



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCOMPATIBILIDAD SEXUAL EN EL CULTIVO DE CACAO
(THEOBROMA CACAO L.) Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN

VANEGAS YANANGOMEZ ORLY FABIAN
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCOMPATIBILIDAD SEXUAL EN EL CULTIVO DE CACAO
(THEOBROMA CACAO L.) Y SU INCIDENCIA EN LA
PRODUCCIÓN

VANEGAS YANANGOMEZ ORLY FABIAN
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

INCOMPATIBILIDAD SEXUAL EN EL CULTIVO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN

VANEGAS YANANGOMEZ ORLY FABIAN
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 27 DE ABRIL DE 2021

MACHALA
27 de abril de 2021

Tesis Vanegas

por Orly Fabian Vanegas Yanangomez

Fecha de entrega: 16-abr-2021 04:48p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1561255492

Nombre del archivo: Tesis_Banegas.pdf (246.78K)

Total de palabras: 3728

Total de caracteres: 20132

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, VANEGAS YANANGOMEZ ORLY FABIAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado INCOMPATIBILIDAD SEXUAL EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

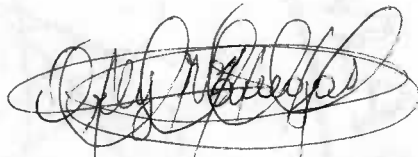
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de abril de 2021



VANEGAS YANANGOMEZ ORLY FABIAN
0704843010

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Sr. Douglas Vanegas y Sra. Noemí Yanangómez, por haberme apoyado siempre en el proceso de aprendizaje de éste denominado el caminar Educativo. A mis hermanos Douglas e Hypatia quienes siempre me estuvieron motivando a ser mejor y avanzar con los conocimientos hasta lograr cumplir y alcanzar mi objetivo de preparación profesional y personal.

RESUMEN

El presente trabajo es un recopilatorio de información bibliográfica, sobre la “Incompatibilidad sexual en cacao y su injerencia en la producción”. Se tiene como objetivos: a) conocer ¿qué es la incompatibilidad sexual? y b) argumentar su incidencia en la producción. A través de la recolección de información, se ha podido armar un enunciado ilustrativo y de conceptos sobre la incompatibilidad y compatibilidad sexual en cacao. Se menciona acerca de la morfología de la flor y sus desventajas que presenta para la polinización. Se describe también, sobre la incapacidad de fecundación que presentan las plantaciones de cacao, lo que se conoce como Incompatibilidad sexual; así mismo se la ha podido clasificar en incompatibilidad Esporofítica e incompatibilidad Gametofítica, 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, Esporofítica, Gametofítica.

ABSTRACT

This work is a compilation of bibliographic information, entitled "Sexual incompatibility in cacao (*Theobroma cacao* L.) and its interference in production". Its objectives: are a) to know what sexual incompatibility is and b) to argue its incidence in production. Through the collection of information, it has been possible to put together an illustrative statement and concepts about the incompatibility and sexual compatibility in cocoa. It is stated about the morphology of the flower and its disadvantages for pollination. It also describes the inability to fertilize cocoa plantations, which is known as sexual incompatibility; Likewise, sexual incompatibility has been classified into Sporophyte incompatibility and Gametophytic incompatibility, dividing in turn into selfincompatibility and cross-incompatibility, a contribution is made with bibliographic information on some tasks that can improve this unfavorable condition within a cocoa plantation. .

Key words: sexual compatibility, sexual incompatibility, Sporophyte, Gametophytic.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. DESARROLLO	11
<u>2.1</u> Generalidades del Cacao.	11
2.1.1 Clasificación taxonómica.	11
2.1.2 Condiciones ecológicas	12
<u>2.2</u> Morfología de la flor del cacao	13
<u>2.3</u> Incompatibilidad sexual	16
2.3.1 Definición de Incompatibilidad	16
2.3.2 Tipos de Incompatibilidad	17
2.3.3 Compatibilidad Genética	21
<u>2.4</u> Prácticas de control	21
3. Conclusiones	23
4. Bibliografía	24

