



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

ESTUDIO DE LA AUTOCOMPATIBILIDAD DE QUINCE
GENOTIPOS ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.),
ESTABLECIDOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL
DE LA AMAZONÍA

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: JORDY FABRICIO MANCHENO REMACHE

DIRECTOR: Ing. HILTER FARLEY FIGUEROA SAAVEDRA, MSc.

El Coca - Ecuador

2022

©2022, Mancheno Remache Jordy Fabricio

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, MANCHENO REMACHE JORDY FABRICIO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 28 de noviembre del 2022

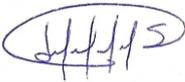


Jordy Fabricio Mancheno Remache

C.I: 220037292-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental **ESTUDIO DE LA AUTOCOMPATIBILIDAD DE QUINCE GENOTIPOS ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), ESTABLECIDOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA**, realizado por el señor: **JORDY FABRICIO MANCHENO REMACHE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Ing. Ana Ximena Salguero Cajo, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  _____ | 2022-11-28 |
| Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  _____ | 2022-11-28 |
| Ing. Daniel David Espinoza Castillo, MSc. ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  _____ | 2022-11-28 |

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico primeramente a Dios por haberme formado junto a una maravillosa familia “Mancheno Remache”, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, a mis padres Joffre Iván Mancheno Chiriboga y Mercedes Coralia Remache Sánchez, quienes han sido pilar fundamental acompañándome en todo sentido durante el transcurso de mi vida como estudiante universitario, a mi amado hijo Alan Smith Mancheno Moreno, por ser mi motor y motivo de inspiración en los momentos difíciles que se me presentaban en mi diario vivir, a mi esposa Laddy Melissa Moreno Yánez, quien ha estado presente desde mi etapa inicial de esta aventura y ha confiado siempre en el intelecto que Dios me ha concedido para alcanzar todo lo que me proponga y a mi querida abuelita Ana María Sánchez Cabezas, quien ha sido mi segunda madre y la cual siempre ha tenido la voluntad y paciencia para apoyarme en lo que he necesitado.

Jordy

AGRADECIMIENTOS

Me siento agradecido con Dios, por regalarme la oportunidad de vivir y disfrutar de las cosas maravillosas de este mundo, además por llenarme de sabiduría para alcanzar todas mis metas.

A mis padres Joffre Iván Mancheno Chiriboga y Mercedes Coralia Remache Sánchez, porque sin ellos no hubiese logrado concretar este sueño tan anhelado de ser un profesional.

A mis abuelos Vicente y Ana, quienes siempre con sus consejos han sabido llevarme por el camino del bien.

A mi querida tía y a la vez compañera Nelly, por haberme invitado a formar parte de esta increíble aventura como estudiantes universitarios y por saber sobrellevar la situación frente a cualquier decisión que yo en algún momento haya tomado.

A mis hermanos Marcelo y Andrea, por el apoyo moral que me han brindado.

A mi esposa Lady, por darme confianza y apoyo incondicional para que cumpla mi objetivo.

A mi amigo Jonathan, por ser confidente y sobre todo aconsejarme en cada una de las situaciones difíciles que se me han presentado.

A mis compañeros (as) Abel, Adrián, Kevin, Miller, Johnny, Alexis, Jacobo, Daysi, Nelly, Magaly, Marlín y Gloria por haber sido partícipes de muchos momentos de alegría, tanto en las aulas de clase como fuera de ellas.

A mis tíos (as), primos (as), que en cierto modo en algún momento me han echado la mano para no quedarme estancado con mi meta planteada.

A la EECA-INIAP y a sus colaboradores por darme la acogida para realizar mi trabajo de titulación dentro de sus instalaciones.

Y finalmente a la ESPOCH – SEDE ORELLANA y docentes, quienes me han formado como un profesional de excelencia para ser alguien útil en la vida diaria.

Jordy

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | x |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xi |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--------------------------------------------------------|---|
| 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1. Antecedentes..... | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema de investigación | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |
| 1.5. Hipótesis | 4 |
| 1.5.1. <i>Hipótesis nula - H0</i> | 4 |
| 1.5.2. <i>Hipótesis alterna - H1</i> | 4 |

CAPÍTULO II

| | |
|----------------------------------------------|---|
| 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 5 |
| 2.1. Historia | 5 |
| 2.2. Domesticación del cacao..... | 5 |
| 2.3. Genética..... | 6 |
| 2.3.1. <i>Criollo</i> | 6 |
| 2.3.2. <i>Forastero</i> | 6 |
| 2.3.3. <i>Trinitario</i> | 7 |
| 2.4. Taxonomía..... | 7 |
| 2.4.1. <i>Clasificación taxonómica</i> | 7 |
| 2.5. Morfología..... | 8 |
| 2.5.1. <i>Flor</i> | 8 |
| 2.5.2. <i>Fruto</i> | 9 |

| | | |
|---------|------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.3. | <i>Semilla</i> | 9 |
| 2.5.4. | <i>Tallos y ramas</i> | 9 |
| 2.5.5. | <i>Hojas</i> | 9 |
| 2.5.6. | <i>Sistema radicular</i> | 9 |
| 2.6. | Polinización | 10 |
| 2.6.1. | <i>Polinización natural</i> | 10 |
| 2.6.2. | <i>Polinización artificial</i> | 11 |
| 2.7. | Compatibilidad | 11 |
| 2.7.1. | <i>Autocompatibilidad</i> | 12 |
| 2.7.2. | <i>Incompatibilidad</i> | 12 |
| 2.7.3. | <i>Plantas intercompatibles e interincompatibles</i> | 12 |
| 2.8. | Requerimientos ambientales | 12 |
| 2.9. | Labores culturales | 13 |
| 2.9.1. | <i>Control de malezas</i> | 13 |
| 2.9.2. | <i>Podas</i> | 13 |
| 2.9.3. | <i>Fertilización</i> | 13 |
| 2.9.4. | <i>Riego</i> | 13 |
| 2.9.5. | <i>Sombra</i> | 14 |
| 2.9.6. | <i>Control de plagas y enfermedades</i> | 14 |
| 2.10. | Enfermedades del cultivo de cacao | 14 |
| 2.10.1. | <i>Moniliasis</i> | 14 |
| 2.10.2. | <i>Mazorca Negra</i> | 14 |
| 2.10.3. | <i>Escoba de Bruja</i> | 15 |

CAPÍTULO III

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------|----|
| 3. | MARCO METODOLÓGICO | 16 |
| 3.1. | Localización del estudio | 16 |
| 3.1.1. | <i>Ubicación geográfica</i> | 16 |
| 3.2. | Materiales | 17 |
| 3.3. | Metodología | 17 |
| 3.3.1. | <i>Método Observacional</i> | 17 |
| 3.3.2. | <i>Características del campo experimental</i> | 17 |
| 3.3.3. | <i>Factores en estudio</i> | 17 |
| 3.3.4. | <i>Unidad experimental</i> | 17 |
| 3.3.5. | <i>Tratamientos</i> | 17 |
| 3.3.6. | <i>Análisis estadístico</i> | 18 |

| | | |
|--------|--------------------------------------------------|----|
| 3.3.7. | <i>Variables a evaluar</i> | 18 |
| 3.4. | Manejo específico del experimento | 19 |
| 3.4.1. | <i>Podas de mantenimiento y sanitarias</i> | 19 |
| 3.4.2. | <i>Control de malezas</i> | 19 |
| 3.4.3. | <i>Fertilización</i> | 19 |
| 3.4.4. | <i>Selección de botones florales</i> | 19 |
| 3.4.5. | <i>Polinización</i> | 19 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|------|--------------------------------------|----|
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 4.1. | Autocompatibilidad | 21 |
| 4.2. | Polinización | 22 |
| 4.3. | Fecundación de flores | 22 |
| 4.4. | Abortos o sobrevivencia | 23 |
| 4.5. | Discusión | 24 |

| | | |
|--|---------------------------|----|
| | CONCLUSIONES | 26 |
|--|---------------------------|----|

| | | |
|--|------------------------------|----|
| | RECOMENDACIONES | 27 |
|--|------------------------------|----|

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1-3: | Genotipos de cacao elite establecidos en la estación experimental..... | 18 |
| Tabla 1-4: | Autocompatibilidad de los genotipos de cacao elites establecidos en la estación experimental..... | 21 |
| Tabla 2-4: | Valores de Chi-cuadrado, flores polinizadas | 22 |
| Tabla 3-4: | Valores de Chi-cuadrado, flores fecundadas | 23 |
| Tabla 4-4: | Valores de Chi-cuadrado, supervivencia y aborto de frutos | 24 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1-2: | Flor de cacao | 8 |
| Ilustración 2-2: | Polinización manual de cacao | 11 |
| Ilustración 1-3: | Localización del sitio de investigación..... | 16 |
| Ilustración 1-4: | Resultado del porcentaje de flores polinizadas y no polinizadas | 22 |
| Ilustración 2-4: | Resultado del porcentaje de flores fecundadas y no fecundadas..... | 23 |
| Ilustración 3-4: | Resultado de porcentaje de supervivencia y aborto de frutos fecundados.... | 24 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
- ANEXO B:** SELECCIÓN DE FLORES DE CACAO
- ANEXO C:** PREPARACIÓN DE LAS FLORES PARA SU POLINIZACIÓN
- ANEXO D:** PROCESO DE POLINIZACIÓN
- ANEXO E:** ROTULACIÓN CON FECHA DE REALIZADA, LA POLINIZACIÓN
- ANEXO F:** OBTENCIÓN DE MAZORCAS (CHERELES)
- ANEXO G:** VALORES DESCRIPTIVOS PARA FLORES POLINIZADAS
- ANEXO H:** VALORES DESCRIPTIVOS PARA FLORES NO POLINIZADAS
- ANEXO I:** VALORES DESCRIPTIVOS DE FLORES NO FECUNDADAS
- ANEXO J:** VALORES DESCRIPTIVOS PARA FRUTOS FECUNDADOS
- ANEXO K:** VALORES DESCRIPTIVOS DE SOBREVIVENCIA DE MAZORCAS FECUNDADAS

RESUMEN

La presente investigación consistió en el estudio de la autocompatibilidad de quince genotipos élitos de *Theobroma cacao* L. (cacao) establecidos en la Estación Experimental Central de la Amazonía (EECA). La metodología usada se basó en el programa de cacao y café del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), donde se analizaron 15 genotipos de cacao que se autopolinizaron formándose los tratamientos de la investigación, dichos genotipos provinieron de fincas productoras de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos, localidades parte del Programa de mejoramiento de Cacao y Café de la EECA; para el análisis estadístico se utilizó la prueba no paramétrica de Chi-cuadrado de bondad de ajuste, al nivel del 5 % de probabilidad y con 1 grado de libertad; la variable evaluada consistió en el prendimiento, o fecundaciones identificadas por el abultamiento de los ovarios y la formación de pequeñas mazorcas, datos tomados a los 3, 7 y 15 días; durante el experimento se realizaron podas de mantenimiento y sanitarias, control de malezas, fertilización, selección de botones florales y polinización artificial en la mañana con su debido proceso de cuidado cubriendo la flor con un tubo de eppendorf previamente para que no haya polinización natural. Los tratamientos T7, T6, T14 alcanzaron porcentajes de autocompatibilidad superiores al 80%, mientras que los tratamientos T10, T9, T2, T1, T11 resultaron ser autoincompatibles entre sí; a los 15 y 30 días los tratamientos T14, T13, T12, T1 no fecundaron ninguna de las flores polinizadas, los tratamientos T3, T5, T7, T10 alcanzaron porcentajes mayores al 50% en fecundación. Es importante conocer la incompatibilidad de las plantas de cacao para la obtención de mejores rendimientos, se recomienda repetir el experimento en distintas épocas para ver la influencia del clima.

