UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

"Análisis de los parámetros para la extracción del polen de las flores masculinas, en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis;* Jacq)"

AUTOR:

Marcos Agustín Pacheco Ulloa

TUTOR:

Ing. Agr. Orlando Olvera Contreras, MAE.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

El presente documento trata sobre los parámetros de la extracción del polen en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq*).* Es necesario destacan que las conclusiones determinaron que la palma aceitera produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y de forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Por ello, se necesitan agentes polinizadores que aseguren una buena fructificación; la palma datilera puede ser polinizada de manera natural por el viento, abejas y otros insectos, pero este tipo de polinización no garantiza altos rendimientos, por lo que es necesario de una técnica artificial para su producción comercial, debido que con esta técnica el aumento del peso de racimos puede representar un promedio de 25 % y la operación resulta muy rentable; la polinización es de gran importancia para el rendimiento de éste cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, abortos y pudrición, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite y el método más común para extraer el polen de palma aceitera es: Extracción de inflorescencias masculinas (las inflorescencias se colocan encima de bandejas de alambre de malla o estantes con un recipiente debajo para atrapar el polen seco que cae de las flores, siendo este método el más común) y el extractor mecánico de polen (la automatización de esta máquina puede variar, pero comúnmente se compone de un barril giratorio al cual se le introducen las inflorescencias maduras y de un agitador para filtrar el polen de otros materiales).

Palabras claves: Polinización, Extracción, Polen, Inflorescencia.

SUMMARY

This document deals with the parameters of pollen extraction in the cultivation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). It is necessary to highlight that the conclusions determined that the oil palm produces male and female flowers in different inflorescences and separately on the same plant, in such a way that it is necessary to transfer the pollen from one flower to another. Therefore, pollinating agents are needed to ensure good fruit set; The date palm can be pollinated naturally by the wind, bees and other insects, but this type of pollination does not guarantee high yields, so an artificial technique is necessary for its commercial production, because with this technique the increase in bunch weight can represent an average of 25 % and the operation is very profitable; Pollination is of great importance for the yield of this crop, since when it is deficient, poor bunch formation, abortions and rotting, loss in average biomass, low production and low oil extraction can occur and the most common method to extract the oil palm pollen is: Extraction of male inflorescences (the inflorescences are placed on top of wire mesh trays or shelves with a container below to catch the dried pollen that falls from the flowers, this method being the most common) and the mechanical extractor of pollen (the automation of this machine can vary, but it is usually made up of a rotating barrel into which the mature inflorescences are introduced and an agitator to filter the pollen from other materials).

Keywords: Pollination, Extraction, Pollen, Inflorescence.

CONTENIDO

RESUMEN ii
SUMMARY iii
CONTEXTUALIZACIÓN 1
1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.3. JUSTIFICACIÓN 2
1.4. OBJETIVOS 3
1.4.1. Objetivo general 3
1.4.2. Objetivos específicos 3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÒN 3
DESARROLLO 5
2.1. MARCO CONCEPTUAL 5
2.1.1. Polinización en la Palma aceitera 5
2.2. MARCO METODOLÓGICO 17
2.3. RESULTADOS 18
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 18
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 19
3.1. CONCLUSIONES 19
3.2. RECOMENDACIONES 20
4. REFERENCIAS Y ANEXOS 21
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 21
4.2. Anexo 24

CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Ecuador ocupa el segundo lugar en Latinoamérica en la producción de aceite crudo de palma y es el séptimo productor a nivel mundial, aún con rendimientos más bajos comparados con Colombia y Costa Rica. A pesar que los productores de más de 1 000 hectáreas tienen el liderazgo en la industria de la palma, el 87 % produce menos de 50 hectáreas (Potter 2019).

La superficie sembrada y registrada en los censos de la Asociación de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA) en el país fue de alrededor de 240 000 hectáreas distribuidas en cuatro bloques, tres de ellos en la costa y uno en la amazonia en el 2020. El origen de las plantaciones de palma aceitera en el Ecuador se remonta a 1953-1954 en Santo Domingo de los Colorados, provincia de Santo Domingo y en Quinindé, provincia de Esmeraldas, donde se establecen cultivos a pequeña escala. La expansión del cultivo se inicia en 1967 con un incremento de superficie sembrada de 1 020 hectáreas (Rosero 2019).

Encontrar fuentes de polen es crucial para la supervivencia del cultivo de palma aceitera en América Latina. En efecto, la dependencia del polen de *Elaeis guineensis* Jacq para polinizar plantaciones sembradas con híbridos interespecíficos encarece su cultivo (Mantilla 2017).

Mediante la extracción y almacenamiento de polen es posible disminuir riesgos fitosanitarios, ya que raramente se transfieren plagas y/o enfermedades a través del polen (a excepción de algunas enfermedades ocasionadas por virus), lo que permite la seguridad en el traslado e intercambio de germoplasma. En programas de mejoramiento genético se considera una de las principales alternativas para la conservación de alelos, facilitando el cruzamiento controlado entre individuos de interés (Jalca *et al.* 2019).

En Ecuador, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

(INIAP), en el Boletín Divulgativo *Polinización Asistida en el Cultivo de Palma Africana* los investigadores Alcívar y Romero (1992) mencionan sobre una técnica para realizar la polinización manipulada, con el objetivo de obtener optima fecundación e incremento de la productividad, actividad que incluye: a) Recolección y almacenamiento del polen; b) Prueba de viabilidad; c) Preparación del polen y polinización a las inflorescencias femeninas receptivas.

