



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA,
PESCA Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter complejo, presentado al
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener
el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

“Compatibilidad sexual de variedades de Cacao (*Theobroma cacao* L.) y
su efecto en la producción de grano”.

AUTORA:

Damaris Fernanda Villavicencio Carbo

TUTOR:

Ing. Carlos Castro Arteaga M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

Este trabajo es una recopilación de información bibliográfica sobre “la incompatibilidad sexual en el cacao y su interferencia en la producción”. Se tiene como objetivos: Determinar los factores que intervienen en la compatibilidad sexual de variedades de Cacao (*Theobroma cacao* L.) y su efecto en la producción de grano. Al recopilar información, se pueden armar enunciados descriptivos y conceptos de incompatibilidades y compatibilidad sexual en el cacao. Se menciona la morfología de la flor y sus deficiencias en la polinización. Por consiguiente se relata también, acerca de la incapacidad de fecundación que presentan las plantaciones de cacao, lo que se conoce como Incompatibilidad sexual; Del mismo modo se la ha podido clasificar en incompatibilidad en referencia a las analogías ecológicas y el área del cultivo, dividiéndose a su vez en auto incompatibilidad e incompatibilidad cruzada, se hace un aporte con información bibliográfica de algunas labores que pueden mejorar esta condición desfavorable dentro de una plantación de cacao.

PALABRAS CLAVE: Compatibilidad Sexual, Incompatibilidad Sexual, Reproducción, Productividad.

SUMMARY

This work is a compilation of bibliographic information on "sexual incompatibility in cocoa and its interference in production". Its objectives are: To determine the factors that intervene in the sexual compatibility of the cocoa (*Theobroma cacao* L.) varieties and their effect on bean production by collecting information, descriptive statements and concepts of incompatibilities and sexual compatibility in cocoa can be put together. The morphology of the flower and its deficiencies in pollination are mentioned. Therefore, it is also reported about the inability to fertilize cocoa plantations, which is known as sexual incompatibility; In the same way it has been possible to classify it in incompatibility in reference to the ecological analogies and the cultivation area, dividing itself in self-incompatibility and cross-incompatibility, a contribution is made with bibliographic information of some tasks that can improve this unfavorable condition within of a cocoa plantation.

Key words: sexual compatibility, sexual incompatibility, reproduction, productivity.

ÍNDICE

RESUMEN	II
SUMMARY	III
CAPITULO I	1
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.5.1 Dominio.....	5
1.5.2. Línea.....	5
1.5.3. Sublíneas.....	5
CAPITULO II	6
DESARROLLO	6
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1.1 Generalidades Del Cacao.	6
2.1.2 Clasificación Taxonómica Del Cacao.	6
2.1.3 Producción Del Cacao En El Ecuador.	7
2.1.4 Tipos De Cacao	7
2.1.5 Condiciones Ecológicas	8
2.1.6. Morfología De La Flor Del Cacao.....	9
2.1.7. Reproducción Y Polinización.....	10
2.1.8. Incompatibilidad Sexual.....	10
2.1.9. Definición De Incompatibilidad	11
2.1.10. Tipos De Incompatibilidad	12
2.1.11 Compatibilidad Genética	13
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.	14

CAPITULO III	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1. RESULTADOS.....	16
3.2. DESARROLLO DEL CASO	17
3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS	17
3.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	18
CAPITULO IV	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
4.1. CONCLUSIÓN	19
4.2. RECOMENDACIONES.	20
CAPITULO V	21
REFERENCIAS Y ANEXOS	21
5.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	21
5.2. ANEXOS.....	25

CAPITULO I

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN

El cacao genera una gran demanda entre los países tales como Costa de Marfil, Indonesia, Ecuador, Brasil, Colombia, República Dominicana. Existen un sin número de factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L), éstos pueden ser fisiológicos, patogénicos, culturales y sumado a éstos el elemento genético como la incompatibilidad en cacao, la cual se presenta de tipo esporofítico, es decir que se debe a la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen (2n) y el genoma del pistilo (2n). Este mecanismo está involucrado a un locus simple con cinco alelos múltiples y con el siguiente grado de dominancia: $S1 > S2 = S3 > S5$ y posteriormente un último alelo $S6$ recesivo a los otros, independiente de un precursor de incompatibilidad. (Díaz y Urbina 2015)