Palabras clave: <CACAO (*Theobroma cacao* L.)>, <AUTOPOLINIZACIÓN>, <COMPATIBILIDAD>, <INCOMPATIBILIDAD>, <AUTOINCOMPATIBILIDAD>, <POLINIZACIÓN ARTIFICIAL>, <PORCENTAJE DE FECUNDACIÓN>.

Leonelo Medina

04-01-2023



2464-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present research consisted in the study of self-compatibility on fifteen elite genotypes of *Theobroma cacao* L. (cacao) established in Central Experimental Station of the Amazon (EECA). The methodology used was based on the cocoa and coffee program of the National Institute of Agricultural Research (INIAP), 15 cocoa genotypes were analyzed and self-pollinated to form the research treatments. These genotypes came from producing farms in the provinces Napo, Orellana and Sucumbíos, localities are part of the Cocoa and Coffee Improvement Program of EECA; for the statistical analysis, the non-parametric Chi-square test of fit goodness was used, 5% probability level and with 1 degree of freedom; The variable evaluated consisted of bud break, or fertilization identified by the bulging of the ovaries and formation of small cobs, data taken at 3, 7 and 15 days; during the experiment, maintenance and sanitary pruning, weed control, fertilization, selection of flower buds and artificial pollination were carried out in the morning with due care, covering the flower with an eppendorf tube beforehand so that there would be no natural pollination. Treatments T7, T6, T14 reached self-compatibility percentages higher than 80%, while treatments T10, T9, T2, T1, T11 turned out to be self-incompatible among themselves; at 15 and 30 days, treatments T14, T13, T12, T1 did not fertilize any of the pollinated flowers, treatments T3, T5, T7, T10 reached percentages higher than 50% in fertilization. It is important to know the incompatibility of cocoa plants to obtain better yields, it is recommended to repeat the experiment at different times to see the influence of climate.

Key words: <CACAO (*Theobroma cacao* L.)>, <AUTOPOLINIZATION>, <COMPATIBILITY>, <INCOMPATIBILITY>, <AUTOINCOMPATIBILITY>, <ARTIFICIAL POLINIZATION>, <FERTILIZATIONPERCENTAGE>.

Translated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva, Mgs.

DOCENTE ESPOCH-INGLES

INTRODUCCIÓN

El Ecuador en los años 1890 alcanzó un gran protagonismo al posicionarse entre una de las mayores naciones exportadoras de cacao (Anecacao, 2015, párr. 3), en la provincia de Orellana el cultivo de cacao constituye una de las principales actividades agrícolas de pequeños agricultores indígenas y colonos, en la provincia se cultiva aproximadamente 59.572 ha de cacao (ESPAC, 2020, párr. 4). El árbol de cacao puede producir hasta 10000 flores por año en condiciones favorables, pero de estas, solo 0,01% llegan a transformarse en frutos, la fecundación de los frutos puede ser más baja por falta de insectos polinizadores y autocompatibilidad de las plantas. Particularmente en el país existen limitaciones genéticas, ecológicas, fisiológicas, patógenas y culturales, que actúan solas o asociadas, resultando en bajos rendimientos de los cultivos (Quiroz y Fogliano, 2018, p. 481).

Debido a estos problemas, el Programa de Cacao y Café de las estaciones del INIAP buscan constantemente mejorar los clones de cacao para mantener la producción y la calidad y así proteger la comercialización activa, ya que este cultivo es de importancia económica y social para los pequeños y grandes productores. El cacao es el tercer producto tradicional no petrolero más importante de la canasta exportadora del país (Anecacao, 2015, párr. 6). El cacao ecuatoriano es muy valorado en el mercado internacional por su calidad y aroma. Se cultiva en las regiones central, oriental y occidental del país.

Entre los factores genéticos, existe un problema muy complejo como es la incompatibilidad, que es uno de los principales problemas para alcanzar el potencial de rendimiento, Esta característica tiene el inconveniente que lo pueden heredar las siguientes generaciones, Por lo que el siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la autocompatibilidad de 15 genotipos de cacao colectado en las distintas provincias Amazónicas, para futuras liberaciones.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El árbol del cacao *Theobroma cacao* L. es un pequeño árbol de hoja perenne originario de la selva amazónica familia Malvaceae, tiene un crecimiento indeterminado y su producción de frutos puede variar de 20 a más de 100 años, fructificando tanto en el tronco como en las ramas (Niemenak, et al., 2010, p. 2). Los frutos, conocidos como mazorcas de cacao, surgen de la polinización de flores agrupadas en cojines florales, hermafroditas y se componen de cinco pétalos, cinco sépalos, cinco estaminodios, cinco estambres y un pistilo, y la polinización natural se produce principalmente por insectos del género *Forcipomyia meigen* (Guillermo y Vilela, 2013, p. 360; De Jesus et al., 2018, p. 1795).

El rendimiento mundial promedio es de alrededor de 300 kg/ha (International Cocoa Organization, 2020, párr. 5), pero esta producción podría aumentar con un buen manejo nutricional, manejo de plagas y enfermedades. Según Forbes et al. (2019, p. 1719) la baja productividad de las plantaciones de cacao se debe a la compatibilidad sexual de la planta.

El cacao produce un excedente de flores, posiblemente hasta 125000 flores por árbol por año (Lachenaud y Mossu, 1985, p. 23), sin embargo, en la mayoría de las áreas productoras todavía se observan proporciones bajas de frutos (Aneani y Ofori, 2013, p. 118). No más del 10 % de las flores producidas se polinizan naturalmente (Groeneveld et al., 2010, p. 184). Aunque es conocido que la mayoría de las variedades de cacao son autoincompatibles se sabe muy poco sobre los servicios de polinización o la ecología de los polinizadores en el cacao (Toledo et al., 2017, p. 139).

La idea del trabajo de investigación es observar la autocompatibilidad de 15 genotipos de cacao, para así lograr el mejoramiento de este cultivo.

1.2. Planteamiento del problema de investigación

En el país se producen tres variedades de cacao como son Forastero, Criollo y Trinitario. El cultivo de cacao presenta diferentes factores que limitan la producción entre ellas se encuentran los fisiológicos, ecológicos, genéticos, patogénicos y culturales. El cacao es una planta que presenta el fenómeno de incompatibilidad sexual y que se manifiesta cuando el polen no consigue fecundar en la misma planta (auto-incompatibilidad) (Ruiz, 2014, p. 11).

La incompatibilidad es un problema que se da en un gran número de árboles de cacao que son estériles mientras son polinizados por su propio polen y en cambio son fértiles y fructifican cuando son polinizadas por polen extraño. Por ese motivo, una planta puede estar en ambos

grupos, puede ser auto-incompatible, pero compatible con otras. La incompatibilidad se presenta en algunas épocas. Una plantación con árboles incompatibles reduce los rendimientos en las cosechas (Enríquez, 1999, p. 2).

Un árbol puede ser altamente productivo, pero a su vez, ser auto-incompatible, es decir, necesita otro que lo polinice. Si el productor utiliza solamente la semilla de este árbol para establecer una plantación, sus descendientes no podrán autofecundarse y ello se traduce en una baja cosecha y por ende baja rentabilidad (Enríquez, 1999, p. 2), para evitar la baja producción es necesario realizar arreglos de siembra de acuerdo a la compatibilidad e inter-compatibilidad sexual de los materiales a usarse, y de esta manera permita asegurar la fertilidad floral de las plantas de cacao (Castro, 2020, p. 5).

Es por ello que esta investigación consiste en hacer estudios sobre la autocompatibilidad de los genotipos de la colección del programa de café y cacao porque es un factor genético limitante que afecta directamente a la producción y rendimiento del cultivo.

1.3. Justificación

El cacao es de gran importancia económica y social en el Ecuador, pues aproximadamente el 13% de la población económicamente activa agrícola del país se relaciona con dicho cultivo (Palacios, 2019, p. 6). El cultivo de cacao engloba un agrosistema con otras especies vegetales, principalmente café, plátano, los cuales al mismo tiempo producen sombra al cacao y permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos (Ruiz, 2014, p. 11). En Ecuador el año 2020 la superficie de siembra de cacao alcanzó las 590.579 Ha con una producción de 327.903 toneladas métricas. De estas 59.572 están ubicadas en la Región Amazónica con una producción de 20.193 toneladas métricas (ESPAC, 2020, párr. 4).

En el año 2020, África produjo el 70% de la producción mundial de cacao en grano, en el 2019 el Ecuador se convirtió en el primer exportador de cacao en grano en América, ocupando el cuarto puesto a nivel mundial, la demanda mundial de cacao ha crecido en más de 35% anual conforme estaba previsto para el año 2019 y que coincide con la reactivación de mercados de nicho para cacaos especiales como orgánico, comercio justo y cacaos de origen. Ecuador es líder en la producción de cacao fino de aroma, con una participación del 62% del mercado mundial (Córdova, et al. 2021, p. 2432; León, 2016, p. 50).

La producción y exportación de cacao a su vez sirve de sustento a muchas familias que viven en las zonas rurales y se dedican a la siembra, producción y comercialización de cacao en grano. Así como la generación de empleo directo e indirecto dentro de la cadena productiva como la contribución al dinamismo de la economía interna (León, 2016, p. 51). Según Vanegas (2021, p. 23), la incompatibilidad puede estar relacionado al genotipo e incluso es una característica de los cacaos del grupo genético llamado “Criollos”.

La siembra de materiales auto-incompatibles es causante de bajos rendimientos, es por ello que se busca realizar este tipo de trabajo para determinar el porcentaje de autocompatibilidad, lo que permitirá determinar cuántos genotipos de cacao de la colección son autocompatibles lo cual dará paso a la validación de aquellos materiales. Esta información será muy importante para su utilización futura en el campo de la investigación para lanzamientos de nuevos materiales de cacao.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la autocompatibilidad de quince genotipos élitos de cacao, mediante polinización artificial para conocer la capacidad de autofecundación de los mismos, en la parroquia san Carlos en parcelas de investigación de la Estación Central de la Amazonia (INIAP).

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar la polinización manual (artificial) en quince genotipos de cacao, para medir el grado de autocompatibilidad de plantas.
- Evaluar la capacidad de autofecundación que tienen los genotipos de cacao en estudio, para determinar el porcentaje de autocompatibilidad.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula - H0

Ningún genotipo de cacao en estudio presentará autocompatibilidad.

1.5.2. Hipótesis alterna - H1

Al menos un genotipo de cacao en estudio presentará autocompatibilidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Historia

Cuando los españoles descubrieron Centroamérica y México (1504-1525), el cacao ya se producía, comercializaba y consumía desde hacía varios siglos (Touzard, 1993, p. 5). El árbol del cacao fue cultivado por los Aztecas y Mayas en esa época, y los estudios arqueológicos han indicado su cultivo en la región llamada Soconusco (sur de México, norte de Guatemala) mucho antes de esa época (Powis et al., 2011, 8596). De hecho, la primera domesticación del árbol del cacao habría sido realizada por los olmecas a partir del año 1000 a.C. La civilización olmeca es considerada la “civilización madre” de Mesoamérica (Faublée, 1982, p. 285).

Investigaciones aún más recientes indican que el uso de los granos de cacao ya existía en el alto Amazonas (actualmente Ecuador y Perú) en el año 5000 a.C. (Zarrillo et al., 2018, p. 1880). Sin embargo, las primeras plantaciones organizadas parecen haberse realizado en la región del Soconusco, a veces con sistemas de drenaje y riego cuando las lluvias eran insuficientes. La elección de plantar cacao en condiciones de precipitación marginal puede deberse a la identificación de estas zonas como menos propensas a las enfermedades fúngicas, como la podredumbre de la vaina debida a varias especies de *Phytophthora*. En efecto, de plantaciones se remontan a siglos anteriores a la llegada de los españoles; Por ejemplo, se han encontrado fragmentos de árboles de cacao y estructuras de drenaje en el sitio arqueológico de Izapa, en el estado de Chiapas en México (Muhs, 1985, p. 122).

