

**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**

**Deina Katerine Díaz Oviedo**

**Universidad de los Llanos**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**

**Escuela de Ingeniería en Ciencias Agrícolas**

**Programa de Ingeniería Agronómica**

**Villavicencio-Meta**

**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**

**Deina Katerine Díaz Oviedo**

**Pasantía Como Opción de Grado Presentada Como Requisito Para Optar El Título  
De Ingeniero Agrónomo**

**Director:**

**Ing. Nidya Carmen Carrillo**

**Ms En Producción Vegetal**

**Universidad de los Llanos**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**

**Escuela de Ingeniería en Ciencias Agrícolas**

**Programa de Ingeniería Agronómica**

**Villavicencio-Meta**

**2020**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

### **Agradecimientos**

Primero, a Dios por ser el pilar fundamental en mi vida y permitirme siempre ser fuerte ante cualquier circunstancia estando conmigo en cada paso que doy.

A mis padres Mirian Oviedo y Cecilio Díaz por su inalcanzable esfuerzo, amor incondicional para brindarme lo mejor y a mis hermanos por la motivación y su apoyo.

A la directora de la investigación, Nydia Carmen Carrillo por su apoyo, al docente Jorge Rangel por la acertada orientación, el seguimiento y la supervisión continúa del proyecto.

...

## Contenido

		<b>Pág.</b>
1	Introducción	14
2	Objetivos	16
	2.1 Objetivo General	16
	2.2 Objetivos Específicos	16
3	Justificación	17
	3.1 Planteamiento del Problema	17
4	Revisión de Literatura	20
	4.1 Estructura de polinización asistida en plantaciones comerciales	23
	4.1.1 Indicadores de polinización.	24
	4.1.2 Estructura de costos: directos e indirectos en el cultivo de palma.	25
	4.1.3 Requerimientos de personal, materiales e insumos	28
	4.2 Polinización Asistida	30
	4.3 Recolección de Polen	31
	4.4 Ácido Naftalenacético (ANA) y su aplicación en Palma de Aceite	32
	4.4.1 Implemento para la polinización.	33
	4.5 Aplicación en campo de la mezcla en plantas de diferente altura.	36
	4.5.1 Censo de inflorescencia.	37
	4.5.2 Estados florales ideales para la polinización asistida.	38
	4.5.3 Identificación de los estados fenológicos de las inflorescencias	40
	4.6 Estadio principal de crecimiento 6: Floración	40
	4.7 Estimado de producción según el desarrollo de racimo	42
	4.8 Identificación de los Estados de desarrollo y floración del racimo	43
	4.8.1 Estadio principal de crecimiento 8: maduración de la fruta y manojó	44

5	Metodología	46
5.1	localización	46
5.2	Área de trabajo	47
6	Resultados	49
6.1	Costos de Producción	49
6.2	Costos de polinización asistida y artificial.	50
6.3	Costos de herramientas para aplicación de mezcla.	51
6.4	Costos de producción de la palmera.	51
6.4.1	Dosis de las mezclas.	52
6.4.2	Censo de inflorescencia.	52
6.4.3	Promedio de flores por lote.	54
6.4.4	Estados de la inflorescencia	54
6.4.5	Forma de aplicación.	55
7	Conclusiones	58
8	Referencias Bibliográficas	59

## Lista de Imágenes

	<b>Pág.</b>
Imagen 1 Estructura de polinización asistida en plantaciones comerciales	24
Imagen 2 Recorrido de polinizador en campo.	36
Imagen 3 Esquema de recorrido en campo para polinizar en palma joven.	36
Imagen 4 Esquema de recorrido en campo para polinizar en palma adulta.	37
Imagen 5 Color de lóbulos en 24 horas cuando se poliniza.	40
Imagen 6 Estadio de crecimiento 6: crecimiento.	41
Imagen 7 . Proceso de formación de racimo.	42
Imagen 8 Estadio de crecimiento 7: desarrollo de fruto.	44
Imagen 9 Estadio de crecimiento 8: maduración de la fruta y manojos.	45
Imagen 10 Ubicación geográfica del Municipio Maní-Casanare	46

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Producción de aceite de palma en crudo por zonas (Miles de toneladas).	21
Tabla 2 Cultivo de palma de aceite en Maní Casanare.	23
Tabla 3 Costos directos e indirectos.	26
Tabla 4 Costos de <i>Elaeis guineensis</i> .	26
Tabla 5 Costos de Híbrido OxG.	27
Tabla 6. Costos de polinización asistida y artificial.	50
Tabla 7. Costos de herramienta para aplicación de la mezcla.	51
Tabla 8. Costos de producción de la plantación.	51
Tabla 9. Dosis de la mezcla.	52
Tabla 10. Censo de inflorescencias.	53
Tabla 11. Registro de flores polinizadas.	55
Tabla 12. Comparación de racimos formados en los tres estados de inflorescencia.	57