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Tabla 1 <i>Clasificación Taxonómica del Cacao</i>	11
2. Tabla 2 <i>Producción de cacao a nivel mundial</i>	12

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.- <i>Estructura general de la flor de cacao</i>	13
Figura 2.- <i>Flor de cacao</i>	14
Figura 3.- <i>Desarrollo de los estambres.</i>	17
Figura4.- <i>Flujo de polen que determina la condición de compatibilidad sexual en el cultivo de cacao</i>	19

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de Cacao es uno de los más importantes en la economía nacional y de algunos países tales como Brasil, Colombia, República Dominicana, Costa de Marfil y Ghana. Tiene injerencia en varios ámbitos, entre los cuales destaca el socio económico generador de empleo de manera directa e indirecta, el agroindustrial como materia prima para la elaboración de alimentos y la obtención de diferentes derivados. Todo lo expuesto está directamente relacionado al potencial productivo de los diferentes fenotipos de cacao que se cultivan en las zonas cacaoteras existentes.

En el cultivo de cacao existen varios factores que afectan la producción, entre los más relevantes podemos señalar genéticos, ecológicos, fisiológicos y culturales. En el presente trabajo vamos a enfocarnos en un problema en la reproducción sexual del cacao conocido como incompatibilidad, cuyo 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”.

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 (interincompatibilidad), provocando en ambos casos una baja producción en árboles que las presenten.

Para la presente investigación se han planteado los siguientes objetivos:

- Definir qué es la incompatibilidad sexual.
- Argumentar su incidencia en la producción.

El presente trabajo es de carácter teórico, donde se recopila información bibliográfica para cumplir con los objetivos planteados y poder brindar un aporte en beneficio de los productores de cacao de la zona y el país.

II. DESARROLLO

2.1 Generalidades del Cacao.

López, S; Gil A., (2017) nos indican que el cacao tiene su origen en Sudamérica y Mesoamérica, el nombre científico deriva de la lengua griega “alimento para los dioses”, se desarrolla bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América Sur. El cacao es una fuente de ingreso económicos muy significativo para las familias productoras, y para las manufacturas que lo utilizan como materia prima para obtener subproductos a base de cacao.

2.1.1 Clasificación taxonómica.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao.

Reino: Plantae

División: Espermatofita

Clase: Angiosperma

Sub-clase: Dicotiledónea

Orden: Malvales

Sub-orden : Malvinas

Familia : Esterculiáceas

Tribu : Bitneria

Género: *Theobroma*

Especie: Cacao

Fuente: *Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (2017)*

El cacao se labra en más de 50 países situados en 4 continentes (África, América, Asia y Oceanía) y en ellos el cacao tiene consumaciones fructuosas, ya que representa el modo de vida de más de 150.000 agricultores y genera aproximadamente 1'500.000 ocupaciones en las etapas de producción, procesamiento y comercialización. En América cubre un área superior a 1'700.000 ha sembradas y genera flujos comerciales superiores a los 900 millones de dólares de exportaciones por año. (Arévalo, M.; et al. 2017).

Tabla 2. Producción de cacao a nivel mundial.

Países Productores De Cacao	Producción 2018 de cacao toneladas por año
Costa de Marfil	1963943
Ghana	947632
Indonesia	593832
Nigeria	332927
Camerún	307867
Brasil	239387
Ecuador	235182
Perú	134676
República Dominicana	85139
Colombia	52743

Fuente: (FAOSTAT, 2018)

2.1.2 Condiciones ecológicas

Altitud

La altitud recomendable para el crecimiento y desarrollo del cultivo esta entre los 800 msnm; en nuestro país Ecuador se han desarrollado cultivares en altitudes de 1000 a 1400 msnm, la altitud es un factor secundario y no es muy importante ante otros factores como: climáticos, edafológicos. (Ibarra-Velásquez, 2019)

Temperatura

La temperatura en la producción y distribución de una parcela de cacao es muy trascendental para la actividad funcional, bioquímica, metabólica y cada proceso vital del

cultivo; la óptima de la temperatura oscila entre 23 a 26 °C y está en relación con el desarrollo floral y fructificación (Gómez, G.; Mero A., 2019).

