado nicho ecológico para el desarrollo de los polinizadores de la familia Ceratopogonidae.
- Durante los seis meses de recolección de insectos polinizadores se encontraron 2 861 especímenes en el cacao Nacional y 2 721 en el cacao CCN51, de los cuales las especies más abundantes fueron *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Culicoide*.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar la investigación en época lluviosa para revelar la variación del servicio ecosistémico de los polinizadores y su influencia en la producción de cacao.
- Incluir diferentes tipos y clones de cacao para analizar las diferentes respuestas frente a los polinizadores.
- Investigar las características de los sustratos utilizados, y su relación con la presencia de polinizadores, a su vez estudiar los diferentes tipos de hongos que se presentan en este tipo de hábitat.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, A., Maridueña, M. y Cajilema, J. (2018). Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 11(33).
- Alvarado, A., Carrera, M. y Morante, J. (2018). Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. En la polinización y producción del cultivo de cacao. *Desarrollo Local Sostenible*, diciembre. <https://www.eumed.net/rev/delos/33/cultivo-cacao.html>
- Andrade, F. (2017). Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. Ediciones INTA.
- Avendaño, C. (2018). Biología floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo, trinitario y forastero en México. *Agro productividad*, 11(9).
- Avendaño, C., Juan, F., Campos, R., Gallardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Sandoval, A. y Espinosa, S. (2011). Diagnóstico del Cacao en México. Primera Edición en español. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. pp 18-21.
- Beg, M., Ahmad, S., Jan, K. y Bashir, K. (2017). Status, supply chain and processing of cocoa—A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007>
- Borkent, A. (2014). World Species of Biting Midges (Diptera: Ceratopogonidae). <http://www.inhs.illinois.edu/research/FLYTREE/Borkent.html>
- Cabrera, J. (2014). Niveles de fertilizante empleando sumicoat II en la producción en clones de cacao (*theobroma cacao* L.) asociados con teca (*tectona grandis* L.) durante la época seca 2013. Tesis de Grado. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- Cañarte, E., Montero, S. y Navarrete, J., (2021). Reconocimiento, importancia y cuidado de los polinizadores en los sistemas de producción del cacao. Portoviejo, EC: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2021. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5749>

- Cañarte, E., Navarrete, J., Valarezo, O. y Solórzano, R., (2016). Biodiversidad de insectos polinizadores y su rol en la producción de cacao fino y de aroma en Manabí-Ecuador.
- Carvajal, V. (2020). Diversidad de insectos polinizadores.
- Cedeño, S., Sánchez, P., Faubla, R., Borrero A. y Bermúdez G., (2019). Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 10(1), 1-7.
- Chávez, P. (2022). Beneficio del cacao clones CCN-51, ICS-39 y cacao Nativo (*Theobroma cacao* L.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(1), e255-e255.
- Chóez, R. y Pilco, S., (2020). Producción de poligalacturonasa por *aspergillus niger* a partir de cascarilla de cacao CCN-51 en fermentación en estado sólido (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).
- Córdoba, C. (2013). Polinizadores, Polinización y Producción Potencial de Cacao en Sistemas Agroforestales de Bocas del Toro. Bocas del Toro, Panamá: *Agroforestería en las Américas* N° 49, 26-32.
- Córdoba, C., (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
- Cuéllar, A., Álvarez, J., Brito, N., Caraballosa, A., Jonhson, J., Báez, D. y López, P., (2012). Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de la cosecha del plátano (*Musa* spp.) y cachaza. *Centro Agrícola*, 39(1), 41-47.
- Enríquez, G. (2010). *Cacao Orgánico. Guía para productores ecuatorianos*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2da Edición, Quito, Ecuador, 360p.