2.2. Domesticación del cacao

Theobroma cacao es un árbol originario de las regiones tropicales húmedas del norte de Sudamérica regiones tropicales húmedas del norte de Sudamérica y según algunos informes, de Centroamérica. De hecho, aún existe cierta controversia sobre el origen y la domesticación del cacao (Miranda, 1962; citado en Cedeño et al., 2020, p. 2).

Algunos autores creen que el cacao fue introducido en América Central. Aunque el primer centro de domesticación y cultivo se ha identificado como Centro América (Van Hall, 1914; citado en Martínez, 2015, p. 3), el comienzo más posible del cacao es la región del Orinoco y del Amazonas (Cheesman, 1944; citado en Pathmanathan, 2018, p. 1) aunque el cacao se ha cultivado en México y Centroamérica desde hace más de 2000 años, no había poblaciones verdaderamente silvestres en esta región, lo que sugiere que el cacao fue introducido en Centroamérica y México (Schultes, 1984; citado en Martínez, 2015, p. 3).

2.3. Genética

Theobroma cacao nativo de las selvas tropicales de la región del Amazonas de América del Sur esta región ha sido considerada el centro de origen geográfico de la especie, porque tiene la mayor diversidad genética del cacao, Aunque tradicionalmente se han formado tres grupos morfo-geográficos llamados Criollo, Forastero y Trinitario los que han sido reconocidos mediante estudios moleculares (Cornejo et al., 2018, p. 2).

La variedad de tipo Nacional es una de las más antiguas poblaciones cultivadas comercialmente que se encuentran en las regiones costeras de Ecuador, al oeste de los Andes. Por su morfología y diversidad alélica, la cuenca del alto Amazonas es el origen más aceptado de esta variedad (Zhang et al., 2012, p. 240).

El cacao Nacional Fine Aroma es reconocido mundialmente por sus fragancias afrutadas y florales. Estas propiedades le dan un valor añadido que hace que sea un cacao reconocido por el mercado internacional, especialmente en la industria de la confitería (Anecacao, 2015, párr. 7).

2.3.1. Criollo

Las semillas del árbol *Theobroma cacao* L., son la materia prima clave para la producción de chocolate. El criollo es la variedad más fina de cacao (Castro et al., 2019, p. 2). Sus semillas son aromáticas, de sabor suave y con un poco de amargor lo que representan la materia prima ideal para un chocolate de calidad (Ascrizzi et al., 2017, p. 475; Żyżelewicz et al., 2018, p. 235). Los cacaos criollos, se desarrollan más específicamente en la zona que va desde el norte del Ecuador (Esmeraldas), Colombia, Venezuela, Centroamérica hasta las selvas tropicales de México. Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas rugosas, surcos pronunciados, de forma alargada y puntiaguda, de coloraciones verdes y rojizas en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjado con tonos rojos, proporcionalmente cuando están maduras, el mucílago es dulce y tiene bastante aroma después del fermentado (Durán y Dubón, 2016, p. 4).

2.3.2. Forastero

Los cacaos de origen forastero o también llamados amazónicos, son cacaos originarios de la cuenca alta del río Amazonas, clasificados como silvestres en la Amazonía de Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela y Brasil. Desde este lugar se extendieron a los diferentes continentes donde se producen actualmente. Se caracteriza por sus frutos de cáscara dura y leñosa, superficie relativamente lisa y granos aplanados de color morado, con mucho tanino y astringencia tienen un gran poder aromático, pero sin finura ni diversidad de sabores, el sabor puede ser fuerte y

amargo (Marroquin, 2011, p. 37), también se caracteriza por ser una variedad robusta y resistente a condiciones adversas (Quiroz y Fogliano, 2018, p. 481).

2.3.3. Trinitario

Los cacaos trinitarios son el resultado de cruces que se produjeron de forma natural entre criollos y foráneos y otros fueron propiciados por el hombre en la isla de Trinidad y Tobago, por lo que se denominan trinitarios (Sánchez et al., 2015, p. 266).

Poseen mayor resistencia y productividad, en comparación con el Criollo, de alta calidad, pero sumamente delicado; son cacaos con una gran heterogeneidad, lo que los hace más interesantes y también más prometedores, caracterizado por presentar notas de vino (Quiroz y Fogliano, 2018, p. 482).

2.4. Taxonomía

El cacao es un árbol neotropical de la familia pertenece a la familia Sterculiaceae y al género *Theobroma*; este género tiene 22 especies, de las cuales *T. cacao* L. es comercialmente la más importante debido al valor económico de sus semillas (Kongor et al., 2016, p. 45).

A partir del registro histórico de clasificación, *T. cacao* se divide en dos subtipos basados en caracteres morfológicos y en el origen geográfico, el *T. cacao* sp. que se conoce como Criollo, y *T. cacao* sp. *sphaerocarpum* conocida como Forastero. La tercera raza, Trinitario, es un grupo híbrido con rasgos agronómicos intermedios entre Criollo y Forastero (Motamayor et al., 2003, 323). El árbol se cultiva en los climas más cálidos de América del Sur y Central, África, el Sudeste Asiático y las islas tropicales, donde representa uno de los cultivos perennes más importantes (Fouet et al., 2011, p. 800).

2.4.1. Clasificación taxonómica

| | |
|-------------|---------------------------|
| Reino: | Plantae |
| Subreino: | Tracheobionta |
| División: | Magneolopita |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Subclase: | Dilleniidae |
| Orden: | Malvales |
| Familia: | Sterculiaceae |
| Subfamilia: | Byttnerioideae |
| Género: | <i>Theobroma</i> |
| Especie: | <i>Theobroma cacao</i> L. |

2.5. Morfología

Es una especie perenne cauliflora con polinización cruzada y monoica que en su mayoría de variedades requiere de sombra (Hulme et al., 2018, p. 237). En estado silvestre, los árboles de cacao pueden alcanzar hasta 25 m de altura (Lachenaud et al., 2007, p. 314). Los estudios sobre divergencia morfológica se han realizado en flores, frutos y hojas con el fin de identificar y clasificar diferentes variedades de cacao.

2.5.1. Flor

El cacao es una planta cauliflora cuyas flores se insertan en el tronco de las ramas principales, estas estructuras se denominan cojinetes florales en la que puede albergar un promedio de 1 a 40 flores. Las estructuras florales surgen de forma endógena a partir del floema. En general, la producción de polen tarda unos 30 días desde la aparición de las yemas hasta la floración y sólo 48 horas después de la floración, aunque hay que tener en cuenta que este proceso está influido por los factores climáticos locales (Kongor et al., 2016, p. 46).

La flor está sostenida por un pedicelo y cinco sépalos, soldados por su base, blancos o teñidos de rosa, los sépalos tienen una forma muy característica: muy estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar una pequeña cogulla de color blanco (Kongor et al., 2016, p. 46).

Un árbol llega a producir un promedio 4554 flores en un periodo de seis meses, tiempo en donde el proceso de polinización es seguro, luego de la fecundación se formará un fruto. Existen muchos factores que afectan la producción del cacao, entre los factores más importantes que afectan la producción está el ataque de enfermedades, también la disminución de los insectos polinizadores por el mal uso de los pesticidas, principalmente los insecticidas (Kongor et al., 2016, p. 46).



Ilustración 1-2: Flor de cacao

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

2.5.2. Fruto

El fruto varía en tamaño, color y forma dependiendo de la variedad, pero generalmente tiene forma de baya, con 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo liso o acanalado, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, púrpura o marrón. La pared del fruto es gruesa, dura o blanda y de consistencia coriácea. Los frutos están divididos internamente en cinco células. La pulpa es blanca, rosa o marrón, de sabor entre agrio y dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, marrón o púrpura, de sabor agridulce y con un peso de 200 a 500g (Vera et al., 2016, p. 36).

2.5.3. Semilla

Cubierta de una envoltura arilar blanquecina y un sabor dulce, su testa es gruesa y el embrión está compuesto de 2 cotiledones que contienen grasas y que son de uso comercial. Las semillas también contienen fibra, proteínas. Agua y otras sustancias (Torres, 2012, p. 18).

2.5.4. Tallo y ramas

Puede ser de dos tipos: ortotrópico que va relacionado al crecimiento recto y vertical propios de árboles provenientes de semilla y el otro tipo es plagiotrópico que se relaciona al crecimiento horizontal o lateral, provenientes de plantas que son producidas por injerto. Durante el crecimiento de 12 a 18 meses de una planta producida por semilla, la yema apical detiene su crecimiento y da comienzo en el mismo lugar a 3 o 5 ramas laterales conocidas como verticilo u horqueta (Arellano, 2020, p. 6).

2.5.5. Hojas

Sus hojas jóvenes son pigmentadas y el color puede variar según los cultivares o clones del verde pálido a rosado y violeta, de longitud miden de 15 a 50 cm y de ancho 5 – 20 cm (Arellano, 2020, p. 7).

2.5.6. Sistema radicular

Tiene una raíz principal o pivotante, tienen un promedio de crecimiento entre 1.20 m y 1.50 m, y en ocasiones puede llegar a medir 2 metros. Inicialmente a partir de los 20cm a 25cm del cuello de la raíz, crece una cantidad importante de raíces secundarias y posteriormente terciarias que en ocasiones alcanzan a cubrir un área equivalente a la de su copa (Arellano, 2020, p. 6).

2.6. Polinización

La polinización de las plantas es un fenómeno biológico que consiste en la transferencia del polen hacia los estigmas de otra planta, obteniendo fecundar el óvulo y generar un nuevo fruto. El ciclo de la producción de cacao, desde el proceso de polinizar hasta el fruto fisiológicamente maduro (listo para cosechar) es, en condiciones normales, de 5 a 6 meses. Es importante señalar que las características del polen son pegajosas y húmedas, por lo que el viento no puede transportarlo, pero hay excepciones como: la presencia de varias horas de sol y un viento seco. Es por ello que la polinización de cacao en su mayor parte es entomófila, los insectos son los principales vectores de transferencia de polen de una flor a otra (Díaz y Urbina, 2015, p. 14).

La misma estructura de la flor y la adhesividad del polen limitan la posibilidad de lograr la polinización por el viento. La falta de aroma o néctar y la estructura de la flor, ocultando las anteras en los pétalos abolsados y el anillo de estaminodios, dificultan el acceso a los estigmas. Todas estas características de la flor no facilitan la polinización por insectos. Sin embargo, los ácaros son atraídos al tejido carnoso y de color púrpura que forman los estaminodios de las cuales se alimentan. La mayor parte de la polinización se efectúa en la mañana y la polinización artificial debe hacerse antes del mediodía (Wood, 1982, p. 36).

La misma estructura de la flor impide la autopolinización de la misma manera también impide la fecundación de una flor con su propio polen, pues las anteras recurvadas hacia fuera están rodeadas por las conchas de los 10 pétalos y separadas del estigma por los estaminodios; de manera que es necesaria la presencia de polen de otra flor para la fecundación (León, 1987, p. 69).

2.6.1. Polinización natural

La polinización es la transferencia del polen (célula masculina desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación, y por lo tanto la producción de frutos y semillas, la polinización se puede por vectores bióticos como abióticos. Las plantas con flores dependen de los factores bióticos, (insectos) (Pantoja et al., 2014, p. 21).