2.2.Morfología de la flor del cacao

La inflorescencia del cacao corresponde al tipo caulifloro, las flores brotan sobre partes vegetativas viejas, tronco, ramas principales o en ramificaciones secundarias.

La flor, adherida al tallo por un pedicelo de 1 a 3 cm, generalmente pentámera. Los 5 pétalos, fusionados por su base son blancos o color rosa. Los 5 pétalos, alternos con sépalos, tienen una forma muy peculiar, angostos con una base, se abultan y se hacen cóncavos, de color blanco, la hendidura del cual está orientado hacia el eje de la flor y cuya parte terminal, estrecha, se extiende en una lígula que la enlaza con el limbo del pétalo más ancho completamente orientado hacia el exterior.

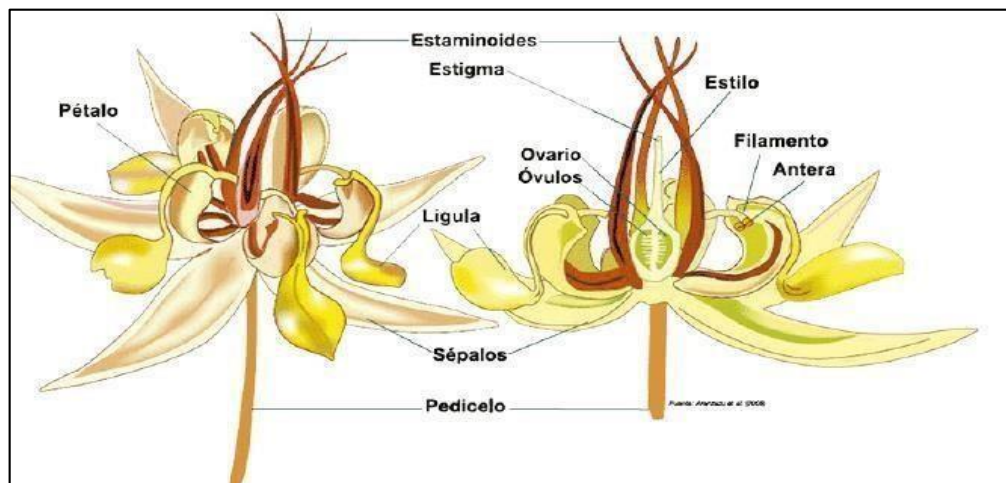


Figura 1. Estructura general de la flor de cacao

Fuente: [http://cacaomovil.com/guia/3/contenido/formas-de-propagacion/\(2015\)](http://cacaomovil.com/guia/3/contenido/formas-de-propagacion/(2015))

El androceo formado por cinco estambres, cinco estaminodios estériles. Los estambres son recurvados orientados al exterior, directamente los pétalos encontrándose las anteras situadas en el interior de las cogullas de cada uno de los pétalos correspondientes. Cada estambre es doble, derivado en realidad de la fusión de otros estambres y las anteras llevando cuatro sacos polínicos.

La envoltura del botón floral arranca en horas de la tarde, cuando comienza a entreabrirse los sépalos y se termina de completar en las primeras horas de la mañana del día siguiente.

La dehiscencia de las anteras asoman al abrirse la flor y el polen es viable inmediatamente. Los granos de polen, esferoidales, son de dimensiones (16 a 23 micras). Su durabilidad no pasa las 48 horas en el medio natural. El polen algo viscoso difícilmente llega al estigma, más bien la polinización del cacao está dada de manera segura por insectos que van de árbol en árbol consumiendo como alimento al polen. (*Díaz, E., Urbina, J. 2015*)

Sabido es que el cacao es una planta alógama, es decir que a pesar de tener sus flores los órganos sexuales completos, da paso a la polinización cruzada, frecuentemente cumplida por insectos. Es obligatorio saber sobre la biología floral y procedimientos para la creación de plantas mejoradas. La flor es completa, muy regular, pentámero es decir que sus órganos encajan a: P5, E5 + 5, G (5) lo que significa: cinco sépalos; cinco pétalos y 10 estaminoides (órgano masculino productor de polen), 5 son fértiles y 5 infértiles conocidos como estaminoides. La flor del cacao, no posee gran atractivo para muchos de los insectos polinizadores. Se ha demostrado que diminutas mosquitas del género *Forcipomyia*, ciertos Trips (*Tysanopteras spp.*) y pulgones (*Aphy ssp.*) son los principales polinizadores, encargados de llevar el polen al aparato femenino de la flor.