El método automatizado adoptado por las plantaciones más modernas, es utilizar una maquina atomizadora de polen. Otros métodos menos comunes son el incrustar algodón o esponja impregnados de polen en la inflorescencia femenina y poner un globo de hule con polen en medio de la inflorescencia. Recientemente se ha incrementado la polinización con polen con alguna suspensión en agua (Salomón *et al.* 2021).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios de híbridos con progenitoras femeninas provenientes de la Amazonía son necesarios, ya que está comprobado que transmiten la tolerancia al complejo de enfermedades.

La principal problemática radica que el área cultivada actualmente con *Elaeis guineensis* Jacq está siendo paulatinamente reemplazada por híbridos, que son más tolerantes a enfermedades, especialmente como Pudrición del cogollo, donde los estudios en comportamiento, manejo del cultivo y polinización se vuelven indispensables, debido a este aumento en las áreas sembradas de este cultivo (Mantilla 2017).

1.3. JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, se ha determinado que los híbridos interespecíficos (OxG) que tienen como progenitora femenina a Manicore (Brasil) y Armuelles (Panamá) obtienen el mayor contenido de aceite y mayor producción de racimos respectivamente; utilizando *Elaeis guineensis* Jacq como fuente de

polen que es un material genético originario de Papúa Nueva Guinea Guinea (Alvarado 2013).

La palma aceitera puede ser polinizada de manera natural por el viento, abejas y otros insectos, pero este tipo de polinización no garantiza altos rendimientos, por lo que es necesario de un manejo artificial para su producción comercial (García *et al.* 2019).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Valorar los parámetros para la extracción del polen de las flores masculinas, en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq).

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar la polinización en el cultivo de palma aceitera.
- Describir la extracción del polen de las flores masculinas de las plantas de palma aceitera.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÒN

El presente documento hace referencia a la temática para determinar los parámetros de la extracción del polen en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), correspondiente a la línea de investigación Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y sublínea Agricultura sostenible y sustentable de la carrera de Agronomía, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

La polinización inducida en la palma aceitera es de vital importancia para obtener mayor potencial de aceite en el racimo, aumentando la formación de

frutos con alto contenido de aceites en relación al racimo y lograr disminuir los frutos abortados.

Muchas veces la polinización se presenta afectada por múltiples factores, entre ellos, la variación climática, variabilidad genética de los materiales, fertilidad del polen y la dificultad de aplicación del polen al incrementarse las alturas de las palmas.

La aspersión del polen a las inflorescencias femeninos receptivas se realiza para obtener una óptima fecundación y por consiguiente el incremento de la productividad durante los primeros años de cosecha del cultivo.

DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Polinización en la Palma aceitera

La polinización y la fecundación son los procesos responsables de la producción de frutos y semillas en las plantas con flores. La polinización es la llegada de granos de polen desde los estambres de la inflorescencia masculina hasta los estigmas de las inflorescencias femeninas de las plantas. Allí ocurre la fecundación o fusión del gameto femenino (óvulo) con el gameto masculino (polen) en el ovario de la flor, formando un embrión que puede o no ser viable (Sánchez et al. 2011).

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), es una oleaginosa perenne que inicia su producción después de 30 meses de siembra en el campo, pudiendo ser explotada económicamente por hasta 26 años. De ella se puede llegar a obtener de 3 a 6 $t.ha^{-1}.año^{-1}$ de aceite de la pulpa (principal uso comestible) y de 0,6 a 1 $t.ha^{-1}.año^{-1}$ de aceite de la almendra (uso cosmético, jabones, pinturas, detergentes) (Labarca et al. 2008).

Morfológicamente, una inflorescencia es la disposición de cierto número de estructuras sobre las ramas o la extremidad del tallo y se desarrolla en la axila de una hoja. La inflorescencia consta de un eje principal llamado raquis conformado por espiguillas o raquilas dispuestas en espiral a su alrededor, y a su vez éstas poseen espinas florales en cuyas axilas nacen las flores. El raquis está unido al tallo por un pedúnculo fuerte, de donde nacen dos estructuras fibrosas llamadas bráctea peduncular y prófilo, que cubren toda la inflorescencia durante la mayor parte de su desarrollo (Labín 2016).

El botón floral está cubierto por tres pétalos que se abren cuando la flor alcanza el estado de antesis y deja expuestos sus tres estigmas para recibir el polen. En el momento de ser polinizada la inflorescencia, las flores cambian a

color púrpura. Y transcurridos unos días se tornan de color negro y comienza la formación del fruto (Labín 2016).

La palma aceitera produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y de forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Por ello, se necesitan agentes polinizadores que aseguren una buena fructificación. La acción del viento y de las abejas para trasladar el polen es muy pobre, viéndose esta situación aún más comprometida con los materiales genéticos de alta producción de racimos, que durante los dos o tres primeros años de producción emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninos (Riquelme 2019).

Labín (2016) menciona que en cuanto a las inflorescencias masculinas, la inflorescencia antes de abrir está completamente encerrada por un prófilo y una bráctea pedúnculo, y se forma sobre un pedúnculo más largo que el de la femenina, que a su vez sostiene el raquis, donde se insertan en forma de espiral las raquilas o espiguillas. La estructura masculina se diferencia porque posee espiguillas largas digitiformes cilíndricas de color café y no es espinosa.