La polinización de la flor del cacao es muy compleja, debido a su morfología ésta no favorece a este proceso. El polen es viable hasta tres días de haber abierto el botón floral, sin embargo, al término del período de receptividad entre el 50% y 75% de flores no son polinizadas. La incompatibilidad sexual está relacionada directamente con la producción, esto sucede cuando el polen de una planta no es capaz de fecundar los óvulos de las flores de la misma planta (autoincompatibilidad) o cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de otras plantas (inter-incompatibilidad), provocando en ambos casos una baja producción en árboles que las presenten (Venegas 2021). Por tal razón, la producción en la actualidad se encuentra presentando un decrecimiento producido por la incompatibilidad sexual..

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de cacao se está viendo afectado por la baja productividad relacionado a la incompatibilidad sexual; sin embargo, es muy poca la información sobre la problemática en acerca de este acontecimiento en función de la compatibilidad sexual de materiales genéticos de cacao, convirtiéndose en una de las causas para al sector agrícola; por ello los, los agricultores dedicados a la producción de cacao se encuentran buscando alternativas como el remover las plantaciones de cacao y trabajar con lo que comúnmente llamamos ramilla a su vez con los injertos en casos extremos se ha requerido talar y sembrar cultivos de ciclo corto tales como maíz, arroz y soya.

La incompatibilidad sexual, está relacionada directamente con el material genético, la polinización y la ovulación en la floración, la producción del cacao se define como un contexto que influye de manera imponente en la evolución de una plantación. Teniendo en cuenta que la producción está limitada en la cantidad de mazorcas sanas que se generen en la cosecha, por diferentes factores ecológicos y del material incompatible tornándose susceptible a diferentes agentes, siendo el problema fundamental en los cacaoteros del Ecuador.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación se llevó a cabo con la finalidad de obtener información para aportar las causas de incompatibilidad sexual en la producción de cacao del país, ya que el sector cacaotero está siendo afectado ocasionando pérdidas en relación a la productividad.

Por ende, una de las causas de disminución en producción se presenta por el material genéticos de cacao ocasionando la reducción en la formación de frutos en algunas plantaciones de cacao, la autoincompatibilidad se origina debido a la a la aparición de barreras genéticas como las series alélicas de un solo gen (S) que obstaculizan el proceso de fecundación normal de la flor.

El cacao nacional se caracteriza por la excelente calidad, el delicado aroma floral y el exquisito sabor se lo está reconociendo como el mejor cacao, entonces este cultivo, va tomando cada vez más importancia, no solo por la cantidad de derivados que se obtiene y por qué la industria chocolatera ha puesto la mira en la calidad del cacao ecuatoriano, es por ello que crear una relación de los factores de reproducción sexual en las plantaciones de cacao se considera de total importancia para aumentar la productividad (Chang y Barahona 2018).

Esta intervención tiene como beneficiarios directos los cacaoteros y como beneficiarios indirectos a estudiantes de ingeniería, ingenieros agrónomos, asociaciones públicas y privadas quienes podrán crear fichas técnicas en base a ello creando así el interés de nuestros cacaoteros en el ámbito de conocer término y condiciones básicos de la incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 objetivo general

Determinar la compatibilidad sexual de variedades del cacao (*Theobroma cacao L.*) y su efecto en la producción de grano.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las causas genéticas que determinan la incompatibilidad en el cultivo de cacao.
- Diagnosticar la acción génica que provoca la pérdida de la fertilidad por incapacidad de la fecundación.
- Deducir las causas de la incompatibilidad genética que limitan la producción del cultivo de cacao.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las líneas y sublíneas a utilizarse en este trabajo de investigación, fueron las siguientes tomando en cuenta las variables del tema titulado “Compatibilidad sexual de variedades de Cacao (*Theobroma cacao* L.) y su efecto en la producción de grano”.

1.5.1 Dominio.

En la actualidad, la demanda de la producción del cultivo de cacao, se ha visto interceptada por la capacidad de variedades existentes, puesto que, se busca impulsar la reproducción sexual ya que este cultivo posee flores hermafroditas, obteniendo mejores posibilidades a susceptibilidades como un recurso netamente agrícola, dando origen al mejoramiento genético de las plantaciones de cacao.