A contraste de otras especies, el cacao es caulifloro es decir que emite sus flores en el tallo y ramas, agrupadas en cojinetes (llamada cima monocacial o bípara). Cada cojinete varía en la expresión se 2 hasta 40 flores. (*Cabuya, C. 2018*).



Figura 2.- Flor de cacao *Cabuya, C. 2018*

Vera, J.; Vera, J. (2018) nos indican que la germinación del grano de polen en el estigma, la introducción en el estilo del tubo polínico y su desarrollo hasta el saco embrional del óvulo, se ve afectado como superior veinticuatro horas después de la polinización. Los conductos polínicos penetran casi simultáneamente en todos óvulos de la flor. Poco tiempo después del arribo del tubo al saco embrionario, el primer núcleo espermático se une con el del ovario y forman un cigoto, mientras que el segundo núcleo espermático se une a los dos núcleos polares para desarrollar el núcleo triploide que genera el endospermo.

La fecundación de los gametos se consuma tres días posteriores a la polinización y el desarrollo del óvulo, así como el del fruto inicia instantáneamente después de la fecundación.

La flor de cacao es hermafrodita con un porte promedio de 1 a 2 cm de diámetro y son mantenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm, tiene 5 sépalos unidos la base de color blanco o rosado dependiendo del cultivar y con pétalos alternos fusionados a los sépalos (*Arvelo, M.; et al 2017*).

Hernández (2017) indica que las flores son diminutas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro adulto de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes existían hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las horas de la tarde y alcanzan a ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz es de tono rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila teniendo como principal actor a una mosquita del género *Forcipomya*.

Cabuya (2018) manifiesta que las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan tallo principal de crecimiento vertical que puede medir 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de este momento la yema apical frena su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales.

A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta. Por lo consiguiente la flor del cacao es hermafrodita es decir cuenta con ambos sexos, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura

con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad.

2.3 Incompatibilidad Sexual

2.3.1 Definición de Incompatibilidad

Se manifiesta cuando el polen de una flor de una planta, no tiene la capacidad de fecundar los óvulos de las flores en misma planta, carácter de **auto-incompatibilidad**. Cuando el polen de una planta consigue fecundar los óvulos, de las flores de otras plantas, carácter de **inter-compatibilidad**. (*Díaz, E., Urbina, J. 2015*)

La incompatibilidad es la imposibilidad de gametos funcionales (grano de polen y óvulo) de consumar la combinación en condición particular del o entre los genotipos. Es un elemento genético de tipo esporofítico, gobernado por un proceso Bioquímico, donde el conducto polínico es rechazado por el ovario de la flor receptora y en muy pocos casos del estigma. (Camargo, 2008) citado por (*Ramírez O, 2019*)

La auto compatibilidad del cacao es un factor significativo de ganancia y se ha explicado es guiado por un sistema gameto esporofítico tardío, esto implica varios locus y genera como resultado, la no fusión del gameto. Se reconocen dos mecanismos distintos que regulan el sistema de autoincompatibilidad en puntos separados, situados en el cromosoma uno y cuatro (CH1 y CH4). Juntos realizan la selección de los gametos, pero solo uno (el locus CH4) está vinculado en la caída de la fruta. El locus CH1 ejerce acción antes de la unión del gameto e independientemente del locus CH4. El estudio de expresión, mostró respuesta diferencial durante reacciones incompatibles o compatibles. Los marcadores de diagnóstico SSR (Secuencias Simples Repetidas) altamente polimórficos, diseñados en la región CH4 identificada por una cartografía fina, facilitaron el desarrollo de indicadores de diagnóstico eficientes que anticipan la autocompatibilidad y el acomodo de la fruta según la existencia de alelos o genotipos. También se identificaron alelos únicos para variedades Amelonado y Criollo autocompatibles, generando la examinación de plantas autocompatibles en plantaciones de cacao. (*Lanaud, C.; et al., 2017*).