La polinización natural es entomófila y lo realizan en un alto porcentaje pequeñas mosquitas de orden (dípteros) que han sido identificadas como de la familia Ceratopogonidae, géneros: *Forcipomyia*, y *Dasyhelea* son los vitales para el transporte de polen (Arellano, 2020, p. 10). Las mosquitas pueden volar de un árbol a otro hasta una distancia de 60 m e inician su actividad después de las 8:00 am (Halevy, 1985, p. 66).

2.6.2. Polinización artificial

Este proceso de polinización se viene dando desde hace muchos años, se enfocan en la producción de semillas, se puede aplicar en varios cultivos comerciales para generar un aporte adicional a la producción normal. En el cultivo de cacao la disposición de piezas florales facilita el proceso y los resultados son alentadores ya que aumenta el rendimiento considerablemente (Díaz y Urbina, 2015, p. 15).

El proceso de polinización artificial tiene varios propósitos como, por ejemplo: determinar la compatibilidad e incompatibilidad, escasez de agentes que cumplan el proceso de polinización en un determinado sector agrícola, evitar la alteración de las características definidas del cacaotero, la mejora genética de los materiales y la producción de semillas (Alvarado et al., 2017, p. 5).



Ilustración 2-2: Polinización manual de cacao

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

2.7. Compatibilidad

El término incompatibilidad se utiliza para indicar la incapacidad del tubo polínico de penetrar en el estigma y viajar a través del estilo para alcanzar el ovario y realizar la doble fecundación en el saco embrionario. La existencia de incompatibilidad en el cacao fue observada por primera vez en Trinidad por Harland en 1925, quien observó que había una marcada diferencia entre los árboles sanos, en cuanto al número de frutos y que algunos de ellos ni siquiera producían (Enríquez, 1985, p. 30).

2.7.1. Autocompatibilidad

La autocompatibilidad es la capacidad de una planta o grupo de plantas genéticamente idénticas (clon) para fecundar sus propias flores y producir frutos. Por otro lado, la intercompatibilidad se refiere a la capacidad de una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente diferente, lo que lleva a clasificarlas como intercompatibles o no intercompatibles (Díaz y Urbina, 2015, p. 57).

2.7.2. Incompatibilidad

La incompatibilidad sexual es un problema genético, que viene determinado por procesos bioquímicos, en los que el reconocimiento, la aceptación o el rechazo del polen tiene lugar en el tubo polínico de la flor receptora, y en algunos casos en el estigma. La incompatibilidad sexual se expresa en porcentajes de flores que han sido fecundadas, presentando la fructificación (Alvarado et al., 2017, p. 16).

2.7.3. Plantas intercompatibles e interincompatibles

Son aquellas en donde el polen de un árbol puede fecundar a las flores de otro árbol. El polen de un cacaoero no puede fecundar las flores de otro árbol (Alvarado et al., 2017, p. 16).

2.8. Requerimientos ambientales

Los requisitos medioambientales incluyen las condiciones climáticas y del suelo. Los principales factores climáticos del potencial de desarrollo son la temperatura y las precipitaciones, seguidas del viento, la iluminación, la radiación solar y la humedad relativa (Solís et al., 2015, p. 72).

El cacao prospera bajo temperaturas medias anuales de 21 °C. Las temperaturas extremas, altas y bajas, pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol. La temperatura determina la formación de las flores. Por ejemplo, si la temperatura es inferior a 21 °C, la floración es mucho menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto hace que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas son inferiores a 22 °C (Solís et al., 2015, p. 72).

El cacao es un cultivo que exige suelos con un alto contenido de materia orgánica, profundos y arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Puede decirse que el cacao es una planta que prospera en una gran diversidad de tipos de suelo. Por lo general, las plantaciones se sitúan en suelos que van desde arcillas pesadas y muy erosionadas hasta arenas y limos volcánicos recién formados, con un pH que oscila entre 4 y 7 (Solís et al., 2015, p. 73).

2.9. Labores culturales

2.9.1. Control de malezas

Consiste en eliminar todas las malas hierbas que compiten por el espacio, el agua y los nutrientes con el cultivo, y que además sirven de huéspedes para las plagas de insectos, esto se hace con el fin de tener una plantación limpia. Existen tres métodos para el control de las malas hierbas: manual, mecánico y químico (Quevedo et al., 2020, p. 15).

2.9.2. Podas

La poda consiste en estimular el desarrollo de un nuevo crecimiento vegetativo mediante la eliminación de las partes improductivas de la planta para lograr una alta productividad del cultivo. (Arvelo et al., 2017, p. 63).

2.9.3. Fertilización

Un suelo fértil es cuando tiene todos los elementos que necesita la planta y están disponibles para su absorción, el limitado desarrollo de las plantas y la baja producción se debe a la escasez de nutrientes en el suelo. Para tener un óptimo desarrollo de las plantas y alta producción se recurre a la implementación de fertilizantes, para conocer el nivel de fertilidad y de esta manera evitar deficiencias o toxicidad se debe realizar un análisis general del suelo. El cacao requiere de macroelementos como el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S); también microelementos como son Boro (B), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), entre otros, todo esto acompañado con un sistema de riego eficiente que permita disolver los fertilizantes y poder ser tomados a través del sistema radicular (Arvelo et al., 2017, p. 60).

2.9.4. Riego

El cultivo del cacao es una planta que no soporta la escasez de agua y necesita entre 1500 y 2500 mm a lo largo del año, El riego proporcionado en el momento adecuado garantiza la plena realización de las funciones fisiológicas del cultivo del cacao. El exceso de agua provoca la putrefacción de las raíces, por lo que se recomienda un buen drenaje (Borbor y Tomalá, 2018, p. 26).

2.9.5. Sombra

En la plantación de cacao debe instalarse un sistema de sombra para proteger las plantas del sol y el viento; una vez establecido el cultivo, la sombra se reduce al 25-30% para evitar la propagación de enfermedades. Los árboles de sombra aportan materia orgánica al suelo a través de las hojas secas, regulan la temperatura del cultivo y también facilitan la creación de un hábitat para la reproducción de los insectos polinizadores (Arvelo et al., 2017, p. 52).

2.9.6. Control de plagas y enfermedades

Para Tener una larga producción una plantación se debe a un buen mantenimiento y control de plagas y enfermedades. Un manejo adecuado es necesario para descartar el uso de plantas susceptibles al ataque de insectos y enfermedades, las cuales son la principal causa de pérdidas en la producción de cacao. Los cultivadores deben ser capaces de identificar los primeros síntomas de las principales enfermedades, entender las causas y el funcionamiento del patógeno para su control oportuno, de lo contrario una sola planta enferma puede ser capaz de propagar la enfermedad a toda la plantación (Rivera, 2017, pp. 1-4).

2.10. Enfermedades del cultivo de cacao

2.10.1. Moniliasis

Esta enfermedad es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, y es la responsable de ocasionar pérdidas de más del 50% de la producción de cacao, la infección se presenta en cualquier fase de desarrollo del fruto, aunque la mayor susceptibilidad se presenta en las primeras semanas de formación. Los síntomas varían de acuerdo a la edad del fruto, la severidad del ataque depende de la susceptibilidad de la planta y condiciones climáticas (Rivera, 2017, pp. 1-4).

2.10.2. Mazorca Negra

Phytophthora spp., es una de las enfermedades de mayor importancia económica en el mundo. Puede causar pérdidas de rendimiento de hasta un 30% en el cultivo, dependiendo de las condiciones climáticas presentes. Ataca a tronco, fruto y raíz, causando los daños más importantes en el fruto (Fuentes, 2015, p. 39).

2.10.3. Escoba de Bruja

En el país es considerada una de las enfermedades más severas con el 80% de pérdidas de la producción de cacao, su agente causal *Moniliophthora perniciosa*, provoca varios síntomas en el cultivo, cuando la infección es en las yemas axilares y formación del fruto ocasiona hipertrofia y daño celular a los tejidos (Borbor y Tomalá, 2018, p. 15).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, ubicada en la parroquia San Carlos, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana (Ilustración 1-3).

3.1.1. Ubicación geográfica

Lugar: Parroquia San Carlos Joya de los Sachas

Coordenadas: UTM

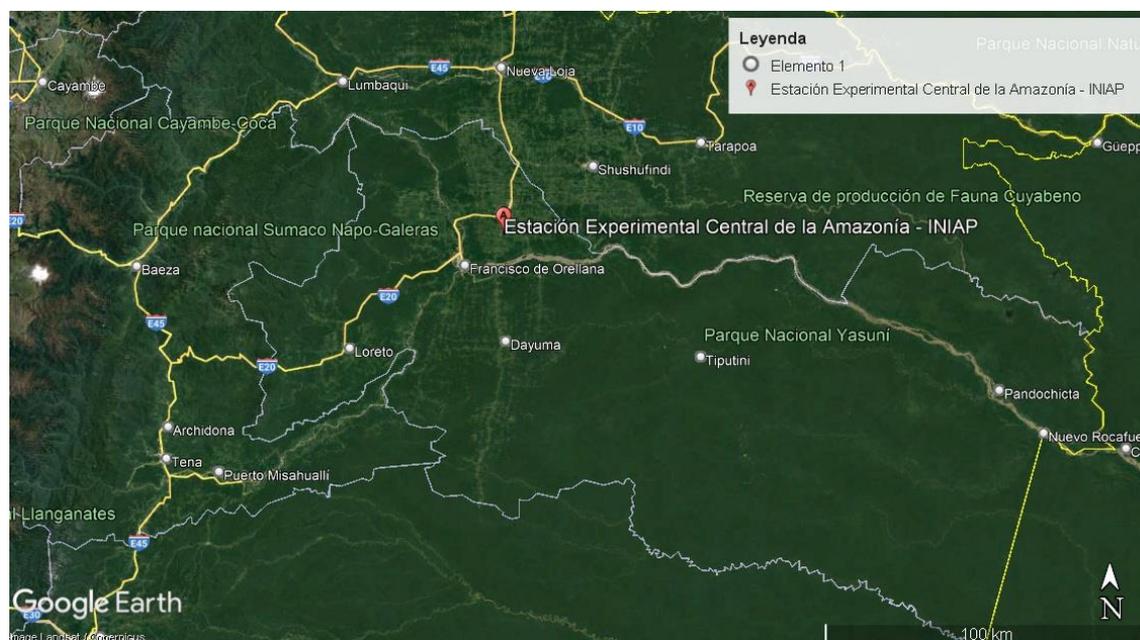
Datum: WGS84

Zona: 18 M

X: 291398.00 m E

Y: 9962333.00 m S

Altura: 280 m s.n.m.



3.2. Materiales

Pinza, tubos Eppendorf, etiquetas plásticas, algodón, alfileres de oficina, computadora, lápices, borrador, lapiceros, libreta de campo.

3.3. Metodología

La metodología que se utilizó es la recomendada por el programa de Cacao y Café del INIAP (Loor, 2016, pp. 2-4), como se detalla a continuación:

3.3.1. Método Observacional

La exploración y la recopilación de información se la realizó en campo. Se utilizaron medidas aclaratorias para la recopilación de la información, utilizando diagramas y cuadros estadísticos con la ayuda del paquete de programación Microsoft Office de Excel.

3.3.2. Características del campo experimental

La investigación se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, ubicada en la parroquia San Carlos, Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, a 280 msnm, con coordenadas 9960310 N y 291016 E.

3.3.3. Factores en estudio

El único factor en estudio correspondió a los genotipos de cacao.

3.3.4. Unidad experimental

La unidad experimental fue cada una de las flores que se auto polinizó en los genotipos seleccionados.