1.5.2. Línea.

De acuerdo a las Líneas presentadas por la Facultad de ciencias agropecuarias esta investigación se enfoca en el “Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable” en relación al cultivo de cacao puesto que es considerado fundamental en el desarrollo en la economía del país y en diferentes partes del mundo. Asimismo, es una fuente de producción de la cual ha requerido de mejoramientos genéticos constantes.

1.5.3. Sublíneas.

Dentro de la carrera de Agronomía las sublíneas se basan en la Agricultura sostenible y sustentable; acorde a la incompatibilidad sexual de los diferentes genotipos, de manera que, se pueda proporcionar datos viables en torno a la sostenibilidad y sustentabilidad del mejoramiento genético de los mismos

CAPITULO II

DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL.

2.1.1 Generalidades del Cacao.

Tradicionalmente el cultivo de cacao, ha sido propagado por la selección de semillas y ha generado una alta diversidad genética en las plantaciones locales, esto ha sido una de las principales problemáticas que genotipos existentes no se encuentren en capacidad óptima para afrontar patologías y anomalías en relación a plagas y enfermedades, lo que genera una limitante en la producción del mismo (Delgado 2018).

El cacao *Theobroma cacao* L. presenta problemas de incompatibilidad, dependiendo fundamentalmente de la actividad de la fecundación del polen en la flor de cacao como también de los sucesos en los que intervienen insectos polinizadores, que aseguren una producción sustentable. Este cultivo alcanza su madurez productiva después de los tres años de su establecimiento en campo, tiempo a partir del cual su fenología es influenciada por la humedad del suelo, distribución de las lluvias, sombra y manejo del cultivo, que inciden sobre el ritmo de la floración y cosecha (Montero et al. 2019).

2.1.2 Clasificación taxonómica del cacao.

Reino: Plantae (plantas)

Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares)

División: Magnoliophyta (plantas con flores, angiospermas)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

Género: Theobroma

Especie: cacao (Rondón y Campos 2005)

2.1.3 Producción del cacao en el Ecuador.

Durante varios años el cacao fue un símbolo de auge económico en el Ecuador, sus máximos representantes fueron las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí; Sin embargo, esta suma del terruño que guardaba el país desembocaba en un elemento tras otro que lo conectó con Europa y otros países altamente industrializados, con sed de las cualidades únicas; Tanto florales y frutales que poseía el cacao de la tierra ecuatoriana (Quintana y Aguilar 2018).

Actualmente, Ecuador es el cuarto productor de cacao a nivel mundial, con 300.000 toneladas al año, el crecimiento ha sido del 110% durante los últimos diez años, con una cadena de valor que beneficia a 600.000 familias en todo el país, para el 2016, el 80% del cultivo correspondía a pequeños productores (Abad et al. 2020).

2.1.4 Tipos de Cacao

El cultivo de cacao se clasifica en la especie *Theobroma cacao* la cual esta subdividida por tres grupos genéticos de cacao, los cuales se definen como:

Criollos

Esta variedad es cultivada a pequeña escala debido a su bajo rendimiento. No obstante, en la actualidad ha despertado nuevamente interés para la producción de cacao de especialidad (Predan et al. 2019). El cacao criollo se compone por una baya grande llamada mazorca, ovalada carnosa, purpúrea, amarilla, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada una de las mazorcas contienen entre 30 y 40 semillas que contienen aceite esencial que le brinda el componente aromático característico (Guimac y Verastegui 2022).

Forasteros

Esta variedad definida como cacaos forasteros se agrupan según la forma del fruto que pueden ser cundeamor, amelonado, sambito, calabacilla y angoleta (López et al. 2018). Se caracterizan por ser de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao criollo (Rodríguez et al. 2022).

Trinitarios

Los cacaos trinitarios, muy apetecidos en el mundo, son cacaos finos de aroma, de sabor suave y aromático. La variedad trinitaria es el resultado del cruzamiento de las variedades de tipo criollo y forastero y son producidos principalmente en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Guzmán 2020).

2.1.5 Condiciones ecológicas

Según Doster *et al.* (2012) describe que entre las condiciones ecológicas y posibles áreas para el cultivo se encuentran las siguientes:

Clima. La temperatura y precipitación son los factores más importantes para el desarrollo óptimo de las plantas de cacao. Las plantas reaccionan en forma muy sensible a la cantidad de agua en el suelo y son susceptibles a la

sequedad. El cultivo requiere lluvias uniformemente repartidas a lo largo del año de un total de 1500—2000(—2800) mm (27). Las temperaturas mínimas medias son de 18—21 °C, las máximas de 30—32 °C (30). Las temperaturas mínimas absolutas son de 10 °C, por debajo de las que las plantas reciben daño.