Enríquez, G. (2017) nos indica que la incompatibilidad se define como un contexto que influye de manera imponente la producción de una plantación. La producción está sustentada en la cantidad de mazorcas sanas que se obtienen en la cosecha.

2.3.2 Tipos de Incompatibilidad

Enríquez, G. (2017) nos indica que aquellos árboles que no forman mazorcas pueden tener las siguientes situaciones:

1. Esterilidad Masculina
2. Esterilidad Femenina
3. Incompatibilidad

La esterilidad masculina puede suscitarse donde hay el aborto del grano de polen. La esterilidad femenina puede originar el aborto del óvulo o mala formación de la flor. Los casos de incompatibilidad pueden deberse a:

- a) El grano de polen no alcanza a fertilizar el ovario, debido a un defectuoso desarrollo del tubo polínico de la flor. Éstos son los casos de **Incompatibilidad esporofítica**.

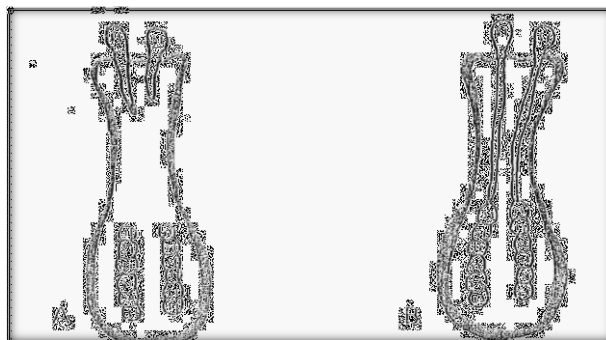


Figura 3.- Desarrollo de los estambres. *Enríquez, G. (2017)*

- A) El tubo polínico se ha detenido en su crecimiento, es de igual combinación genética (S1)
- B) El tubo polínico crece de manera normal, llegando a fecundar el óvulo, con diferente constitución genética.

- b) Condición donde el conducto polínico está desarrollado con normalidad y penetra al ovario, no se unen los gametos masculino y femenino. Esto se conoce como **Incompatibilidad Gametofítica**.

En la incompatibilidad Gametofítica, encontramos dos formas:

1) Autoincompatibilidad.- sucede cuando la flor de un mismo clon, no puede fecundarse con su mismo polen; siendo obligada participación que el polen provenga e ingrese desde otra planta que si sea compatible, para realizar la fecundación.

2) Incompatibilidad cruzada.- se presenta cuando flores de un árbol, no pueden ser fecundadas por el polen de otra planta.

(Narayanapur, V., et al 2018) nos indican que la siguiente clasificación de autoincompatibilidad:

Sistema complementario de autoincompatibilidad.

Se denomina tipo estimulante de autoincompatibilidad. Cuando el polen de un grupo SI (Autoincompatible) se coloca en estigma de otro grupo de IS (Autocompatible), ambos producirán la germinación y el desarrollo del tubo polínico que resulta en una fertilización exitosa. Pero, si son del mismo grupo SI producido, la germinación y el crecimiento posterior de polen se suspenden.

Sistema de oposición de incompatibilidad.

Se conoce como tipo inhibitorio de autocompatibilidad. Cuando el polen y el pistilo pertenecen al mismo SI producen ciertos productos químicos que inhiben la germinación y crecimiento. En reacciones no compatibles, los productos químicos paralizan el crecimiento y desarrollo normal de polen, lo que genera en una fertilización no exitosa.

La clasificación común de autoincompatibilidad fue planteada por Lewis (1954) en dos grupos primordiales, **sistema homomórficos** y **sistema heteromórficos**. El sistema

homomórfico de autoincompatibilidad, se subclasifica en sistema gametofítico y esporofítico.