Durante los primeros años de cosecha de la palma africana, desde los tres a ocho años de cultivo establecido, generalmente la producción de polen es insuficiente para que se realice la polinización cruzada anemófila (viento) o entomófila (insectos), dando lugar a fallas en la fecundación de las inflorescencias femeninas lo que origina bajos rendimientos. Por esta razón, se recomienda la “polinización asistida” como una práctica para incrementar los rendimientos (Alcívar y Romero 1992).

García et al. (2019) aclara que “La palma aceitera puede ser polinizada de manera natural por el viento, abejas y otros insectos, pero este tipo de polinización no garantiza altos rendimientos, por lo que es necesario de una técnica artificial para su producción comercial”.

“Al ser una planta dioica, existen árboles masculinos y femeninos, estos

últimos generalmente son polinizados por el viento; sin embargo, para la producción comercial, se necesitan métodos artificiales para realizar la polinización" (Muhtaseb y Ghnaim 2006).

"La polinización se lleva a cabo mediante el uso de diversos métodos. Uno de ellos es colocar inflorescencias masculinas frescas incrustadas en inflorescencias femeninas" (Al-Khalifah 2006).

La polinización se debe iniciar entre los 26-28 meses de la siembra. La polinización manual consiste en la utilización de una mezcla de polen – talco (1/20), espolvoreando 0,1 g por inflorescencia femenina en estado de antesis (receptiva). La flor permanece en este estado tres días, caducando posteriormente. El porcentaje de fructificación es de 60 % de frutos normales (Riquelme 2019).

> Las anteras de las flores masculinas producen abundante polen con un olor característico a anís, llegando a producir entre 25 y 50 gramos de polen por inflorescencia. La mayor parte del polen se esparce durante los primeros dos o tres días y su producción cesa sobre los cinco días (Labín 2016).

Al hacer contacto el grano de polen con el lóbulo estigmático de la flor femenina se desarrollan antocianinas que tornan el estigma de color púrpura, indicando la pérdida de receptividad. Los granos de polen germinan dentro de las dos horas siguientes a la polinización y comienza la formación de los frutos. Finalmente, alcanzan su maduración alrededor de 150 a 180 días después de la polinización (Tandon *et al.* 2001, citado por Sánchez et al. 2011).

Típicamente, hay una maduración asíncrona entre las floraciones masculinas y femeninas, pero cuando la floración femenina se adelanta y no hay disponibilidad de polen, existe un gran riesgo de pérdida de producción. Por esta razón es necesario preservar el polen de un año a otro. Un factor que propicia este fenómeno, son las heladas tardías, las cuales retrasan el suministro estacional de polen masculino (Popenoe 1973, citado por Zambrano 2019).

2.1.3. Técnicas de polinización en palma aceitera

El polen puede conservar su valor durante mucho tiempo si se mantiene seco. De manera similar, se ha informado que el polen es capaz de una fertilización compatible incluso después de largos períodos de almacenamiento. Asimismo se ha observado que el polen almacenado a 3.3°C y registró un mayor porcentaje de germinación en comparación con el polen almacenado a temperatura ambiente (Jafar Jaskani *et al.* 2015, citado por Zambrano 2019).

La viabilidad del polen generalmente se considera como la capacidad de los granos de polen para germinar y entregar las células de esperma al saco embrionario para lograr una fertilización compatible (Shivanna *et al.* 1991, citado por Zambrano 2019). Métodos experimentales como el uso de globos comunes rellenos de polen y vuelos de aeronaves (Arias et al. 2016), se han utilizado con éxito, pero han sido económicamente poco costeables.

La polinización es de gran importancia para el rendimiento de éste cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, abortos y pudrición, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite. La palma aceitera, es una especie monoica, porque tiene inflorescencias masculinas y femeninas separadas en el mismo eje vegetativo. Esta situación determina una polinización cruzada, ya que sólo raras veces ambas inflorescencias son simultáneamente receptivas en la misma planta (Fedepalma 2006, citado por Labarca et al. 2008).

El más común es utilizar una bombilla de hule con una mezcla de harina y polen seco, el cual se distribuye sobre la inflorescencia femenina. El método automatizado adoptado por las plantaciones más modernas es utilizar una maquina atomizadora de polen. Otros métodos menos comunes son el incrustar algodón impregnado de polen en la inflorescencia femenina, poner un globo de hule con polen en medio de la inflorescencia y utilizar alguna suspensión. Recientemente se ha incrementado la polinización con polen con alguna suspensión en agua (Salomón et al. 2021).

Labarca *et al.* (2007), citado por Reyes y Chong-Qui (2022), quienes sostienen que, en la palma aceitera, la polinización es más deficiente en plantas jóvenes. Además, estos autores indican que la inducción manual de la polinización de las flores de este cultivo, es una de las prácticas que promueve la obtención de más almendras aprovechables para la extracción de aceite.

Durante los primeros años de cosecha de la palma africana, desde los tres a ocho años de cultivo establecido, generalmente la producción de polen es insuficiente para que se realice la polinización cruzada anemófila (viento) o entomófila (insectos), dando lugar a fallas en la fecundación de las inflorescencias femeninas lo que origina bajos rendimientos. Por esta razón, se recomienda la "polinización asistida" como una práctica para incrementar los rendimientos (Alcívar y Romero 1992).