Crecimiento: 3—4 días después de la siembra de las semillas, se ve normalmente la emergencia de raíces primarias o pivotantes blanquecinas, las que después de 15—20 días alcanzan una profundidad de 10—15 cm.

Biología floral: Las primeras flores aparecen en el tallo de las plantas de cacao uno o dos años después de que el tallo se ha lignificado. Las flores forman inflorescencias que se originan a partir de botones axilares de las hojas caducas. Las plantas adultas de cacao pueden, dependiendo de las condiciones climáticas, producir flores y frutos durante todo el año.

Por otra parte, dentro de los tipos de cacao se puede resaltar que, el periodo de crecimiento del botón floral en los tres genotipos de cacao (criollo, trinitario y forastero), es diferente para cada genotipo (Avendaño 2018).

2.1.6. Morfología de la flor del cacao

La flor del cacao es hermafrodita, es decir, pentámera, de ovario súpero. La flor del cacao está conformada en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; su androceo está constituido por 10 filamentos de los cuales 5 son viables o fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está constituido por un ovario con 5 lóculos fusionado a partir de la base donde se encuentra cada uno, pueden encontrarse unos 5 a 15 óvulos, esto va dependiendo del genotipo. La polinización en el cacao es entomófila, en este

proceso la flor comienza a abrirse provocando agrietamiento del botón floral en las horas de la tarde (García 2021).

2.1.7. Reproducción y Polinización.

Según Garzón (2020) afirma que la propagación sexual es una de las formas más generalizadas y fácil de producir el cacao, consiste en utilizar las semillas previamente seleccionadas de los árboles seleccionados de mejor calidad. Los árboles de mayor producción son aquellos que son seleccionados en cuanto a sus cualidades de vigor y forma de desarrollo, producción y resistencia a plagas y enfermedades

En la actualidad son conocidos los principales insectos responsables de la polinización del cacao. Se citan por ejemplo a: *Forcipomyia*, *Quasiagrammi* y *Lasiohella*, también a las hormigas *Crematogaster*. Existen también algunas especies de *Toxoptera aurantii* y áfidos *Aphis gossypii*, *Frankliniella parvula* y abejas silvestres (Alvarado *et al.* 2018).

2.1.8. Incompatibilidad sexual

La incompatibilidad en cacao es de tipo esporofítico, o sea que se debe a la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen ($2n$) y el genoma del pistilo ($2n$). El mecanismo se encuentra involucrado a un locus simple constituido por cinco (5) alelos múltiples y con el siguiente grado de dominancia: $S_1 > S_2 = S_3 > S_5$ y posteriormente un último alelo S_6 recesivo a los otros, independiente de un precursor de incompatibilidad. El citoplasma asociado con los gametos masculinos y femeninos contienen un precursor de incompatibilidad en el alelo dominante S antes de las meiosis (control esporofítico), El fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos (2) sistemas: heteromorfo y

homomórfico. En el primer caso se impide la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. En el segundo, en el sistema homomórfico se impide la fecundación por razones genéticas y morfológicas, este sistema a su vez, dependiendo del mecanismo de la reacción, puede ser: gametofítico y esporofítico (González 2018).

El fuerte control genético que ejercen los sistemas de (Incompatibilidad sexual), restringe grandemente la introgresión con los padres y las cruzas con otros miembros de la progenie. De esta manera la polinización cruzada aumenta la capacidad de sobrevivencia y reproducción, y contribuye así a la diversidad genética de la siguiente generación, de tal manera, este suceso se enfoca en dicho sistema de incompatibilidad gametofítico, para describir el avance logrado en la identificación de los genes que controlan la vía del rechazo del polen, así como de los mecanismos propuestos que la regulan. Los datos derivados del estudio del mecanismo que controla el rechazo del polen, son un eje fundamental puesto que, podrían ser utilizados en programas de mejoramiento genético de especies de importancia agrícola, como lo es la producción de cacao (Jiménez y Cruz 2011).