(Díaz, E., Urbina, J. 2015) nos indican que la incompatibilidad es de tipo esporofítica, lo que es la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen (2n) y el genoma de la planta receptora (2n). El funcionamiento de esta interacción implica a un locus simple con cinco alelos variados y con grado de dominancia: $S1 > S2 = S3 > S5$ y un último alelo $S6$ recesivo a los otros, independiente de un precursor de incompatibilidad.

El ADN ligado con gametos masculinos y femeninos, llevan un predecesor de incompatibilidad, que es el grado dado por el alelo dominante S antes de la división celular (meiosis, esporofítico), de modo que por fusionar el alelo dominante ($S2 = S3$), el precursor posee informaciones concretas y al conjugarse alelos iguales determinan la no unión (50%). Cuando ocurre, se supone la presencia de un genotipo homocigoto para el alelo S. Se supone otra hipótesis, que es la existencia de dos loci que presentan dominancia y recesibilidad, A y B, con acción complementaria una de la otra. Cuando uno o ambos loci son homocigotos recesivos el progenitor no puede ser replicado por el alelo S en el genotipo el cual es auto compatible independiente de los alelos S. (Díaz, E., Urbina, J. 2015)

(FHA, 20019.) nos indica que los casos de incompatibilidad se pueden manifestar de las siguientes formas:

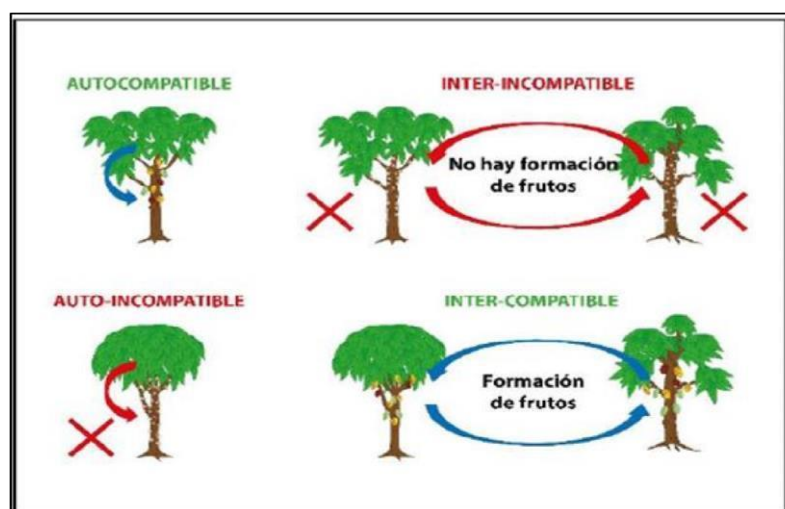


Figura 4. Flujo de polen que determina la condición de compatibilidad sexual en el cultivo de cacao. (FHA, 2019)

La producción de cacao se ve mermada por enfermedades tales como: “Escoba de bruja” (*Moniliophthora perniciosa*), “Mal de Machete” (*Ceratosystis fimbriata*) entre

otras más. Por esta situación se ha tenido la prioridad de crear clones tolerantes. Pero estos clones presentan problemas de incompatibilidad sexual, considerados como no comerciales; en tal escenario se los ha usado como progenitores para desarrollar híbridos, los mismos que tienen alta productividad y muy buen aguante ante enfermedades, pero que heredan también la incompatibilidad (FHA, 2019).

La incompatibilidad en cacao es un constituyente genético, en donde el polen viable presenta rechazo o inhibición del desarrollo del tubo polínico, al alcanzar al estigma o al ovario de la flor receptora. La incompatibilidad es cuando el polen de una flor no consigue fecundar los óvulos de las flores de una misma planta, en esta situación se dice que el cultivar es autoincompatible. Cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de otras plantas, se lo conoce como inter-incompatible, es decir que existe incompatibilidad cruzada.

En resumen, cuando la compatibilidad o incompatibilidad se manifiesta sobre la misma planta, se llama **autocompatible (AC)** o **autoincompatible (AI)**; y cuando el fenómeno se suscita entre plantas juntas o vecinas se dice que son **incompatibles (IC)** o **interincompatibles (II)**. La compatibilidad sexual la investigan los botánicos y la relacionan con mecanismos de recombinación genética, selección y evolución de las plantas.