- Flores, A. (15 de abril de 2020). Investigación de campo: características, diseño, técnicas, ejemplos. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-de-campo/>.
- Flores, A. (7 de mayo de 2020). Observación directa: características, tipos y ejemplo. Lifeder. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>.
- Gaibor, J. (2018). "Poblaciones y porcentajes de polinización de *Forcipomyia* spp en el cultivo de cacao, en época lluviosa en la Zona de San José del Tambo ". [UTB]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5157>
- Gallai, N., Salles, M., Settele, J. y Vaissière, E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68(3):810-821
- García, S. y Cedeño, M. (2022). Incidencia de agentes polinizadores sobre la fecundación de la flor del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 13(2), 1-12.
- Gómez, 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 [PUJ]. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/35175>
- González, J. (2019). Influencia de las fases lunares y tipos de injerto en el prendimiento y crecimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon ics-95.
- González, M., López, S., Romón, P., Iturrondobeitia, C. y Goldarazena, A. (2014) Fenología, ecología y diversidad de la familia ceratopogonidae (Díptera: Nematocera), excluyendo el género *Culicoides*, en el País Vasco (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 55: 205-15.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. On line)(27/03/2.000). Revisado el, 14.
- Gutiérrez, M. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 12(1), 33-41.

- Intriago, N. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(1), 63-69.
- Jaimez, E. y Franco, W. (1999). Producción de hojarasca, aporte en nutrientes y descomposición en sistemas agroforestales de cacao y frutales. *Agrotrópica*, 11(1), 1-8.
- Jiménez, M. (2006). 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>
- Larrea, M. (2008). El cultivo de cacao nacional: un bosque generoso. Manual de campo para la implementación de prácticas amigables con la biodiversidad en cultivos de cacao nacional. (AC Benítez, Ed.). Quito, Ecuador: Programa Nacional Biocomercio Sostenible del Ecuador (EcoCiencia/CORPEI), Programa de Facilitación del Biocomercio-UNCTAD.
- Lima, S., Ramírez, V., Ramírez, L., Céspedes, S. y Alpízar, L. (2017). Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31(1-2).
- Lindao, J. (2016). Producción y análisis bromatológico del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), cultivado con sustratos de cáscara de cacao, plátano, coco y raquis de palma africana (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- López, A. (2017). Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador—Año 2012-2014. 34. Disponible en <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-DEL-CACAO-IZ7-version-publica-ultima.pdf>
- López, B. y Montaña, J. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Med UV*, 2226.
- López, J., López, L., Avendaño, C., Aguirre, J., Espinosa, S., Moreno, J., Mendoza, A. y Suárez, G. (2018). Biología floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo,

trinitario y forastero en México. Archivo recuperado de:
file:///C:/Users/PC/Downloads/valeria_sias,+con-19%20(1).pdf

MAGAP, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2017). La Agroindustria en el Ecuador, Un Diagnóstico Integral. Ecuador.

Mansilla, R., López, C., Flores, M. y Espejo, R. (2010). Estudios de la biología reproductiva en cinco accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) Robinson. *Ecología aplicada* 9(2):167-175.

Martínez, J. y Merello, C. (2020). Caracterización de la tecnología utilizada en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el cantón Ventanas, Provincia Los Ríos (Bachelor's thesis, guaranda. universidad estatal de bolívar. facultad de ciencias agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Ingeniería Agronómica).

Mendoza, J. (1980). Comparación de diferentes sitios de crianza para insectos polinizadores del cacao. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Portoviejo, EC. Universidad Técnica de Manabí. 69 p.

Mendoza, L., Jiménez, J. y Ramírez-Niño, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 131-138.

Miñarro, M., García, D. y Martínez, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: Importancia y gestión de su biodiversidad: *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>

Mogrovejo, E. y 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>

Montero, S., Cañarte, E., Navarrete, J., Pinargote, A. y Sanchez, P. (2022). *Ceratopogonidae*: their role in pollination and fertilization at various technological levels of *Theobroma cacao* L. production.