2.1.9. Definición de Incompatibilidad

La fecundación es un proceso muy dinámico derivado de una serie de interacciones entre el gametofito masculino (grano de polen) y el órgano femenino, el gineceo o pistilo. El gineceo está compuesto de una superficie receptora de polen, el estigma, una estructura que conduce a los tubos polínicos y del órgano que porta los óvulos, el ovario. De esta manera, el pistilo se encarga de reconocer y rechazar los granos de polen que produce la misma planta, pero

acepta aquellos granos de polen genéticamente relacionados, germinen y sus tubos polínicos alcancen el ovario para que ocurra la fecundación de sus óvulos. Este proceso le permite a las siguientes generaciones aumentar su diversidad genética (Ávila y Cruz 2011).

2.1.10. Tipos de Incompatibilidad

La incompatibilidad en cacao es una condición que puede afectar gravemente la producción en una plantación, en una plantación lo más importante es el número de mazorcas sanas que se cosecha, para que se produzca una mazorca sana es necesario que las flores del cacao sean fecundadas con el polen y que, una vez fecundadas o cuajada, tengan la facilidad para desarrollarse en forma robusta y libre de enfermedades(Enríquez 2017).

A través de los estudios de Mazeira (2013) determina lo siguiente:

- Cuando la flor no acepta su propio polen o polen de flor del mismo árbol se lo denomina auto incompatible.
- Cuando las flores de una planta generalmente auto incompatible son fecundadas con polen de otra planta, se dice que es un cruce compatible con ella y se la reconoce como intercompatible.
- Como regla general la completa autoincompatibilidad en plantas cultivadas es rara, y se presenta con mayores frecuencias la seudocompatibilidad, que se define por un nivel bajo de fecundación después de la autofecundación o de la polinización cruzada entre plantas que portan alelos S idénticos

2.1.11 Compatibilidad Genética

Actualmente, los productores desconocen, las características de compatibilidad e incompatibilidad genética de los clones de cacao, lo cual repercute en la instalación de clones que muchas veces no son compatibles entre sí, dando como consecuencia la baja productividad. Respecto en ello se hace necesario, entonces, la determinación de la compatibilidad genética, en cuatro clones de cacao, para dar lugar al impulso de la instalación de plantaciones con aplicación de la tecnología y selección de clones que permitan obtener altos rendimientos (Sánchez 2019).

Según Branco et al. (2018) En su ensayo indica que, el cacao es un cultivo arbóreo de gran importancia económica y objeto de varios estudios que buscan el mejoramiento genético de la especie con la incorporación de características que son agrónomicamente importantes para crear mejores genotipos, de manera que en este contexto, se han evaluado características de 22 genotipos de cacao para la compatibilidad sexual, que es un rasgo que está fuertemente asociado con rendimiento. Además, identificamos genotipos incompatibles con el clon TSH-1188 a través de entrecruzamientos controlados, debido a la gran importancia de este clon en cultivo de cacao.

Por otra parte, La incompatibilidad en el cultivo de cacao está dada por un factor genético en donde el polen que es viable es rechazado y no llega al estigma o al ovario de la flor que va a ser polinizada. Cuando el polen de una flor no llega a fecundar los óvulos del mismo material genético, se dice que este genotipo es auto incompatible. Cuando el polen de una flor de cacao no puede

fecundar los óvulos de las flores de otras plantas de cacao, se lo denomina como inter-incompatible o incompatibilidad cruzada.

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Para desarrollar este documento investigativo, se hizo uso de reseñas de literatura, artículos académicos y consultas bibliográficas en relación a los productores y técnicos de cacao, utilizando fundamentos teóricos como el análisis y la interpretación, que nos permiten solidificar nuestro tema desarrollado.

Además, la información obtenida se realizó mediante técnicas de análisis, interpretación y síntesis., con el propósito de dar al lector una idea del estado actual de las condiciones de la incompatibilidad sexual del cacao *Theobroma cacao* L, posteriormente poder deducir y relacionar el rendimiento de cacao para conocimiento del sector productor del cacao en Ecuador.

2.3. Técnicas de investigación.

La información obtenida se fundamentó en investigaciones sobre los diferentes tipos de estudios sobre la compatibilidad e incompatibilidad sexual en la producción del cultivo de cacao. Se utilizó el método deductivo, para cotejar la información con el trabajo realizado en varios ensayos, determinando así fuentes necesarias para aclarar los conocimientos de los productores dedicados a este rubro.