La autocompatibilidad es la característica que posee un clon o un grupo de clones genéticamente idénticas de fecundar sus propias flores y lograr la producción de frutos. Por otro lado, la intercompatibilidad se refiere a la incapacidad que tiene una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente distinto, lo que genera a clasificarlos en **inter-compatible** o **no inter – compatibles**

La condición de compatibilidad sexual en cacao genera importantes consecuencias en la capacidad reproductiva del cacao y finalmente en la productividad del cultivo. (Diaz, E., Urbina, J. 2015).

Fedecacao, (2016) nos indican que para calificar si un material es auto compatible o intercompatible se considera el límite del 30%, es decir 6 de 10 flores fecundadas en la lectura final.

2.3.3 Compatibilidad Genética

Jiménez y Cruz, (2016), nos indican que el factor ecológico es un papel vital alrededor de la compatibilidad sexual, ya que un mismo cultivar en distintos lugares se presenta una respuesta distinta. Para evitarla, muchas especies desarrollan el mecanismo de incompatibilidad sexual, sistema presente en la mayoría de angiospermas, da paso al pistilo de rechazar el polen propio y receptor polen de plantas genéticamente diferentes. Esto evita la endogamia y favorece la polinización cruzada. Siendo este el caso del cacao. Solamente un pequeño porcentaje de flores producidas les llega polen suficiente para formar frutos.

El flujo de polen por flor es insuficiente, lo que deriva en el menor porcentaje de frutos fecundados, situación que se ve influenciada también por temperaturas entre 21 a 24 °C, pues la **temperatura mínima** no es factor determinante de la cantidad de granos de polen sobre los estigmas, pero la **temperatura máxima** si es factor determinante en el cuajado del fruto.

El curso de receptividad estigmática en *T. cacao* es propicio entre las 11h00 y 14h00, para casi todos los clones, conocimiento que es vital para optimizar las polinizaciones artificiales en programas de mejoramiento genético. (*Montoya, M.; et al., 2017*)

2.4 Prácticas de control

Mezclar en 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.

Si hay altas cantidades de fecundación entre híbridos del mismo padre y madre, se forman dos grupos. Un grupo incompatible entre ellos, pero si son compatibles con cualquiera del otro grupo. Por lo tanto, propagando híbridos de un solo cruce, da avance a la fecundación si la plantación cumple con buenas técnicas de manejo.

Sembrar a distancias cortas a los híbridos autoincompatibles, ya que es necesario que éstos lleguen a entrelazar sus ramas en el menor tiempo posible y así poder fecundar las flores de los árboles dentro de la plantación.

Podar las plantas de forma adecuada con la finalidad de dirigir las ramas para que se entrecrucen, dejando desarrollar las ramas orientadas hacia las ramas vecinas.

Uso de insecticidas con precaución, el cacao como ya lo mencionamos es entomófilo, se debe tener mucha precaución con el control de plagas. Debido a que se puede mermar el número de insectos benéficos. Es decir, usar un insecticida adecuado para el control de una plaga en específico.

El concepto de planta ideal pretende calificar todas aquellas características de las plantas que se consideran primordiales al concluir su estadio en el vivero. Se deben determinar las características que se consideran desde el punto de vista morfológico, fisiológico y de su identidad genética.

Implementando un programa de “Planta Ideal” el esfuerzo dentro del vivero se debe continuar luego del trasplante. Se fijarán estándares y normativas en campo para asegurar el buen funcionamiento y desarrollo futuro de las plantas. (Enríquez, G. 2017)

III. CONCLUSIONES

Se ha podido establecer con certeza los conceptos de compatibilidad e incompatibilidad sexual en cacao, conociendo los factores que determinan éstas características. La incompatibilidad está ligada a factores genéticos y mal formaciones en los estambres que inciden en la fecundación de las flores.

Polinizaciones cruzadas o autopolinizaciones dependen de la presencia de insectos. La producción de cacao en el país se ve muy afectada por este problema, principalmente en regiones donde se cultivan plantaciones de reproducción por semilla.