3.3.5. Tratamientos

Los tratamientos están dados por quince genotipos promisorios de cacao originarios de fincas de productores de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos en la Amazonía Norte, que son parte del grupo de evaluación de materiales avanzados del Programa de mejoramiento de Cacao y Café de la EECA.

Tabla 1-3: Genotipos de cacao elite establecidos en la estación experimental

| Tratamientos | Genotipos | Características de la mazorca |
|--------------|-----------|-------------------------------|
| T1 | GO-015 | AMARILLO |
| T2 | GO-03 | AMARILLO |
| T3 | GO-028 | ROJO |
| T4 | GO-021 | AMARILLO |
| T5 | GO-029 | AMARILLO |
| T6 | GO-07 | AMARILLO |
| T7 | GO-030 | AMARILLO |
| T8 | GO-026 | AMARILLO |
| T9 | GO-05 | AMARILLO |
| T10 | GO-011 | AMARILLO |
| T11 | GO-08 | AMARILLO |
| T12 | GO-06 | AMARILLO |
| T13 | GO-013 | AMARILLO |
| T14 | GO-02 | AMARILLO |
| T15 | GO-09 | ROJO |

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

3.3.6. Análisis estadístico

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Chi-cuadrado (X^2) de bondad de ajuste, al nivel del 5 % de probabilidad y con 1 grado de libertad. La fórmula que se utilizó fue la siguiente (Di Rienzo et al., 2008, p. 94):

$$x^2 = \frac{(O^1 - E^1)^2}{E^1}$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

O^1 = Frecuencia observada

E^1 = Frecuencia esperada

Según el valor de Chi cuadrado y el valor crítico

3.3.7. Variables a evaluar

El registro de datos de prendimientos o fecundaciones, se lo realizará a los 3, 7 y 15 días después de realizadas las autopolinizaciones, las flores fecundadas se identificarán por el abultamiento de

los ovarios y la formación de pequeñas mazorcas, en caso de no estar fecundada la flor se encontrará caída.

3.4. Manejo específico del experimento

3.4.1. Podas de mantenimiento y sanitarias

Se realizó una poda de mantenimiento y sanitaria para favorecer el desarrollo de la planta, eliminando las ramas defectuosas, torcidas, solapadas e infectadas. Además, se eliminaron mensualmente los chupones. Las heridas se curaron con una pasta compuesta de cal y óxido de cobre en una proporción de 1:3.

3.4.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual utilizando una desbrozadora motorizada a cada 20 días.

3.4.3. Fertilización

La fertilización se efectuó a la entrada y salida de la época de lluviosa.

3.4.4. Selección de botones florales

En horas de la tarde, un día antes a realizar las autopolinizaciones se seleccionarán los botones florales que estén fisiológicamente maduros y listos para su próxima apertura o antesis, los cuales generalmente se los reconocen por presentar un hinchamiento, característica que indica el inicio de la apertura del botón para la formación de la flor.

A los botones florales seleccionados se les colocará un dispositivo aislador conocidos como tubos eppendorf y se taparán con algodón, con el fin de asegurar que al momento de aperturarse la flor ningún agente externo tenga acceso a ellas y así asegurar que la polinización realizada manualmente sea el resultado de la autopolinización realizada.

3.4.5. Polinización

En la mañana (de 06h00 a 12h00), se constatan aquellos botones que se han abierto completamente hasta convertirse en flor, con la ayuda de una pinza quirúrgica (fina y curva) se

retira cuidadosamente el algodón que tapa los tubos eppendorf y se verifica que el botón floral aislado el día anterior se encuentre aperturado en su totalidad.

Se proceden a realizar las autopolinizaciones con la ayuda de una pinza fina y curva, se debe de sacar el estambre, una vez realizado debe de observarse la parte superior de las anteras donde el polen se puede presentar 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 La flor polinizada se cubrirá inmediatamente con el tubo después de terminado el proceso, lo que evitará que polen foráneo contamine la flor; esta protección se mantendrá entre 7 a 15 días después de realizada esta labor.

Se realizarán 20 autopolinizaciones en cada genotipo en estudio y luego de haberlas realizado, cada flor será identificada con etiquetas plásticas donde conste los datos de autofecundación y la fecha en que se realizó, con el objeto de identificar las mazorcas producto de esta labor.

Transcurridos 15 días desde la polinización se observará que la flor se ha transformado en un pequeño fruto, procediendo a retirar el tubo de plástico, para que la mazorca continúe con su desarrollo fisiológico.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Autocompatibilidad

Al concluir la recogida de datos de nuestra investigación, se puede definir que se encontró genotipos con una autocompatibilidad superior al 20%.

Para obtener estos resultados se realizó la toma de datos a los tres, siete, quince y treinta días después de la polinización. Los tratamientos T7, T6, T14 alcanzaron porcentajes de autocompatibilidad superiores al 80%, los tratamientos T8, T12, T15, T5, T13, T3, promediaron autocompatibilidad mayor al 50 % a diferencia de los tratamientos T10, T9, T2, T1, T11 que resultaron ser auto-incompatibles entre sí, con un porcentaje inferior al 15%. El tratamiento T4 se diferenció de los 2 grupos antes mencionados estuvo por encima de 15% y por debajo del 50% de autocompatibilidad (Tabla 1-4).

Tabla 1-4: Autocompatibilidad de los genotipos de cacao élitos establecidos en la estación experimental

| Tratamientos | Genotipos | % Fecundación | Autocompatibilidad |
|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| T1 | GO-015 | 10 | Auto - incompatible |
| T2 | GO-03 | 6 | Auto - incompatible |
| T3 | GO-028 | 50 | Auto - compatible |
| T4 | GO-021 | 20 | compatible |
| T5 | GO-029 | 60 | Auto - compatible |
| T6 | GO-07 | 87 | Auto - compatible |
| T7 | GO-030 | 95 | Auto - compatible |
| T8 | GO-026 | 69 | Auto - compatible |
| T9 | GO-05 | 5 | Auto - incompatible |
| T10 | GO-011 | 5 | Auto - incompatible |
| T11 | GO-08 | 15 | Auto - incompatible |
| T12 | GO-06 | 67 | Auto - compatible |
| T13 | GO-013 | 55 | Auto - compatible |
| T14 | GO-02 | 80 | Auto - compatible |
| T15 | GO-09 | 65 | Auto - compatible |

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

4.2. Polinización

En la Ilustración 1-4 se puede observar que de las flores aisladas solo un 20% fueron polinizadas y el resto se desecharon.

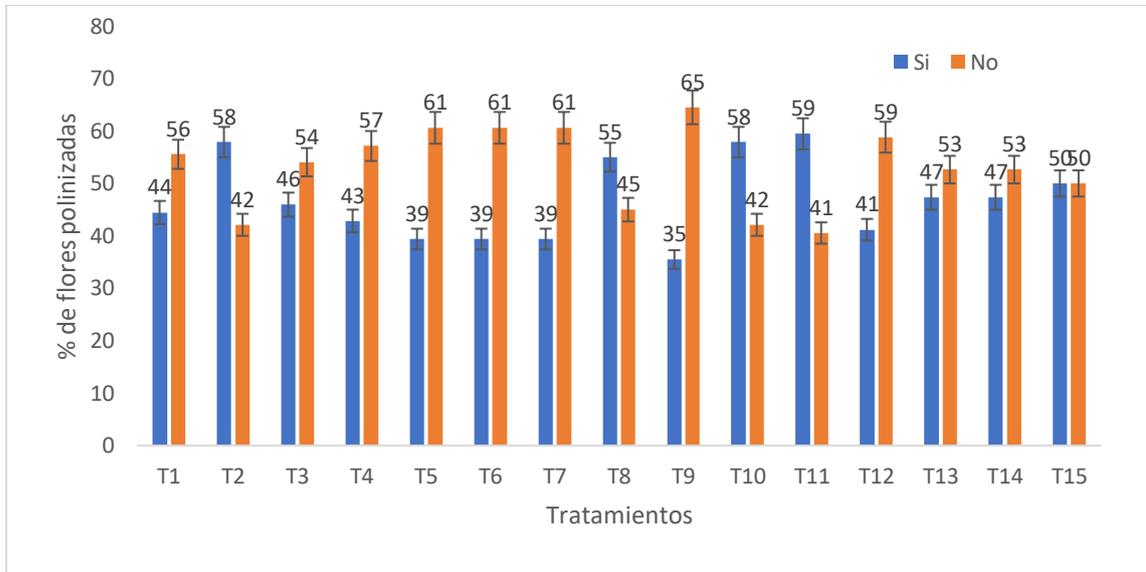


Ilustración 1-4: Resultado del porcentaje de flores polinizadas y no polinizadas

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

Mediante la prueba de Chi - cuadrado se determinó que hay una dependencia entre el número de árboles vs. el de flores que se polinizaron dado que el valor de tabla de 13,34 es menor que el calculado (Tabla 2-4).

Tabla 2-4: Valores de Chi-cuadrado, flores polinizadas

| | |
|------------------------|------|
| (χ^2) Calculado | 27.0 |
| (χ^2) Critico | 23.7 |
| Probabilidad | 0.05 |
| Grados de libertad | 14 |

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

4.3. Fecundación de flores

Al séptimo día se observó que el porcentaje flores fecundadas o compatibles fue mayor al 100 % según, es decir todos los tratamientos mostraron flores fecundadas, sin embargo, esta medida fue muy diferente al realizar un análisis entre arboles evaluados donde se presentaron bajos porcentaje de viabilidad de polen.

En la Ilustración 2-4 se evidencia que los tratamientos T5, T6, T7, T8, T12, T13, T14 y T15 son autocompatibles con rangos desde el 50 al 95 % de flores fecundadas mientras que el T4 está en el límite mínimo para considerarla como compatible con un 20 %, los árboles T1, T2, T9, T10 y T11 son incompatible.

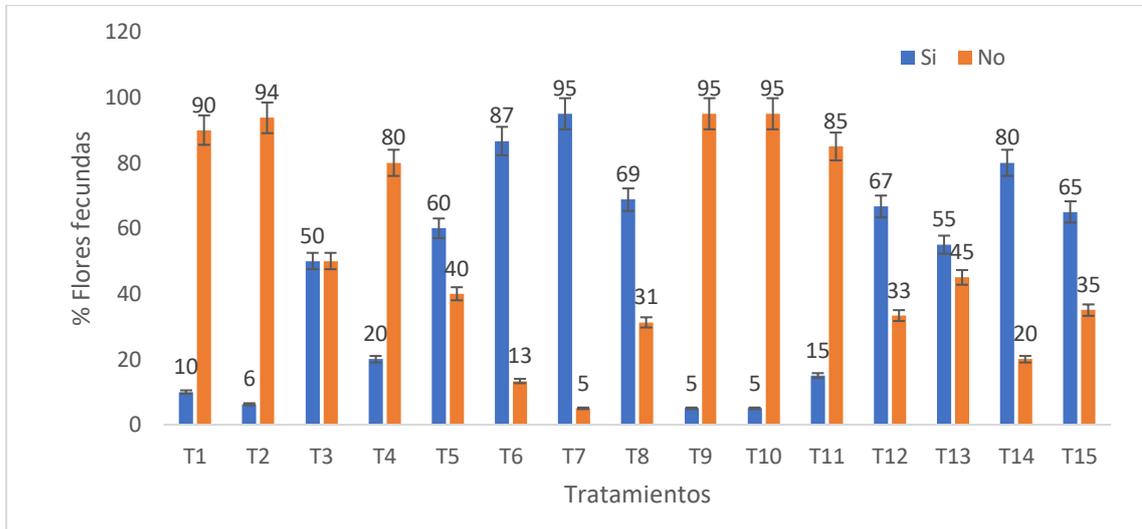


Ilustración 2-4: Resultado del porcentaje de flores fecundadas y no fecundadas

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

Tabla 3-4: Valores de Chi-cuadrado, flores fecundadas

| | |
|--------------------|-------|
| (x^2) Calculado | 111.4 |
| (x^2) Critico | 23.7 |
| Probabilidad | 0.05 |
| Grados de libertad | 14 |

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

4.4. Abortos o sobrevivencia

A los 15 y 30 días después de la polinización los tratamientos T14, T13, T12, T1 no fecundaron ninguna de las flores polinizadas, a diferencia de los tratamientos T3, T5, T7, T10, donde se alcanzó porcentajes mayores al 50% en fecundación, en estas dos fechas de recolección de datos se observó que varios frutos (chereles), fecundados en los días 3 y 7 comenzaron a secarse y morir, por lo que en ciertos tratamientos disminuyó el porcentaje de flores polinizadas o frutos cuajados (Ilustración 3-4).