Dentro de las técnicas empleadas en este estudio se basó en, las fuentes:

- **Fuentes primarias:** son los escritos de un autor o autores sobre una investigación, la que proporciona datos de primera mano, es decir, las publicaciones periódicas, los libros y las obras de consulta.

- **Fuentes secundarias:** son aquellos documentos elaborados a partir de las fuentes primarias, como por ejemplo una traducción, una antología o un catálogo de publicaciones. Los diccionarios, enciclopedias y las bases de datos, también se consideran fuentes secundarias.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

Las características de compatibilidad de los materiales genéticos para la reproducción sexual de *Theobroma cacao* L. Se encuentra relacionadas a la incidencia de su producción. Puesto que, el efecto del genotipo denota variable en la toma del fruto, dando como resultado la vinculación del porcentaje con la compatibilidad o la incompatibilidad sexual de polen.

Las plantaciones de cacao son producto de la polinización cruzada, por ende existen factores como la incompatibilidad sexual (fenómeno genético) introducido al momento de los procesos bioquímicos situación que implica el reconocimiento, aceptación o rechazo del polen; mismos que intervienen en el porcentaje de flores determinando la influencia en el cuajamiento de frutos evento en el cual se produce la polinización manual o artificial

Según Dubon (2019) en su estudio indica que, La incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) se debe a problemas genéticos en el cual se ve inmiscuida la participación del polen viable presentando rechazo o inhibición del crecimiento del tubo polínico, por consiguiente, La incompatibilidad se manifiesta cuando el polen de una flor no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta, en este caso se dice que el cultivar es auto incompatible.

3.2. DESARROLLO DEL CASO

El fundamento de este documento se basa en la recolección de información actual acerca de la incidencia en la producción de cacao frente a la incompatibilidad sexual, puesto que muchos productores de este cultivo en el Ecuador se han visto afectados, por consiguiente, analizar la situación presentadas en relación a las distintas problemáticas ocasionadas por factores genéticos, en función de la reproducción sexual.

- Se debe tener en cuenta que las condiciones ecológicas influyen en la variación de reproducción del material genético elegido.
- No todos los clones en estudio realizan un cruzamiento del cual se pueda tener una compatibilidad, por lo que este genera deficiencias en la producción del cultivo o a su vez puede tornarse factor de hospedero de enfermedades y plagas.
- No se tienen los conocimientos previos para efectuar la autopolinización en caso de requerirla.
- Inadecuado manejo de controles fitosanitarios lo que ocasiona ineficiencia y baja producción.

3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS

- Realizar estudios de materiales con Inter-compatibilidad desarrollado con más variedades de materiales genéticos.
- Diseñar nuevos modelos de siembra de acuerdo a los materiales clonados

- Realizar asesorías técnicas para dar conocimientos de la compatibilidad e incompatibilidad sexual que se producen frente al cruzamiento de diferentes clones.

3.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Según Jiménez y Cruz (2011) en su estudio, afirman que, para promover la polinización cruzada, varias especies hermafroditas desarrollaron adaptaciones morfológicas como la separación espacial del pistilo y los estambres (hercogamia), y fisiológicas, como la maduración diferencial de los órganos reproductivos (dicogamia). Si bien estas modificaciones evitan en gran medida la autofecundación y promueven la polinización cruzada, existe la posibilidad de flujo génico a través del polen con los padres o con otros individuos de la progenie.

Según Venegas (2021) determina que la reproducción sexual del cacao conocido como incompatibilidad, surge dado que su origen puede estar relacionado al genotipo, y que es muy frecuente en muchas plantaciones, e incluso es una característica de los cacaos del grupo genético llamados “Criollos”. Por ello la reproducción sexual resulta eficiente al disponer clones que sean compatibles auto-compatibles o inter-compatibles, generando un mejor material genético, que sustente las actividades agrícolas.