Alcívar y Romero (1992) consideran que cuando se trata de plantaciones comerciales de gran tamaño, las polinizaciones serán semanales, máximo mensuales, por consiguiente, será necesario almacenar suficiente cantidad de polen. Esta prueba, comprende, la germinación de una muestra de polen en un medio de cultivo compuesto por 100 cc de agua destilada, 1.5 g de agar y 20 g de sacarosa.

> La polinización asistida, como una práctica para incrementar los rendimientos, es la aspersión del polen a las inflorescencias femeninas receptivas, para obtener una óptima fecundación e incrementar la productividad en los primeros años de cosecha (García *et al.* 2016, citado por Reyes y Chong-Qui (2022).

Alcívar y Romero (1992) destaca que la polinización asistida es la aspersión del polen a las inflorescencias femeninas receptivas, tendientes a obtener una óptima fecundación y consecuentemente, el incremento de la productividad en los primeros años de cosecha.

La polinización asistida en el híbrido de palma de aceite OxG es fundamental en la obtención de mayores potenciales de aceite en el racimo, ya

que busca aumentar la formación de frutos con aceite en proporción con el racimo y disminuir los frutos abortados; esta labor se ve afectada por varios factores como: la variación climática, fertilidad del polen, variabilidad genética de los materiales, y la dificultad de la aplicación del polen por el incremento de la altura de las palmas (Leguizamon 2018).

> Leguizamon (2018) explican que “La polinización asistida en el material híbrido OxG (Coari x La Mé) es determinante en una mejor conformación de los racimos y en el incremento de la producción de aceite”.

López (1978), citado por Leguizamon (2018) indicó que “la polinización asistida incrementa en 20 % el peso de los racimos y hasta en 34,7 % la tasa de extracción de aceite”.

Zambrano (2004), citado por Leguizamon (2018) reportó que el híbrido OxG bajo condiciones de polinización asistida puede alcanzar producciones de hasta 22 toneladas por hectárea por año (t/ha/ año) en materiales con nueve años de siembra, sin la polinización asistida la producción de estos híbridos hubiera sido de 17,6 t/ha/año; llevando estas toneladas de diferencia a precios actuales se tendría una pérdida de 1.100.000 de pesos/ha/año. De esta manera, la polinización asistida se constituye como una labor indispensable para el adecuado aprovechamiento del potencial productivo de los materiales híbridos OxG.

Alcívar y Romero (1992) manifiestan que la polinización asistida se debe realizar:

- Cuando existe una cantidad considerable de inflorescencias parcialmente polinizadas debido a aborto y/o pudrición de las inflorescencias.
- Cuando la cantidad de inflorescencias masculinas, es menor del total de inflorescencias.

Según Alcívar y Romero (1992), el procedimiento polinización asistida incluye las siguientes actividades:

- Recolección y almacenamiento del polen.
- Prueba de viabilidad (no siempre indispensable).
- Preparación del polen y polinización a las inflorescencias femeninas receptivas.

Las hebras masculinas frescas, es una técnica de polinización es cortar las hebras de flores masculinas de una espata masculina recién abierta y colocar de dos o tres de estas hebras, longitudinalmente y en posición invertida, entre las hebras de la inflorescencia femenina. Polen seco, esta técnica permite un uso más óptimo del polen, así como un control adecuado en el momento de la polinización. Existen varias técnicas para aplicar el polen seco (Arias et al. 2016).

El uso de una bombilla de hule, esta es la técnica de polinización más común, se llena la bombilla con una mezcla de polen y harina, aplicándose de manera manual sobre cada inflorescencia alrededor de dos gramos de polen (Salomón et al. 2021).

La polinización mecánica, este método consiste en el uso de una maquina adherida comúnmente a un tractor, la cual desde el suelo mediante un cañón hidráulico con movimiento vertical y horizontal, utilizando un solo operador, es capaz de polinizar más de 350 palmas por hora (Salomon 2021).

Diluir el agar en el agua destilada que está calentándose, luego añadir la sacarosa, continuar calentando la mezcla hasta la ebullición. La solución se coloca en cajas de Petri (20 cc por caja), dejar enfriar y solidificar. Espolvorear la muestra de polen sobre la superficie del medio, tratando de dispersarla homogéneamente, colocar los platos de Petri conteniendo el polen en una estufa a 38°C durante cuatro horas, tiempo en el cual se produce la germinación (Alcívar y Romero 1992).

> “Otros métodos menos comunes: El uso de piezas de algodón espolvoreadas con polen, las cuales se colocan de una a dos piezas entre los hilos de las inflorescencias femeninas” (Salomon 2021).

Otro método experimental fue mediante el uso de una suspensión de granos de polen con agua, logrando porcentajes de amarre entre el 70 y 80 % (Awad 2010), siendo altos en comparación al método tradicional.

Por otro lado, también es posible la polinización entomófila. Las inflorescencias masculinas y femeninas emiten un suave olor a anís que atrae especialmente a unos pequeños insectos, denominados curculiónidos, que se alimentan y reproducen en las flores masculinas. Estos insectos tienen el cuerpo cubierto de vellosidades a las que se adhieren los granos de polen, y al moverse entre las flores femeninas van liberando y asegurando la polinización de éstas (Riquelme 2019).