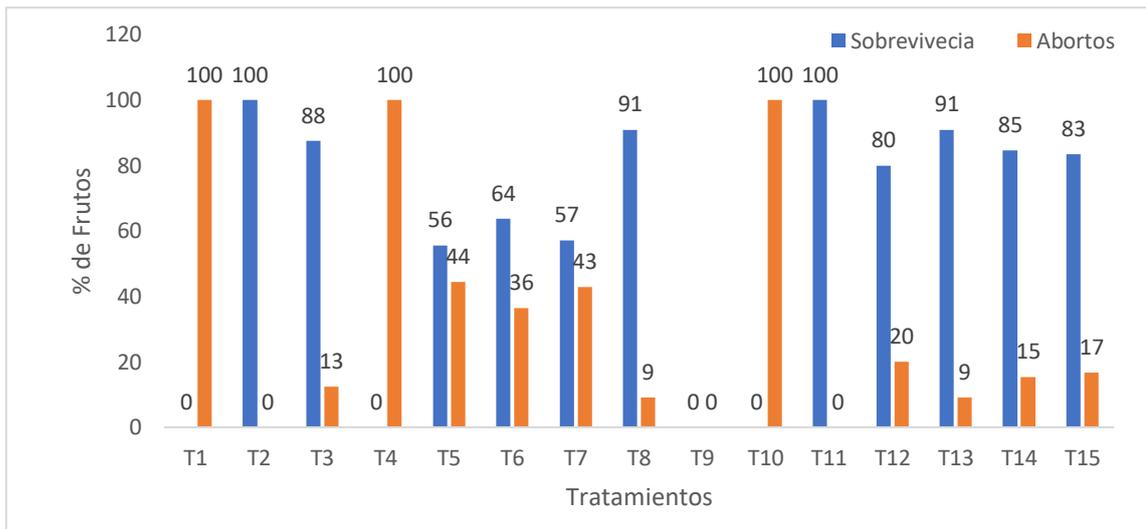


Ilustración 3-4: Resultado de porcentaje de supervivencia y aborto de frutos fecundados

Realizado por: Mancheno Jordy, 2022

Tabla 4-4: Valores de Chi-cuadrado, supervivencia y aborto de frutos

| | |
|---------------------|------|
| (x^2) Calculado | 22.0 |
| (x^2) Critico | 23.7 |
| Probabilidad | 0.05 |
| Grados de libertad | 14 |

Realizado por: Mancheno, Jordy, 2022.

4.5. Discusión

Una vez realizada la tabulación y estadística de los datos generados del trabajo de investigación, sobre la capacidad de auto-compatibilidad de los materiales de cacao originarios de fincas de productores de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos se conoció que de los quince genotipos evaluados el 67 % resultaron ser compatibles, y el 37% auto-incompatibles, la introducción de estos materiales autocompatible contribuirá en gran medida a mejorar la productividad, ya que es un producto agrícola económicamente importante para la agricultura, concordando con Wickramasuriya y Dunwell (2018, p. 13), donde se ve la necesidad de tener clones con una alta compatibilidad, ya que estos clones estarán disponibles para los agricultores en un futuro próximo.

La incompatibilidad sexual es una de las principales limitaciones en la producción de cacao, concordando con Da Silva et al. (2016, p. 2), que indica que la incompatibilidad causa notables pérdidas en la producción de cacao. Para Toledo et al. (2017, p. 139). la baja tasa de polinización es afectada por el uso indiscriminado de plaguicidas.

El mejor índice de fecundación después de la polinización fue al séptimo día, discrepando a lo descrito por N'Zi et al. (2017), que al décimo día después de la polinización logro la mayor cantidad de flores polinizadas. En este estudio, intentamos identificar la compatibilidad de los clones de cacao con un nivel ≥ 20 % como lo indica el Programa de café y cacao (Loor, 2016, pp. 2-4).

CONCLUSIONES

Con los resultados generados en esta investigación se concluye que:

La incompatibilidad de las plantas de cacao es un importante criterio en el momento de la selección en los programas de mejoramiento genético, ya que es parte fundamental para la obtención de buenos rendimientos, lo que simbolizaría mejores ingresos a los agricultores que se mantienen de lo que genera sus cultivos.

Los genotipos GO-05, GO-015, GO-03, GO-011, GO-08, resultaron ser incompatibles entre sí, con un porcentaje por debajo del 15% de autocompatibilidad, esto no indica que sean malos materiales genéticos, al ser materiales obtenidos de diferentes ambientes, los factores abióticos físicos y químicos juegan un papel muy importante en la adaptabilidad de estos materiales.

En el trabajo de investigación realizado se pudo observar que el factor biótico es muy importante para la supervivencia de las mazorcas de cacao en desarrollo, no solo es importante la autocompatibilidad de los materiales sino también la tolerancia o susceptibilidad de estos a las diferentes enfermedades presentes en la región.

El cambio climático aumenta la dispersión de las enfermedades, lo que conlleva a mejorar las prácticas de manejo del cultivo, manejos donde se proteja a las mazorcas de cacao desde su aparición hasta instancias de cosecha.

RECOMENDACIONES

Con los resultados generados en esta investigación se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda repetir el trabajo de investigación en diferentes épocas, para determinar si el efecto climático es responsable de la fecundación en el cultivo de cacao.
- Se recomienda hacer la interacción entre los genotipos estudiados para ver el porcentaje de compatibilidad entre ellos.
- Se recomienda hacer la evaluación de los genotipos estudiados en sus sitios de origen, para hacer la comparación con los datos generados en esta investigación, y así poder determinar la influencia de los diferentes hábitats que posee la Amazonia Ecuatoriana.
- Se recomienda el uso de los genotipos GO-07, GO-030, GO-02, que en esta investigación alcanzaron más del 80% de autocompatibilidad, lo que demuestra que estos materiales de cacao están adaptados, a las características climáticas del cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, D.; et al. *Manual de Polinizaciones Controladas en cacao* [en línea]. Ciudad de Guatemala-Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017, pp. 5-16. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://digi.usac.edu.gt/edigi/files/pdf>.

ANEANI, F.; & OFORI, K. “An analysis of yield gap and some factors of cocoa (*Theobroma cacao*) yields in Ghana”. *Sustainable Agriculture Research* [en línea], 2013, (Ghana) 2(4), 117-127. [Consulta: 09 junio 2022]. ISSN: 1927-0518. Disponible en: https://ageconsearch.umn.edu/record/230548/files/p117_117-127_.pdf.

ANECACAO. *Cacao Nacional, Un producto emblemático del Ecuador* [en línea]. Guayaquil-Ecuador: Asociación Nacional de Exportadores de Cacao e Industrializados del Ecuador, 2015. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <https://anecacao.com/index2022.html>.

ARELLANO, B. Compatibilidad del cacao nacional centenario *Theobroma cacao* L en la estación experimental litoral sur del INIAP (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera: Ingeniería Agronómica. Guayaquil-Ecuador. 2020, pp. 6-10. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50290/1/Arellano%20Escudero%20Bryan%20Felipe.pdf>.

ARVELO, M.; et al. *Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas* [en línea]. San José-Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017, pp. 52-63. [Consulta: 11 abril 2022]. ISBN: 978-92-9248-732-4. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6181/BVE17089191e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ASCRIZZI, R.; et al. “From the raw seed to chocolate: Volatile profile of Blanco de Criollo in different phases of the processing chain”. *Microchemical Journal* [en línea], 2017, (Italia) 133(1), pp. 474-479. [Consulta: 23 abril 2022]. ISSN: 0026265X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X17302692>.

BORBOR, M.; & TOMALÁ, K. Evaluación del comportamiento agronómico de seis clones de cacao tipo nacional *Theobroma cacao* L. en el centro de prácticas y producción Río Verde, cantón Santa Elena (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. La Libertad-Ecuador.

2018, pp. 15-26. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4454/UPSE-TIA-2018-0007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CASTRO, E.; et al. “Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa”. *Heliyon* [en línea], 2019, (Perú) 5(1), pp. 1-29. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN: 2405-8440. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844018341422>.

CASTRO, S. Inter-compatibilidad genética de seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao (*Theobroma cacao* L.) (Unidad de Integración Curricular) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Mocache-Ecuador. 2020, p. 5. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5344/1/T-UTEQ-0254.pdf>.

CEDEÑO, M.; et al. “Estado de conservación de *Theobroma cacao* en Costa Rica”. *Phytoneuron* [en línea], 2020, (Costa Rica) 72(1), pp. 1-7. [Consulta: 11 junio 2022]. ISSN: 2153 733X. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marco-Cedeno-Fonseca/publication/346023438_Estado_de_conservacion_de_Theobroma_cacao_en_Costa_Rica/links/5fb67dfe458515b7975195dd/Estado-de-conservacion-de-Theobroma-cacao-en-Costa-Rica.pdf.

CÓRDOVA, K.; et al. “Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014–2019”. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional* [en línea], 2021, (Ecuador) 6(3), pp. 2430-2444. [Consulta: 16 julio 2022]. ISSN: 2550-682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7926903.pdf>.

CORNEJO, O.; et al. “Population genomic analyses of the chocolate tree, *Theobroma cacao* L., provide insights into its domestication process”. *Communications biology* [en línea], 2018, (Estados Unidos) 1(1), pp. 1-12. [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN: 2399-3642. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s42003-018-0168-6.pdf>.

DA SILVA, M.; et al. “Genome-wide association mapping of sexual incompatibility genes in cacao (*Theobroma cacao* L.)”. *Tree Genetics & Genomes* [en línea], 2016, (Brasil) 12(3), pp. 1-13. [Consulta: 02 agosto 2022]. ISSN: 16142950. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-016-1012-0>.

DE JESUS, S.; et al. “Characterization of the sexual self- and cross-compatibility in genotypes of cacao”. American Journal of Plant Sciences [en línea], (Brasil) 9(9), pp. 1794-1806. [Consulta: 08 mayo 2022]. ISSN: 2158-2750. https://www.scirp.org/pdf/AJPS_2018080815255826.pdf.

DI RIENZO, J.; et al. *Estadística para las Ciencias Agropecuarias* [en línea]. 7ma ed. Córdoba-Argentina: Editorial Brujas, 2008, p. 94. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/2968/mod_resource/content/0/Estadistica_para_las_Ciencias_Agropecuarias_-_Di_Rienzo.pdf.

DIAZ, Y.; & URBIMA, J. Estudio sobre la auto-intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015 (Seminario de graduación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Facultad Regional Multidisciplinaria “Cornelio Silva Arguello”, Departamento de Ciencia, Tecnología y Salud. Managua-Nicaragua. 2015, pp. 14-57. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/794/1/10418.pdf>.