- Montero, S., Sánchez, P., Solórzano, R., Pinargote, A. y Cañarte, E. (2019). Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 10(1), 1-7.
- Morante, J. (2018). Importancia de la Mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. *Desarrollo local sostenible*, (junio).
- Muriel, R. (2016). Gestión ambiental. Espacio de reflexión y comunicación en *Desarrollo Sostenible*, 3(13), 1-8.
- Noboa, F. (2019). Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Valencia, Provincia de Los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2014). Principios y Avances sobre Polinización como Servicio ambiental para la Agricultura Sostenible en Países de Latinoamérica y el Caribe. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
- Pelekais, C. (2000). Métodos cuantitativos y cualitativos: diferencias y tendencias. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 2(2), 347-352.
- Pigache, M. y Bainville, S. (2007). Cacao tipo " Nacional" vs. Cacao CCN51:¿ Quién ganará el partido?.
- Polania, C. (2011). Diversidad funcional y servicios ecosistémicos. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 84.
- Prieto, B. (2017). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de contabilidad*, 18(46), 56-82.
- Ramírez, J., Zapata, C., León, J. y González, M. (2007). Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia*, 32(5), 303-311.

- Ramos, R. (2013). Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productividad y diversidad de especies del dosel. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I.
- Ríos, D. (2015). Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ríos, D., Rodríguez, F., Salazar, A. y Ramírez, A. (2023). Factores asociados a la polinización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 34(3).
- Rodríguez, N., Chávez, B., Gómez, I., Vásquez, M. y Estrada, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación.
- Rodríguez, W. (2015). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia Y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
- Santamaría, M., Fuya, P., Páez, G. y Marceló, C. (2022): Colección de insectos de importancia médica del Instituto Nacional de Salud - Ceratopogonidae. v1.7. Instituto Nacional de Salud. Dataset/Occurrence. <https://doi.org/10.15472/5psmbm>
- Segovia, V. (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-UTEQ0054.pdf>
- Serrano, J. (2020). La polinización es un servicio ecosistémico. CAR.
- SIPA, (Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador). (2022). Datos estadísticos del cultivo de cacao. (En Línea). Consultado 16 de marzo del 2022. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php>

- Sosenski, P. y Domínguez, A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 961-970.
- Tapia, L. (2021). Estudio del proceso de infección de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*), en la provincia de Utcubamba–región Amazonas.
- Valarezo, O., Cañarte, E. y Navarrete, B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao en Manabí. *La Técnica*, 7, 34-42.
- Vargas, A. (2021). Comparación de complementos nutritivos en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51, Montalvo-la Vitalia (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Vargas, V. (23 de octubre de 2020). Investigación Bibliográfica: Definición, Tipos, Técnicas. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-bibliografica/>.
- 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/wpcontent/uploads/2016/06/Cadena-del-cacao-en-Ecuador.pdf>
- Vásquez, A., Cruzatty, C., Olaya, C. y Martínez, M. (2020). Insectos polinizadores en sistemas de producción de *theobroma cacao* l. en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 13(2), 23-30.
- Vera, V. (2022). Obtención del mapa de rendimiento georeferenciado del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 mediante el empleo de técnicas de agricultura de precisión.
- Winder, J. (1977). Recent research on insect pollination of cocoa. *Cocoa Growers Bulletin* no. 26:11-19.
- World Cocoa Foundation (2014). Cocoa market update. (En Línea). Formato PDF. Consultado 16 de marzo del 2022. Disponible en: <http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/Cocoa-Market-Update-as-of-4-1-2014.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Desarrollo del fruto



Anexo 1.1. Botón floral.



Anexo 1.2. Desarrollo del fruto.



Anexo 1.3. Mazorca de cacao en estado maduro.



Anexo 1.4. Mazorca de cacao cosechada.

Anexo 2. Ubicación de trampas



Anexo 2.1. Trampa con sustrato "Cáscara de cacao".



Anexo 2.2. Trampa con sustrato "Pseudotallo de plátano".



Anexo 2.3. Trampa con sustrato "Hojarasca".



Anexo 2.4. Colocación de alcohol en frascos de vidrio.