Estos insectos visitan las flores femeninas por error, inducidos por el olor a anís. En América, uno de los insectos que mejor se ha establecido en las plantaciones es *Elaeidobius kamerunicus*, lo que ha permitido diseñar un sistema de polinización, capturando dichos insectos en cultivos de más de 7 años de edad y liberándolos más tarde el cultivos jóvenes. La liberación de estos polinizadores obedece a un sistema que asegure una población de 20.000 insectos/ha^{-1} cada tres días. Con este sistema de polinización, el porcentaje de polinización es de 80 % (Riquelme 2019).

Riquelme (2019) estima que ambas modalidades de polinización se suspenden entre el sexto y séptimo año de edad de las palmas, que es cuando la emisión de flores masculinas es suficiente para abastecer la necesidad de polen y los insectos polinizadores ya establecidos aseguran de esta manera la fructificación de las flores femeninas de forma natural. El porcentaje de fructificación en este periodo alcanza el 85-95 % de frutos normales.

Alcívar y Romero (1992) manifiestan que se observó que es factible

realizar la polinización asistida en medio líquido ya que el contenido de aceite en el racimo presentó promedios similares a la polinización tradicional. La abertura o no de la inflorescencia no mostró diferencias en la producción de aceite en el racimo.

Estudios realizados demuestran que existen diferencias significativas en la formación de aceite en el racimo cuando se realiza la polinización asistida, en comparación con la polinización libre. Sin embargo, este estudio mostró valores estadísticamente similares para los tratamientos con polinización asistida. Por lo tanto, variaciones en el agente dispersante (agua destilada) y la apertura de la inflorescencia, no generaron un aumento significativo en el contenido de aceite a racimo, con respecto al método tradicional (Díaz 2020).

2.1.4. Métodos de extracción del polen en palma aceitera

La recolecta del polen en el campo, se deberá efectuar en plantaciones que tengan mayor número de inflorescencias masculinas. La edad de las palmas a las cuales se les recolecta la inflorescencia oscila entre los 5 y 12 años. Se determinaran los criterios y frecuencias de recolecta de polen en inflorescencias masculinas encontradas. Las inflorescencias recolectadas, fueron aisladas por medio de una bolsa de manta con el objetivo de evitar contaminaciones y pérdidas, logrando de esta manera la mayor cantidad de polen posible y de mejor calidad (Labín 2016).

La cosecha del polen se deberá efectuar en plantaciones dotadas de muchas inflorescencias masculinas. Las coronas también han de tener un acceso fácil; por lo tanto se suele buscar el polen en cultivos de 6 a 8 años. Sólo se visitará una hilera de cada ocho, con el fin de no estorbar la polinización natural de la parcela. Se debe embolsar las inflorescencias para recuperar la mayor cantidad posible de polen, limitando la intrusión de insectos. La bolsa, cuya dimensión será de 0,70 x 0,60 m, puede ser de papel fuerte, o de tela, de las utilizadas en fecundación artificial en estaciones de investigación agrícola (Arnaud 1980).

Ortiz et al. (2019), el polen de las plantas masculinas se recolecta cuando sus inflorescencias están abiertas o la espata comienza a romperse. Las inflorescencias se cortan y se llevan a una sala de almacenamiento, donde se eliminan las espatas y a medida que las flores se secan, se libera el polen sobre una cama de papel, generalmente con la ayuda de alguna sacudida de la inflorescencia.

Una vez aislada la inflorescencia masculina y transcurrido el tiempo necesario para llegar al estado de antesis (de 8 a 12 días después del aislamiento), cuando se evidencia la presencia de polen en más del 70 % de las espiguillas, se debe realizar la cosecha del polen. Inicialmente se verifica la proporción de flores en antesis y la presencia de insectos en el interior de la bolsa (Sánchez et al. 2011).

El polen se recoge y puede almacenarse bajo refrigeración hasta su uso en la polinización. Existen diversas técnicas para extraer el polen dependiendo de la cantidad a almacenar (Arias et al. 2016), siendo las más comunes:

- Extracción de inflorescencias masculinas: Las inflorescencias se colocan encima de bandejas de alambre de malla o estantes con un recipiente debajo para atrapar el polen seco que cae de las flores, siendo este método el más común.
- Extractor mecánico de polen: La automatización de esta máquina puede variar, pero comúnmente se compone de un barril giratorio al cual se le introducen las inflorescencias maduras y de un agitador para filtrar el polen de otros materiales. (Arias et al. 2016)

2.1.4.1. Pasos para recolección del polen:

Labín (2016) relata que la primera actividad es identificar la etapa de pre-antesis en las inflorescencias masculinas, debido a que es una etapa que permite manipular la inflorescencia con mayor facilidad. También en la mencionada etapa, debido a la elongación que presenta la inflorescencia, se provoca la

ruptura total de las brácteas pedúnculo lo cual permite que las espiguillas se encuentren más separadas entre sí. Se caracteriza por ser de un color café.

En el momento de tomar la inflorescencia, antes de cortar el pedúnculo se recomienda colocar otra banda elástica por encima de la primera, con el propósito de evitar que se mezcle con el polen en el momento de sacudir la bolsa. Luego se procede a cortar la inflorescencia, retirándola con cuidado y se traslada a un cuarto climatizado (22-25°C y 70 % HR), donde se iniciará el proceso de secado del polen por un período que varía entre 12 y 24 horas (Sánchez et al. 2011).