DURÁN, E.; & DUBÓN, A. *Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras* [en línea]. La Lima-Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2016, p. 4. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_SECO/guia_tipos_geneticos_de_cacao_y_distribucion_geografica_en_honduras.pdf.

ENRÍQUEZ, G. *Curso sobre el cultivo del cacao* [en línea]. Turrialba-Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1985, p. 30. [Consulta: 11 abril 2022]. ISBN: 9977-951-52-7. Disponible en: http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Curso_sobre_el_cultivo_de_cacao__ME_22.pdf.

ENRÍQUEZ, G. *La incompatibilidad en el cacao* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1999, p. 2. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1527/1/Bolet%c3%adn%20divulgativo%20%20N%c2%ba%2070-05.pdf>.

ESPAC. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.

FAUBLÉE, J. “De la préhistoire à l’ethnologie, de l’ethnologie à la sociologie (Book Review)”. *Année Sociologique* [en línea], 1982, (Francia) 32(1), pp. 285-290. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 0066-2399. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/i27889262>.

FORBES, S. “Supplemental and synchronized pollination may increase yield in cacao”. *HortScience* [en línea], 2019, (Estados Unidos) 54(10), pp. 1718-1727. [Consulta: 18 julio 2022]. ISSN: 2327-9834. Disponible en: <https://journals.ashs.org/hortsci/downloadpdf/journals/hortsci/54/10/article-p1718.xml>.

FOUET, O.; et al. “Structural characterization and mapping of functional EST-SSR markers in *Theobroma cacao*”. *Tree Genetics & Genomes* [en línea], 2011, (Francia) 7(4), pp. 799-817. [Consulta: 27 junio 2022]. ISSN: 1614-2950. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-011-0375-5>.

FUENTES, C. “Efecto del manejo en la reducción de incidencia de enfermedades (moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra) en el cultivo de cacao en la Estación experimental de Sapecho”. *Apthapi* [en línea], 2015, (Bolivia) 1(1), pp. 38-51. [Consulta: 13 abril 2022]. ISSN: 2519-9382. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/apt/v1n1/v1n1_a11.pdf.

GROENEVELD, J.; et al. “Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources”. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* [en línea], 2010, (Alemania) 12(3), pp. 183-191. [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN: 14338319. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1433831910000211>.

GUILLERMO, R.; & VILELA, D. “New records of *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Diptera: Ceratopogonidae) parasitizing wings of Odonata in Brazil”. *Biota Neotropica* [en línea], 2013, (Brasil) 13(1), pp. 360-362. [Consulta: 06 junio 2022]. ISSN: 1676-0603. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bn/a/vq4WbPrWXpmyRL9sz6nCjMk/?format=pdf&lang=en>.

HALEVY, A. *CRC handbook of flowering* [en línea]. Rejovot-Israel: CRC press Boca Raton, 1985, p. 66. [Consulta: 05 julio 2022]. ISBN: 0-8493-3911-1. Disponible en: <https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.1201/9781351072533&type=googlepdf>.

HULME, M.; et al. “Improving cocoa harvest can mitigate for crop damage by wildlife in a forest-agriculture matrix”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en línea], 2018, (Reino

Unido) 265(1), pp. 236-243. [Consulta: 27 abril 2022]. ISSN: 1873-2305. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880918302536>.

INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION. *Quarterly bulletin of cocoa statistics* [en línea]. Abidjan-Costa de Marfil: International Cocoa Organization, 2020. [Consulta: 07 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.icco.org/february-2020-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>.

KONGOR, J.; et al. “Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile-A review”. *Food Research International* [en línea], 2016, (Bélgica) 82(1), pp. 44-52. [Consulta: 25 junio 2022]. ISSN: 0963-9969. Disponible en: <https://gh.chm-cbd.net/biodiversity/biodiversity-research/university-ghana/publications/factors-influencing-quality-variation-cocoa-theobroma-cacao-bean-flavour-profile/download/en/1/Kongor%20et%20al.%20%282016%29.pdf>.

LACHENAUD, P.; & MOSSU, G. “Comparative study of the influence of two methods of management on the yield factors of a cocoa farm [Ivory Coast] [1985]”. *Café, cacao, thé* [en línea], 1985, (Francia) 29(1), pp. 21-30. [Consulta: 09 mayo 2022]. ISSN: 0007-9510. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR880659388>.

LACHENAUD, P.; et al. “Twenty years of agronomic evaluation of wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) from French Guiana”. *Scientia horticultrae* [en línea], 2007, (Francia) 113(4), pp. 313-321. [Consulta: 27 junio 2022]. ISSN: 3044238. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423807002063>.

LEÓN, F.; et al. “Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador”. *Revista Ciencia UNEMI* [en línea], 2016, (Ecuador) 9(18), pp. 45-55. [Consulta: 19 mayo 2022]. ISSN: 2528-7737. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/303/265>.

LEÓN, J. *Botánica de los cultivos tropicales*. 2da ed. San José-Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1987. ISBN: 92-9039-132-4, p. 69.

LOOR, R.; et al. *Características de compatibilidad genética: Protocolo 3* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2016, pp. 2-4. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4381/1/iniapeetpPM433Protocolo%203.pdf>.

MARROQUIN, A. Estudio agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután, California y Tecapán del departamento de Usulután en El Salvador (Seminario de especialización) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Dr. José Matías Delgado, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola Julia Hill de O'Sullivan. Antiguo Cuscatlán-El Salvador. 2011, p. 37. [Consulta: 25 mayo 2022]. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/estudio-agromorfologico-y-fisicoquimico-de-ecotipos-de-cacao-cultivados-en-los-municipios-de-usulután-california-y-tecapán-del-departamento-de-usulután-en-el-salvador/#>.

MARTÍNEZ, D. Caracterización de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L) por su respuesta de defensa a *Moniliophthora roreri* y su polimorfismo de SSRs (Tesis) (Maestría) [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología. Bogotá D.C.-Colombia. 2015, p. 3. [Consulta: 08 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52470/07790939.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MOTAMAYOR, J.; et al. “Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar”. *Heredity* [en línea], 2003, (Estados Unidos) 91(3), pp. 322-330. [Consulta: 25 abril 2022]. ISSN: 1365-2540. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/6800298.pdf>.

MUHS, D.; et al. “Soils and the location of cacao orchards at a Maya site in western Belize”. *Journal of archaeological science* [en línea], 1985, (Estados Unidos) 12(2), pp. 121-137. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 0305-4403. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0305440385900573>.

N'ZI, J.; et al. “Compatibility of ten elite cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones”. *Horticulturae* [en línea], 2017, (Costa de Marfil) 3(3), pp. 45. [Consulta: 03 agosto 2022]. ISSN: 2311-7524. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Lucien-Diby-2/publication/319009588_Compatibility_of_Ten_Elite_Cocoa_Theobroma_cacao_L_Clones/links/5a799ab40f7e9b41dbd4acc5/Compatibility-of-Ten-Elite-Cocoa-Theobroma-cacao-L-Clones.pdf.

NIEMENAK, N.; et al. “Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale”. *Annals of Applied Biology* [en línea], 2010, (Alemania) 156(1), pp. 13-24. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 0003-4746. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>.

PALACIOS, O. Identificación de cepas de *Trichoderma* spp., con capacidad de biocontrol a *Moniliophthora roreri*, en sistemas de cacao en la zona centro norte de la Amazonía ecuatoriana (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Agronómica. Guayaquil-Ecuador. 2019, p. 6. [Consulta: 22 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39134/1/Palacios%20Riera%20Oscar%20Emilio.pdf>

PANTOJA, A.; et al. *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe* [en línea]. Santiago de Chile-Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014, p. 21. [Consulta: 25 abril 2022]. ISBN: 978-92-5-308099-1. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3547s/i3547s.pdf>.

PATHMANATHAN, U. *Achieving sustainable cultivation of cocoa: Taxonomy and classification of cacao* [en línea]. Cambridge-Reino Unido: urleigh Dodds Science Publishing, 2018, p. 1. [Consulta: 25 junio 2022]. ISBN: 978-1-78676-168-2. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ranjana-Bhattacharjee/publication/320419243_TaxonomyClassification_of_Cocoa/links/5bbf91f192851c88fd65104f/Taxonomy-Classification-of-Cocoa.pdf.

POWIS, T.; et al. “Cacao use and the San Lorenzo Olmec”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en línea], 2011, (Estados Unidos) 108(21), pp. 8595-8600. [Consulta: 05 julio 2022]. ISSN: 0027-8424. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1100620108>.

QUEVEDO, J.; et al. “Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao* L.”. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], 2020, (Ecuador) 12(6), pp. 14-21. [Consulta: 11 mayo 2022]. ISSN: 2218-3620. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n6/2218-3620-rus-12-06-14.pdf>.

QUIROZ, C.; & FOGLIANO, V. “Design cocoa processing towards healthy cocoa products: The role of phenolics and melanoidins”. *Journal of functional foods* [en línea], 2018, (México) 45(1), pp. 480-490. [Consulta: 21 junio 2022]. ISSN: 2214-9414. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-functional-foods/vol/45/suppl/C>.

RIVERA, M. *Control de la moniliasis del cacao a través de prácticas culturales* [en línea]. La Lima-Hondura: Infocacao, 2017, pp. 1-4. [Consulta: 11 junio 2022]. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/infocacao_no12_jul_2017.pdf.

RUIZ, X. Diversidad genética de cacao *Theobroma cacao* L. con marcadores moleculares microsátélites (Trabajo de investigación) (Maestría) [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Posgrados. Palmira-Colombia. 2014, p. 11. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75268/7211504.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SÁNCHEZ, F.; et al. “Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador”. Revista fitotecnia mexicana [en línea], 2015, (Ecuador) 38(3), pp. 265-274. [Consulta: 25 abril 2022]. ISSN: 0187-7380. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n3/v38n3a5.pdf>.

SOLÍS, J.; et al. “Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis”. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2015, (México) 6(1), pp. 71-82. [Consulta: 11 mayo 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n1/v6n1a7.pdf>.

TOLEDO, M.; et al. “Neglected pollinators: Can enhanced pollination services improve cocoa yields? A review”. Agriculture, ecosystems & environment [en línea], 2017, (Alemania) 247(1), pp. 137-148. [Consulta: 13 julio 2022]. ISSN: 1678809. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880917302207>.

TORRES, L. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agronómica. Cuenca-Ecuador. 2012, p. 18. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3250/1/TESIS.pdf>.

TOUZARD, J. *L'économie coloniale du cacao en Amérique centrale* [en línea]. Paris-Francia: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, 1993, p. 5. [Consulta: 05 julio 2022]. ISBN: 2-87614-134-5. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jean-Marc-Touzard/publication/262918637_L'economie_coloniale_du_cacao_en_Amerique_Centrale/links/5721da4508ae5c4373abfc2b/Leconomie-coloniale-du-cacao-en-Amerique-Centrale.pdf.

VANEGAS, O. Incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la producción (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Machala-Ecuador. 2021,

p. 23. [Consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16585/1/ECUACA-2021-IA-DE00002.pdf>.

VERA, J.; et al. “Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51”. *Idesia* [en línea], 2016, (Chile) 34(6), pp. 35-40. [Consulta: 28 junio 2022]. ISSN: 0718-3429. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v34n6/aop3316.pdf>.

WICKRAMASURIYA, A.; & DUNWELL, J. “Cacao biotechnology: current status and future prospects”. *Plant biotechnology journal* [en línea], 2018, (Sri Lanka) 16(1), pp. 4-17. [Consulta 03 agosto 2022]. ISSN: 1467-7652. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/pbi.12848>.

WOOD, G. *Cacao*. México D.F.-México: Compañía Editorial Continental, 1982. ISBN 968-26-0365-X, p. 36.