Se pueden aplicar técnicas de manejo para poder mejorar el porcentaje de polinización en el cultivo de cacao, así de esta manera mejorar la producción.

En la actualidad existen variedades que se reproducen por injertos y clones, seleccionados por sus buenas características de compatibilidad, resistencia a plagas y enfermedades.

La temperatura es un factor importante que incide en la formación de los frutos y que no es limitante de la emisión foliar.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Arvelo, M. A., González León, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacaoprácticas latinoamericanas (No. IICA F01). IICA, San José (Costa Rica).
- Cabuya, C. 2018. Clasificación Taxonómica Del Cacao| Flores | Árboles. Publica (en línea, sitio web). Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/document/381790846/Clasificacion-Taxonomica-Del-CACAO>
- De cacao, y. Agroforestería. Informe técnico 2015 programa de cacao y agroforestería. http://fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/Informe_Tecnico_2017_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria.pdf
- Díaz, E. & Urbina, J. (2015). 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. UNAN-MANAGUAFAREM CHONTALES DEPARTAMENTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD Seminario, 65. <https://repositorio.unan.edu.ni/794/1/10418.pdf>
- Enríquez, G. (2017). La incompatibilidad en el cacao. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Café y Cacao. (Boletín Divulgativo no. 70). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1527>
- FEDECACAO 2016, Federación nacional de cacaoteros, Fondo nacional del cacao, informe de ejecución del plan de inversiones y gastos y presupuesto de ingresos y gastos del fondo nacional del cacao del cuarto trimestre y total del año 2016.
- FHA, 2019 Noticias Noviembre de 2019, No. 142 POLICLONES DE CACAO BASADOSEN COMPATIBILIDAD SEXUAL. http://www.fhia.org.hn/downloads/noticias_fhia/2019_Noticias_de_la_FHIA_142.pdf
- Gómez, G.; Mero A. (2019). Influencia de las condiciones agroclimáticas y suelo sobre la composición bromatológica del pericarpio de cacao fino de aroma (*Theobroma cacao*) en la provincia de Manabí. Manta, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí.
- Hernandez, F. 2017. Morfología y Taxonomía Del Cacao. Publica (en línea, sitio web). Consultado 18 ago. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/document/337462327/Morfologia-y-Taxonomia-Del-Cacao>

Ibarra-Velásquez, A. I. (2019). Análisis de la cadena de cacao en la provincia de los Ríos. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 02-13. Recuperado el 27 de febrero de 2020, de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/cadena-cacao-ecuador.html>

Lanaud, C., Fouet, O., Legavre, T., Lopes, U. V., Sounigo, O., Eyango, M. C., ... & Clement, D. (2017). Exploration of the T. cacao genome sequence to decipher the incompatibility system of *Theobroma cacao* and to identify diagnostic markers. ICCO. <https://agritrop.cirad.fr/586663/>

López Medina, S. E., & Gil Rivero, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L.(Malvaceae) " cacao". *Arnaldoa*, 24(2), 609-618. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992017000200012&script=sci_arttext

Montoya, M. M., Cruzatty, L. G., & Vásquez, V. A. Influencia de insectos polinizadores y flujo de polen sobre la eficiencia reproductiva de cacao (*Theobroma cacao* L.).2017 <http://sigloxxi.esпам.edu.ec/Ponencias/VIII/I%20FISPAMC/SALA1/EPA0052019.pdf>

NARAYANAPUR, Vijayakumar B., et al. 2018. Self-incompatibility: a pollination control mechanism in plants. *International Journal of Plant Sciences* (Muzaffarnagar), , vol. 13, no 1, p. 201-212.

Ramirez O, 2019. Compatibilidad sexual en cultivares de Cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales. Tela, Atlántida, Honduras. 64 reunión anual, PCCMCA.

Vera, J, Vera, J (2018) Polinización artificial para incrementar la productividad en huertas y la obtención de cruces internacionales de cacao (*teobroma cacao* l.), Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 53 pag. Extraídp de <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/272/3/libro%20listo3.pdf>