Se efectúa el embolsamiento muy a principios de la florescencia, cuando algunas flores llevan granos de polen en la tercera parte proximal de espigas. La precisión sobre el grado de embolsamiento permite cortar sistemáticamente todas estas inflorescencias al cabo de tres días. Este método facilita mucho el trabajo del cosechero, que no tiene que preocuparse por el grado de florescencia de la inflorescencia. La cantidad de polen seco cosechada por inflorescencia es 10 a 30 g como promedio, aumentando con el tamaño de las inflorescencias, como también, con el peso de racimos, con la edad de las palmas (Arnaud 1980).

Posteriormente se efectúa la limpieza de la inflorescencia de la siguiente manera: inicialmente, con el machete se quitan las espinas de las hojas vecinas que se encuentran cerca obstaculizando a la inflorescencia. Luego con el cuchillo se elimina la bráctea pedúnculo que consiste en retirar la estructura fibrosa que cubre a la inflorescencia (Labín 2016).

El autor antes mencionado sostiene que el aislador debe identificar la etapa de pre – antesis de la inflorescencia masculina. Conocer los dos tipos de colores que presenta la inflorescencia las cuales son; a) verde b) café. Ya teniendo la base del pedúnculo limpia, se procede a colocar la bolsa de manta especialmente diseñada para el aislamiento de la inflorescencia masculina

El polen debe ser recolectado de palmas de 7 a 10 años de edad, cuyas inflorescencias masculinas presenten las 3/4 partes de sus flores individuales abiertas. Esta labor debe realizarse en horas de la mañana con temperaturas de

25 ° a 30°C. El polen se traslada a un local cerrado donde se tamiza, luego se seca a 38°C de temperatura por 24 horas y queda listo para su utilización inmediata. En el caso que se desee utilizar posteriormente, se coloca en fundas de plástico que se almacenarán a temperaturas menores de 18°C (Alcívar y Romero 1992).

Respecto al procedimiento para realizar el aislamiento de las inflorescencias femeninas, es idéntico al de las masculinas. Sin embargo, cabe resaltar algunos de los momentos más críticos del procedimiento, en los cuales se pueden cometer más errores. Sin lugar a dudas uno de los pasos claves del proceso es la identificación del estado óptimo de la inflorescencia para el aislamiento. Su importancia radica en la facilidad para la ejecución de la labor, la reducción del riesgo de contaminación y la mayor precisión para estimar los días en los que la inflorescencia femenina estará en antesis (Sánchez et al. 2011).

Las bolsas para aislar están elaboradas de manta 100 % de algodón, lo cual le permite el intercambio gaseoso, que le proporciona las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para que la inflorescencia pueda terminar su proceso de desarrollo, así mismo ver las medidas de la bolsa utilizada en campo. Para terminar se le coloca una banda de hule al final para sujetar la bolsa a la base del pedúnculo de la inflorescencia. Se procede a la identificación de las inflorescencias masculinas que se han aislado en el campo. Por último, se procede a cortar las inflorescencias aisladas que presentan la etapa de antesis (Labín 2016).

Cuando el observador encuentra una inflorescencia en el estado óptimo para el embolsamiento, trepa al árbol cortando previamente con una podadora las espinas peligrosas en la base de los pecíolos y saca el pendúnculo de la inflorescencia suprimiendo las espatas, metiendo luego la bolsa y ligándola en la base del pedúnculo con una tira de caucho (Arnaud 1980).

Es de vital importancia atribuir lo mencionado por Bámaca (2015) en la actividad de recolección del polen de las plantas de palma aceitera debe ser cuando en el cultivo se presenta la mayor incidencia en la abertura de las

estapas, entre las 8:30 am, y las 2:00 pm, escogiendo según la disponibilidad inflorescencias masculinas en estado de antesis.

La prueba de viabilidad, comprende, la germinación de una muestra de polen en un medio de cultivo compuesto por 100 cc de agua destilada, 1.5 g de agar y 20 g de sacarosa. Diluir el agar en el agua destilada que está calentándose, luego añadir la sacarosa, continuar calentando la mezcla hasta la ebullición. La solución se coloca en cajas de Petri (20 cc por caja), dejar enfriar y solidificar. Espolvorear la muestra de polen sobre la superficie del medio, tratando de dispersarla homogéneamente, colocar los platos de Petri conteniendo el polen en una estufa a 38 ºC durante cuatro horas, tiempo en el cual se produce la germinación. (Alcívar y Romero 1992)

2.1.5. El Boro en la fertilidad del polen en palma aceitera

La deficiencia de boro afecta más severamente al crecimiento reproductivo que el vegetativo, tal vez porque se reprimen la síntesis de citoquininas y la germinación del polen, cuyo tubo polínico emerge con malformaciones que le impiden alcanzar el saco embrionario. El rendimiento también puede disminuir debido a la fecundación insuficiente, causada por la pobre germinación del polen y las malformaciones de los tubos polínicos. (Gutiérrez y Torres 2013)

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Para la elaboración del documento se tomó en cuenta el método bibliográfico, recopilando información de revistas, bibliotecas virtuales, artículos científicos, libros, manuales y tesis, que contribuyeron al desarrollo del presente documento que sirvió como componente práctico del trabajo de titulación.