ZARRILLO, S.; et al. “The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the upper Amazon”. *Nature Ecology & Evolution* [en línea], 2018, (Canadá) 2(12), pp. 1879-1888. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 2397-334X. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30374172/>.

ZHANG, D.; et al. “Genetic diversity and spatial structure in a new distinct *Theobroma cacao* L. population in Bolivia”. *Genetic Resources and Crop Evolution* [en línea], 2012, (Bolivia) 59(2), pp. 239-252. [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN: 1573-5109. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-011-9680-y>.

ŻYŻELEWICZ, D.; et al. “The effect on bioactive components and characteristics of chocolate by functionalization with raw cocoa beans”. *Food Research International* [en línea], 2018, (Polonia) 113(1), pp. 234-244. [Consulta: 13 julio 2022]. ISSN: 9639969. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918305532>.

ANEXOS

ANEXO A: MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



ANEXO B: SELECCIÓN DE FLORES DE CACAO



ANEXO C: PREPARACIÓN DE LAS FLORES PARA SU POLINIZACIÓN



ANEXO D: PROCESO DE POLINIZACIÓN



ANEXO E: ROTULACIÓN CON FECHA DE REALIZADA, LA POLINIZACIÓN



ANEXO F: OBTENCIÓN DE MAZORCAS (CHERELES)



ANEXO G: VALORES DESCRIPTIVOS PARA FLORES POLINIZADAS

| Tratamientos | Frecuencia | | | Valores descriptivos | | | |
|--------------|------------|----------|-----------|----------------------|-------|--------|--------|
| | Observada | Esperada | Calculada | Total | Media | Mínimo | Máximo |
| T1 | 20 | 14.97 | 0.40 | 35.37 | 11.79 | 0.40 | 20.00 |
| T2 | 16 | 14.97 | 2.15 | 33.12 | 11.04 | 2.15 | 16.00 |
| T3 | 20 | 12.21 | 0.08 | 32.29 | 10.76 | 0.08 | 20.00 |
| T4 | 20 | 13.39 | 0.02 | 33.41 | 11.14 | 0.02 | 20.00 |
| T5 | 20 | 13.00 | 0.00 | 33.00 | 11.00 | 0.00 | 20.00 |
| T6 | 15 | 14.58 | 2.46 | 32.03 | 10.68 | 2.46 | 15.00 |
| T7 | 20 | 15.76 | 0.74 | 36.50 | 12.17 | 0.74 | 20.00 |
| T8 | 16 | 14.97 | 2.15 | 33.12 | 11.04 | 2.15 | 16.00 |
| T9 | 20 | 14.97 | 0.40 | 35.37 | 11.79 | 0.40 | 20.00 |
| T10 | 20 | 13.79 | 0.15 | 33.94 | 11.31 | 0.15 | 20.00 |
| T11 | 20 | 13.79 | 0.07 | 33.86 | 11.29 | 0.07 | 20.00 |
| T12 | 18 | 15.76 | 1.61 | 35.37 | 11.79 | 1.61 | 18.00 |
| T13 | 20 | 14.58 | 0.26 | 34.84 | 11.61 | 0.26 | 20.00 |
| T14 | 20 | 13.00 | 0.26 | 33.26 | 11.09 | 0.26 | 20.00 |
| T15 | 20 | 13.00 | 0.00 | 33.00 | 11.00 | 0.00 | 20.00 |

ANEXO H: VALORES DESCRIPTIVOS PARA FLORES NO POLINIZADAS

| Tratamientos | Frecuencia | | | Valores descriptivos | | | |
|--------------|------------|----------|-----------|----------------------|-------|--------|--------|
| | Observada | Esperada | Calculada | Total | Media | Mínimo | Máximo |
| T1 | 18 | 23.03 | 0.61 | 41.64 | 13.88 | 0.61 | 23.03 |
| T2 | 22 | 23.03 | 3.30 | 48.33 | 16.11 | 3.30 | 23.03 |
| T3 | 11 | 18.79 | 0.12 | 29.91 | 9.97 | 0.12 | 18.79 |
| T4 | 14 | 20.61 | 0.03 | 34.63 | 11.54 | 0.03 | 20.61 |
| T5 | 13 | 20.00 | 0.00 | 33.00 | 11.00 | 0.00 | 20.00 |
| T6 | 22 | 22.42 | 3.78 | 48.21 | 16.07 | 3.78 | 22.42 |
| T7 | 20 | 24.24 | 1.14 | 45.38 | 15.13 | 1.14 | 24.24 |
| T8 | 22 | 23.03 | 3.30 | 48.33 | 16.11 | 3.30 | 23.03 |
| T9 | 18 | 23.03 | 0.61 | 41.64 | 13.88 | 0.61 | 23.03 |
| T10 | 16 | 21.82 | 0.35 | 38.17 | 12.72 | 0.35 | 21.82 |
| T11 | 15 | 21.21 | 0.11 | 36.32 | 12.11 | 0.11 | 21.21 |
| T12 | 22 | 24.24 | 2.47 | 48.72 | 16.24 | 2.47 | 24.24 |
| T13 | 17 | 22.42 | 0.40 | 39.83 | 13.28 | 0.40 | 22.42 |
| T14 | 13 | 22.42 | 0.00 | 35.42 | 11.81 | 0.00 | 22.42 |
| T15 | 13 | 20.00 | 0.00 | 33.00 | 11.00 | 0.00 | 20.00 |

ANEXO I: VALORES DESCRIPTIVOS DE FLORES NO FECUNDADAS

| Tratamientos | Frecuencia | | | Valores descriptivos | | | |
|--------------|------------|----------|-----------|----------------------|-------|--------|--------|
| | Observada | Esperada | Calculada | Total | Media | Mínimo | Máximo |
| T1 | 18 | 9.05 | 5.49 | 32.55 | 10.85 | 5.49 | 18.0 |
| T2 | 15 | 7.24 | 5.38 | 27.62 | 9.21 | 5.38 | 15.0 |
| T3 | 10 | 9.05 | 0.10 | 19.15 | 6.38 | 0.10 | 10.0 |
| T4 | 16 | 9.05 | 2.82 | 27.87 | 9.29 | 2.82 | 16.0 |
| T5 | 8 | 9.05 | 0.96 | 18.01 | 6.00 | 0.96 | 9.1 |
| T6 | 2 | 6.79 | 5.68 | 14.47 | 4.82 | 2.00 | 6.8 |
| T7 | 1 | 9.05 | 10.93 | 20.98 | 6.99 | 1.00 | 10.9 |
| T8 | 5 | 7.24 | 1.95 | 14.19 | 4.73 | 1.95 | 7.2 |
| T9 | 19 | 9.05 | 7.16 | 35.22 | 11.74 | 7.16 | 19.0 |

| | | | | | | | |
|-----|----|------|------|-------|-------|------|------|
| T10 | 19 | 9.05 | 7.16 | 35.22 | 11.74 | 7.16 | 19.0 |
| T11 | 17 | 9.05 | 4.05 | 30.10 | 10.03 | 4.05 | 17.0 |
| T12 | 6 | 8.15 | 1.82 | 15.97 | 5.32 | 1.82 | 8.1 |
| T13 | 9 | 9.05 | 0.42 | 18.47 | 6.16 | 0.42 | 9.1 |
| T14 | 4 | 9.05 | 5.33 | 18.38 | 6.13 | 4.00 | 9.1 |
| T15 | 7 | 9.05 | 1.72 | 17.77 | 5.92 | 1.72 | 9.1 |

ANEXO J: VALORES DESCRIPTIVOS PARA FRUTOS FECUNDADOS

| Tratamientos | Frecuencia | | | Valores | | | |
|--------------|------------|----------|-----------|---------|-------|--------|--------|
| | Observada | Esperada | Calculada | Total | Media | Mínimo | Máximo |
| T1 | 1 | 0.24 | 1.63 | 2.87 | 0.96 | 0.24 | 1.6 |
| T2 | 1 | 0.04 | 0.81 | 1.86 | 0.62 | 0.04 | 1.0 |
| T3 | 8 | 0.00 | 8.14 | 16.14 | 5.38 | 0.00 | 8.1 |
| T4 | 2 | 0.48 | 3.26 | 5.74 | 1.91 | 0.48 | 3.3 |
| T5 | 9 | 0.06 | 9.77 | 18.83 | 6.28 | 0.06 | 9.8 |
| T6 | 11 | 0.02 | 10.58 | 21.60 | 7.20 | 0.02 | 11.0 |
| T7 | 14 | 0.14 | 15.47 | 29.60 | 9.87 | 0.14 | 15.5 |
| T8 | 11 | 0.47 | 8.95 | 20.42 | 6.81 | 0.47 | 11.0 |
| T9 | 0 | 0.81 | 0.81 | 1.63 | 0.54 | 0.00 | 0.8 |
| T10 | 1 | 0.04 | 0.81 | 1.86 | 0.62 | 0.04 | 1.0 |
| T11 | 1 | 0.85 | 2.44 | 4.29 | 1.43 | 0.85 | 2.4 |
| T12 | 10 | 0.01 | 9.77 | 19.77 | 6.59 | 0.01 | 10.0 |
| T13 | 11 | 0.47 | 8.95 | 20.42 | 6.81 | 0.47 | 11.0 |
| T14 | 13 | 0.00 | 13.02 | 26.02 | 8.67 | 0.00 | 13.0 |
| T15 | 12 | 0.19 | 10.58 | 22.77 | 7.59 | 0.19 | 12.0 |

ANEXO K: VALORES DESCRIPTIVOS DE SOBREVIVENCIA DE MAZORCAS FECUNDADAS

| Tratamientos | Frecuencia | | | Valores descriptivos | | | |
|--------------|------------|----------|-----------|----------------------|-------|--------|--------|
| | Observada | Esperada | Calculada | Total | Media | Mínimo | Máximo |
| T1 | 0 | 0.74 | 0.74 | 1.49 | 0.50 | 0.00 | 0.74 |
| T2 | 1 | 0.74 | 0.09 | 1.83 | 0.61 | 0.09 | 1.00 |
| T3 | 7 | 5.94 | 0.19 | 13.13 | 4.38 | 0.19 | 7.00 |
| T4 | 0 | 1.49 | 1.49 | 2.97 | 0.99 | 0.00 | 1.49 |
| T5 | 5 | 6.69 | 0.43 | 12.11 | 4.04 | 0.43 | 6.69 |
| T6 | 7 | 8.17 | 0.17 | 15.34 | 5.11 | 0.17 | 8.17 |
| T7 | 8 | 10.40 | 0.55 | 18.95 | 6.32 | 0.55 | 10.40 |
| T8 | 10 | 8.17 | 0.41 | 18.58 | 6.19 | 0.41 | 10.00 |
| T9 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T10 | 0 | 0.74 | 0.74 | 1.49 | 0.50 | 0.00 | 0.74 |
| T11 | 1 | 0.74 | 0.09 | 1.83 | 0.61 | 0.09 | 1.00 |
| T12 | 8 | 7.43 | 0.04 | 15.47 | 5.16 | 0.04 | 8.00 |
| T13 | 10 | 8.17 | 0.41 | 18.58 | 6.19 | 0.41 | 10.00 |
| T14 | 11 | 9.66 | 0.19 | 20.84 | 6.95 | 0.19 | 11.00 |
| T15 | 10 | 8.91 | 0.13 | 19.05 | 6.35 | 0.13 | 10.00 |



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2023

| |
|-------------------------------------------------------------------------------|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: Jordy Fabricio Mancheno Remache |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: Recursos Naturales |
| Carrera: Agronomía |
| Título a optar: Ingeniero Agrónomo |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc. |

Leonardo Medina
07-02-2023



2464-DBRA-UTP-2022