Anexo 3. Cacao CCN51 (3.1) y Cacao Nacional (3.2)

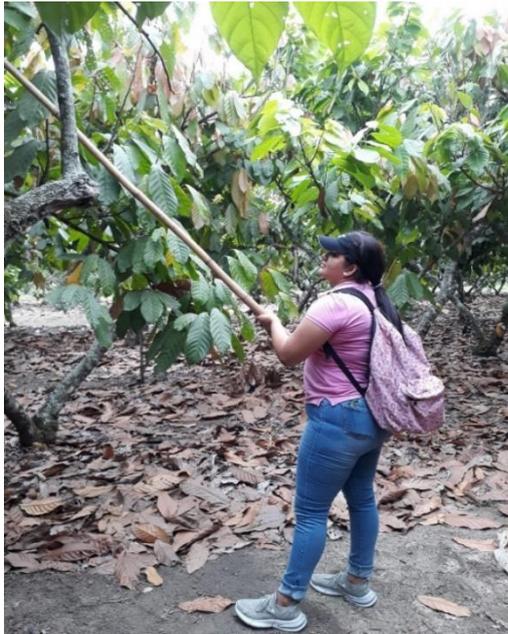


Anexo 3.1. Cacao tipo "CCN51".



Anexo 3.2. Cacao tipo "Nacional".

Anexo 4. Cosecha de cacao



Anexo 4.1. Eliminación de chereles.



Anexo 4.2. Recolección de mazorcas



Anexo 4.3. Cosecha de cacao



Anexo 4.4. Extracción de granos de cacao.



Anexo 4.5. Pesado de cacao en baba.

Anexo 5. Recolección de datos



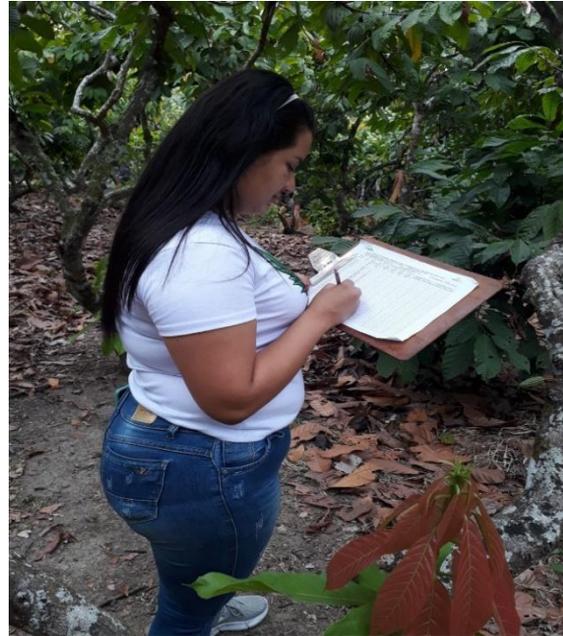
Anexo 5.1. Aplicación de carpeta plástica recortada.



Anexo 5.2. Ubicación mensual de rama.



Anexo 5.3. Registro mensual de datos.



Anexo 5.4. Registro mensual de datos.

Anexo 6. Pruebas no paramétricas

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SHAPIRO	0.001	0.0002	0.02	0.01	0.05	0.69
BARTLETT	0.003	0.00001	0.009	0.03	0.0005	0.001
Kruskal	0.0614	0.26	0.005	0.007	0.0001	0.012

Anexo 6.1. Número de flores por mes

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SHAPIRO	0.0002	0.00001	0.31	0.04	0.04	0.0008
BARTLETT	0.69	0.4	0.81	0.61	0.61	0.61
Kruskal	0.07	0.18	0.81	0.09	0.09	0.07

Anexo 6.2. Porcentaje de polinización, fecundación y frutos formados por mes

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SHAPIRO	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
BARTLETT	<0.0001	<0.0001	0.00004	0.34	<0.0001	0.7
Kruskal	<0.0001	0.005	0.05	0.03	<0.0001	0.29

Anexo 6.3. Rendimiento por planta

Anexo 7. Investigación en laboratorio



Anexo 7.1. Estereoscopio. Laboratorio INIAP.



Anexo 7.2. Identificación de insectos atrapados.



Anexo 7.3. Muestras recolectadas de las trampas.



Anexo 7.4. Identificación taxonómica de polinizadores.