La información obtenida fue analizada a fin de obtener información relevante sobre los parámetro de la extracción del polen en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq).

2.3. RESULTADOS

La extracción del polen de la palma aceitera, es un proceso indispensable para obtener una óptima fecundación y a su vez incrementar su productividad en los cultivos comerciales de palma aceitera.

Las palmeras jóvenes sufren un mala fructificación, que se debe a una polinización natural insuficiente producto de la consecuencia del bajo número de inflorescencia masculina en antesis o en una mala diseminación del polen.

El polen debe ser recolectado de palmas de 7 a 10 años de edad, cuyas inflorescencias masculinas presenten las 3/4 partes de sus flores individuales abiertas. Esta labor debe realizarse en horas de la mañana con temperaturas de 25 a 30 °C.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El proceso de extracción del polen de palma aceitera, promueve una óptima fecundación y a su vez incrementar su productividad en los primeros años de cosecha, debido a que durante los primeros años de cosecha de la palma africana, desde los tres a ocho años de cultivo establecido, generalmente la producción de polen es insuficiente para que se realice la polinización cruzada anemófila (viento) o entomófila (insectos), dando lugar a fallas en la fecundación de las inflorescencias femeninas lo que origina bajos rendimientos. Por esta razón, se recomienda la “polinización asistida” como una práctica para incrementar los rendimientos (Ramírez y Romero 2016).

Las palmeras jóvenes sufren un mala fructificación, que se debe a una polinización natural insuficiente producto de la consecuencia del bajo número de inflorescencia masculina en antesis o en una mala diseminación del polen, destacándose que la palma africana produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y de forma separada en una misma planta, de tal manera

que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Por ello, se necesitan agentes polinizadores que aseguren una buena fructificación. La acción del viento y de las abejas para trasladar el polen es muy pobre, viéndose esta situación aún más comprometida con los materiales genéticos de alta producción de racimos, que durante los dos o tres primeros años de producción emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninos (Riquelme 2019).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

La palma africana produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y de forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Por ello, se necesitan agentes polinizadores que aseguren buena fructificación.

La polinización natural por el viento, abejas y otros insectos, no garantiza altos rendimientos, por lo que es necesario de una técnica artificial para su producción comercial, debido que con esta técnica el aumento del peso de racimos puede representar un promedio de 25 % y la operación resulta muy rentable y el otro método es el manual que consiste en extraer con un algodón polen y colocarlos encima de una bandeja de malla de alambre con bandeja en la parte de abajo que permitir{a atrapar el polen seco.

El método más común para extraer el polen de palma aceitera es: Extracción de inflorescencias masculinas (Las inflorescencias se colocan encima de bandejas de alambre de malla o estantes con un recipiente debajo para atrapar el polen seco que cae de las flores, siendo este método el más común) y el extractor mecánico de polen (La automatización de esta máquina puede variar, pero comúnmente se compone de un barril giratorio al cual se le introducen las inflorescencias maduras y de un agitador para filtrar el polen de otros materiales).

3.2. RECOMENDACIONES

Extraer el polen de la palma aceitera en época seca, no en época lluviosa, debido que, en el invierno los granos de polen pueden descomponerse por la humedad.

Los utensilios que se utilizan en el laboratorio para determinar la fertilidad conocida como prueba de viabilidad, del polen recolectado deben estar debidamente desinfectados, con el propósito de evitar la presencia de hongos en el ensayo.

La polinización asistida es la mejor recomendada para concurrir la fecundación no natural en los cultivos de palma aceitera, debido que los resultados productivos son altos en comparación a los otros método de fecundación, además de ser un método donde no existen transmisiones de enfermedades.

Los niveles de Boro en los cultivos deben ser idóneos, ya que la ausencia de este elemento afecta directamente con la producción de polen en la palma aceitera.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Al-Khalifah, NS. 2006. Metaxenia: Influence of pollen on the maternal tissue of fruits of two cultivars of date palm (Phoenix dactylifera L.). Bangladesh Journal of Botany 35(2):151-161.

Alcívar, R; Romero, A. (1992). Polinizacion asistida en el cultivo de palma africana (en línea). Ecuador, s.e. Disponible en https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3552/9/iniapeesdbd217.pdf.

Arias, E; Hodder, AJ; Oihabi, A. 2016. FAO support to date palm development around the world: 70 years of activity. Emirates Journal of Food and Agriculture 28(1):1-11. DOI: https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-10-840.

Arnaud, F. 1980. Polinización asistida en las plantaciones de palma aceitera (1). Revista Palmas 1(1):33-38.

Awad, MA. 2010. Pollination of date palm Phoenix actylifera L. cv. Khenazy by pollen grain-water suspension spray. Journal of Food, Agriculture and Environment 8(3-4 PART 1):313-317.

Bámaca, E. 2015. Monitoreo de insectos polinizadores en palma africana durante

la epoca lluviosa; Coatepeque, Quetzaltenango. s.l., Universidad Rafael Landívar. 78 p.