González (2018) sugiere que es necesario determinar el grado de compatibilidad de los clones, para tener plantaciones productivas y competitivas, ya que al presentarse el fenómeno de incompatibilidad se pierde el potencial productivo de la plantación

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIÓN

Se pudo implantar con certeza los conceptos de compatibilidad e incompatibilidad sexual en cacao, conociendo los componentes que determinan este proceso en reproducción sexual, puesto que se ha evidenciado la relación en cuanto a componentes de los genes y mal formaciones en los estambres que inciden en la fecundación de las flores. Por otra parte, las polinizaciones cruzadas o autopolinizaciones están sujetas a la existencia de insectos, mismas que tienden a la posibilidad de ejercer técnicas de funcionamiento para lograr mejorar el porcentaje de polinización en el cultivo de cacao, de esta forma mejoran la producción.

No obstante, existe un gran número de materiales de cacao compatibles entre sí, por lo que crear evaluaciones e investigaciones acerca de la misma ayuda a mejorar ingresos en la producción; Sin embargo, para mejorar la productividad en relación a la clonación, se debe tener en cuenta dichos materiales que contengan un alto porcentaje de compatibilidad mutua y buscar otras propiedades deseables en factores tales como sentir o tolerar.

4.2. RECOMENDACIONES.

Es recomendable mezclar en las plantaciones varios híbridos de padres diferentes puede realizar que híbridos de un cruce, puedan fecundarse con híbridos de otro cruce. De esta forma, al tener distintos árboles se tendrá de manera segura un mayor porcentaje de fecundación, sin considerar que los híbridos sean auto incompatibles.

Se recomienda realizar nuevos estudios en materiales genéticos autoincompatibles con brotes autocompatibles para bajar el porcentaje de autoincompatibilidad o a su vez sustituirlos con plantas autocompatibles.

Se recomienda realizar las buenas prácticas culturales teniendo en consideración que se está ayudando a la conservación de varios insectos benéficos logrando tener una buena y mayor fructificación.

CAPITULO V

REFERENCIAS Y ANEXOS

5.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad, A; Acuña, C; Naranjo, E. 2020. El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración: 59-83. DOI: <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>.

Alvarado, A; Carrera, M; Morante, J. 2018. IMPORTANCIA DE LA MOSQUILLA FORCIPOMYIA SPP. EN LA POLINIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CACAO. Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible.

Avendaño, A. 2018. BIOLOGÍA FLORAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.); CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO EN MÉXICO. Agro Productividad 11(9). DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1225>.

Ávila, B; Cruz, F. 2011. SISTEMA DE INCOMPATIBILIDAD GAMETOFÍTICO EN PLANTAS: UNA OPORTUNIDAD PARA EVITAR LA ENDOGAMIA. MENSAJE BIOQUÍMICO: 67-78.

Branco, S; Silva, D; López, U; Correa, R. 2018. Characterization of the Sexual Self- and Cross-Compatibility in Genotypes of Cacao. American Journal of Plant Sciences 09(09):1794-1806. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99131>.