Díaz, D. 2020. Comparación de Estructura de Costos con Aplicación de Hormonas en la conformación de Racimos en Palma de Aceite Comercial (Var. Irho Cabaña) en la Plantación agropecuaria Macolla S.A.S. (en línea). s.l., Universidad de los Llanos. 62 p. Disponible en chrome-extension://ehttps//repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1630/COMPARACION DE ESTRUCTURA DE COSTOS CON APLICACION DE HORMONAS EN LA CONFORMACIÓN DE RACIMOS EN PALMA DE ACEITE COMERCIAL %28VAR.IRHO CABAÑA%29 EN LA PLANTACION AGROPECUARIA MACOLLA S.A.S.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García, C; Salomón, R; Montero, G; Chávez, D; Ortiz, N; Ruiz, N; Coronado, M; Curiel, M. 2019. Effect of pollen sources on yield oil extraction and fatty acid profile of the date seed (Phoenix dactylifera L.) cultivar Medjool from Mexico. Grasas y Aceites 70(3). DOI: https://doi.org/10.3989/gya.0936182.

Gutiérrez, M; Torres, J. 2013. Sintomas asociados a la deficiencia de boro en la palma aceitera (en línea). Agronomá Mesoamericana 24(2):441-449. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/437/43729228021.pdf.

Labarca, M; Portillo, E; Portillo, A; Morales, E. 2008. Estructuras reproductivas y polinización entomófila en tres lotes comerciales de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) en el estado Zulia, Venezuela (en línea). Revista de la Facultad de Agronomia 26(1):1-22. Disponible en http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-70349394109&partnerID=tZOtx3y1.

Labín, M. 2016. Estudio del método de recolecta, transporte y almacenamiento para prolongar la viabiliadad del grano de polen de palma africana (Elaeis guineensis Jacq), Las Palmas S.A. La Gomera, Escuintla, Guatemala, C.A. (en línea). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 104 p. Disponible en http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano Guevara%2C Karen Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD DE

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Leguizamon, O. 2018. Evaluación a escala comercial de la polinización asistida en medio líquido palma adulta material híbrido cruzamiento Coari x La Mé (en línea). s.l., Universidad Nacional Abrierta y a Distancia. 1-13 p. Disponible en http://dx.doi.org/10.1186/s13662-017-1121-6%0Ahttps://doi.org/10.1007/s41980-018-0101-2%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cnsns.2018.04.019%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cam.2017.10.014%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2011.07.041%0Ahttp://arxiv.org/abs/1502.020.

Muhtaseb, J; Ghnaim, H. 2006. Effect of pollen source on productivity, maturity and fruit quality of «Hayyani» date palm. Journal of Applied Horticulture 08(02):170-172. DOI: https://doi.org/10.37855/jah.2006.v08i02.39.

Ortiz, N; Salomón, R; Krueger, R. 2019. Date palm status and perspective in Mexico. Agriculture (Switzerland) 9(3):1-15. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture9030046.

Reyes, J; Chong-Qui, J. 2022. Efecto de la polinización asistida, la fertilización balanceada y el Quitosano, en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis). s.l., s.e.

Riquelme, D. 2019. Diseño de una planta procesadora de compostaje a partir del raquis de la extracción de aceite de palma africana para la empresa extractora Río Manso EXA S.A (en línea). s.l., Escuela Superior POlitécnica de Chimborazo. 83 p. Disponible en http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11055.

Salomón-Torres, R; Krueger, R; García-Vázquez, JP; Villa-Angulo, R; Villa-Angulo, C; Ortiz-Uribe, N; Sol-Uribe, JA; Samaniego-Sandoval, L. 2021. Date palm pollen: Features, production, extraction and pollination methods. Agronomy 11(3):1-21. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11030504.

Salomon, R. 2021. Extracción de Polen , su Aplicación y Efecto en la Calidad del Fruto del Dátil. (October 2019).

Sánchez, A; Steve, E; Ruiz, R; Romero, H. 2011. Polinización asistida en palma

de aceite híbrido OxG (en línea). COlombia, SENA. 170 p. Disponible en https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/107703/GM Polinización asistida en palma de aceite.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Zambrano, C. 2019. Caracterización de la viabilidad del polen de palma datilera (Phoenix dactylifera L.) almacenado en diversos periodos de conservación (en línea). s.l., Universidad Estatal de Sonora. 65 p. Disponible en chrome-exhttp://investigacionyposgrado.ues.mx/archivos/repositorio/05922019 Carlos Zambrano Reyes.pdf.

4.2. Anexo

Figura 1. Inflorescencia masculina en antesis

Figura 2. Desprendimiento de polen de la inflorescencia masculina. A. Inflorescencia recién cortada. B. Desprendimiento del polen. C. Inflorescencia sin polen.

Figura 3. Colocación de algodón y bolsa de aislamiento en inflorescencia femenina. A. Infloresencia femenina limpia. B. Colocación del algodón en la base del pedúnculo. C. Colocación de bolsa de aislamiento

Figura 4. Inflorescencia aislada en antesis sin presencia de insectos polinizadores

Figura 5. Polinización aislada para producción de semillas. A. Verificación de presencia de insectos. B. Apertura de orificio en la ventana de la bolsa. C. Colocación del equipo de polinización. D, E y F. Aplicación de la mezcla talco:polen.

Figura 6. Inflorescencia polinizada debidamente asegurada. A. Sellado del orificio donde se realiza la aplicación de la mezcla mediante cinta adhesiva. B. Forma de sacudir la bolsa de aislamiento