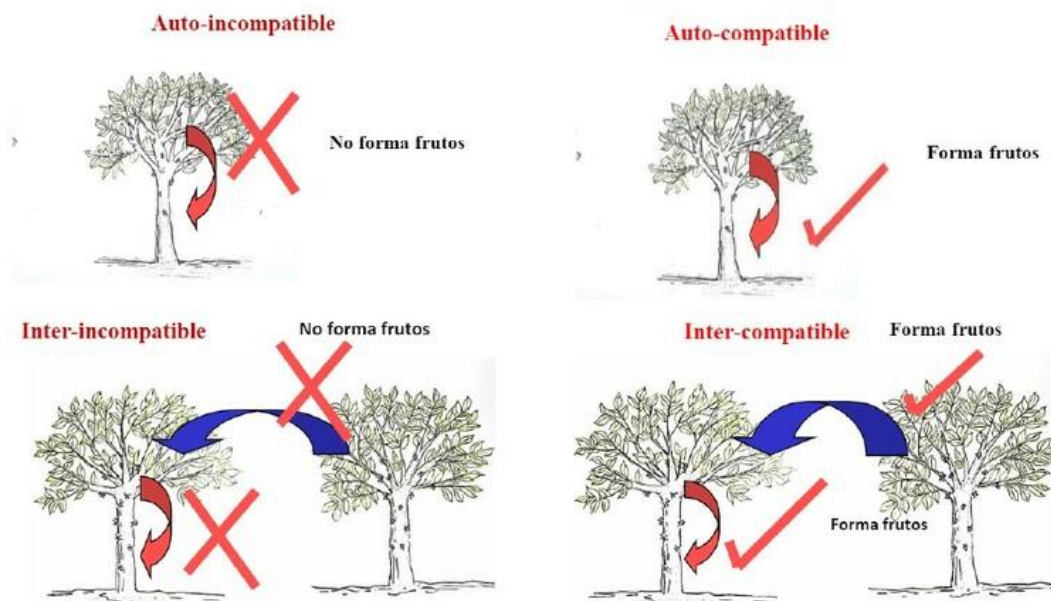
- Chang, JV; Barahona, JV. 2018. Polinización artificial para incrementar la productividad en huertas y la obtención de cruces internacionales de cacao. S.l., s.e. 53 p.
- Delgado, G. 2018. Magnoliophyta: diversidad y evolución de sistemas de apareamiento en flores hermafroditas. *Revistas Index* (2).
- Díaz, E; Urbina, J. (2015). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CHONTALES «CORNELIO SILVA ARGUELLO». S.l., s.e.
- Doster, N; Roque, J; Cano, A; la Torre, M; Weigend, M. 2012. Hoja botánica: Cacao. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Enríquez, G. 2017. LA INCOMPATIBILIDAD EN EL CACAO. INIAP: 1-9.
- García, J. 2021. Estudios para la selección de genotipos de cacao en Huimanguillo. Tabasco, Instituto Tecnológico de Huimanguillo. .
- Garzón, J. 2020. AUTO COMPATIBILIDAD DE SEIS GENOTIPOS SELECCIONADOS COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)". Quevedo, UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO. .
- González, E. 2018. Evaluación de la compatibilidad sexual de ocho cruces de materiales promisorios de cacao en San Vicente de Chucurí, Santander. Modalidad de práctica empresarial. Pamplona, Universidad De Pamplona.

- Guimac, L; Verastegui, L. 2022. Características y producción de cacao: Caso de la zona productora de Amazonas – Perú. *Global Business Administration Journal* 6(1):3-13. DOI: <https://doi.org/10.31381/gbaj.v6i1.4268>.
- Guzman, J. 2020. Producción de cacao “Theobroma cacao L.” fino o de aroma peruano: Agronegocio sostenible. *Alpha Centauri* 1(1):49-55. DOI: <https://doi.org/10.47422/ac.v1i1.6>.
- Jiménez, K; Cruz, F. 2011. INCOMPATIBILIDAD SEXUAL, UN MECANISMO GENÉTICO QUE EVITA LA AUTOFECUNDACIÓN Y CONTRIBUYE A LA DIVERSIDAD VEGETAL. *Revista Fitotec Mexico* 34(1).
- López, M; Deras, E; Parada, FA; Lara, F. 2018. Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) En lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. *Revista Agrociencia* 1(4):25-34.
- Mazeira, F. 2013. Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo Nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca. Título de Ingeniero Agropecuario. Quevedo, UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. .
- Montero, S; Sánchez, P; Solórzano, R; Pinargote, A; Cañarte, E. 2019. Floracion y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA* 10(1):1-7.
- Predan, G; Lazăr, D; Lungu, I. 2019. Cocoa Industry—From Plant Cultivation to Cocoa Drinks Production. s.l., Elsevier. p. 489-507 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815864-7.00015-5>.

- Quintana, M; Aguilar, J. 2018. Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿Un aporte de marketing global? *INNOVA Research Journal* 3(10.1):68-76. DOI: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.825>.
- Rodríguez, N; Chávez, B; Gómez, I; Vázquez, M; Estrada, P. 2022. El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias BUAP* 7:36-51.
- RONDÓN, J. B., & Campos, L. J. C. (2005). REVISIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO THEOBROMA (STERCULIACEAE) EN VENEZUELA Taxonomic revision of genus Theobroma (Sterculiaceae) in Venezuela. *ACTA BOT. VENEZ*, 28(1), 113–133.
- Sánchez, W. 2019. ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE CUATRO CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LA PROVINCIA DE JAÉN. Jaen, UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN. .
- Venegas, O. 2021. INCOMPATIBILIDAD SEXUAL EN EL CULTIVO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN. Machala, Universidad Técnica de Machala. .

5.2. ANEXOS

Imagen 1. Compatibilidad sexual a nivel de la misma planta o del cultivar.



Fuente: Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas por IICA 2020