**Lista de graficas**

	<b>Pág.</b>
Grafica 1 Producción de aceite de palma en crudo por zonas (Miles de toneladas).	20
Grafica 2 Producción y rendimiento del cultivo de palma de aceite	21
Grafica 3 Producción y rendimiento del cultivo de palma de aceite en el departamento de Casanare. 2013- 2017	22
Grafica 4 Producción y formación de inflorescencias.	29

**Lista De Fotografías**

	Pág.
Fotografía 1 Termo para	33
Fotografía 2 Pera y manguera	33
Fotografía 3 Gancho de destape	33
Fotografía 4 Polen.	34
Fotografía 5 Poliniza (Talco-Hormona ANA).	35
Fotografía 6 . Inflorescencia buena.	39
Fotografía 7. Inflorescencia polinizada.	39
Fotografía 8. Inflorescencia ayudada.	39
Fotografía 9 Pre-antesis	54
Fotografía 10 Antesis	54
Fotografía 11 Post-antesis	54

## Resumen

Los cultivos de palma de aceite comercial, tradicionalmente polinizada por el coleóptero *Elaeidobius kamerunicus* se han visto afectados por enfermedades y cambios climáticos que disminuyen la producción de sus frutos. Por esto, se ha recurrido a la aplicación de fitohormonas; en este caso auxinas específicamente (ANA) como refuerzo del polen para contribuir en el proceso de polinización asistida sin dejar perder las inflorescencias en estado de pos-antesis, aumentando el tamaño del fruto por racimo.

Los altos índices de tecnología alcanzados por el cultivo de la palma han generado parámetros de medición que pueden ser utilizados por las plantaciones como herramientas de apoyo en el desarrollo de actividades operativas y administrativas del cultivo. Una de dichas actividades es el censo de inflorescencia o monitoreo de producción, que consiste en evaluar o medir cada cuatrimestre la cantidad de racimos que estarán disponibles para ser cosechados en los próximos cuatro meses, y el censo o monitoreo de floración masculina y de población de polinizadores, que consiste en registrar periódicamente de un área predeterminada la floración masculina y femenina en antesis.

Esta información apoya el mejoramiento de la producción agrícola en el cultivo y de los rendimientos de aceite. Los dos parámetros de medición manejados metódicamente han permitido contar con una proyección de la producción cuatrimestral muy ajustado a la realidad, con una variación de alrededor del 5% de lo previsto. Comparado con los presupuestos anuales, esto muestra con más oportunidad la variación de la producción que se pueda presentar en un momento dado, lo cual permite mejorar el manejo del cultivo y su administración.

Con este proyecto se busca analizar la efectividad de aplicaciones de hormona que incentiva la formación de frutos y racimos uniformes en el material IRHO CABAÑA, teniendo en cuenta

tres aspectos importantes: el estado de la inflorescencia, el periodo de la palma y el tiempo transcurrido entre aplicaciones. Se realiza en la plantación Agropecuaria Macolla ubicada a 61 km de Maní en el departamento de Casanare.

### **Abstract**

Commercial oil palm crops, traditionally pollinated by the coleoptera *Elaidobius kamerunicus* have been affected by diseases and climate changes that decrease the production of its fruits. For this reason, the application of phytohormones has been used; in this case specifically auxins (ANA) as a reinforcement of pollen to contribute to the assisted pollination process without losing the inflorescences in post-anthesis state, increasing the size of fruit per cluster.

The high technology rates achieved by palm cultivation have generated measurement parameters that can be used by plantations as operational and administrative activities of the crop. One such activity is the census of inflorescence or production monitoring, which consists of evaluating or measuring each quarter the number of clusters that will be available to be harvested in the next four months, and the census or flowering monitoring male and pollinator population, which consists of periodically recording male and female flowering in an anthesis from a predetermined area.

This information supports the improvement of agricultural production in cultivation and oil yields. The two methodically managed measurement parameters have allowed for a quarterly production budget that is very close to reality, with a variation of about 5% than expected. Compared to annual budgets, this shows with more opportunity the variation in production that can be presented at any given time, which allows to improve the management of the crop and its administration.

This project seeks to analyze the effectiveness of hormone applications that encourage the formation of uniform fruits, and clusters in the IRHO CABAÑA material, taking into account three important aspects: the state of the inflorescence, the palm period and the elapsed time between applications. It takes place on the Agropecuaria Macolla plantation located 61 km from Maní in the department of Casanare.

## 1 Introducción

A partir del crecimiento de los monocultivos y el desarrollo de las actividades agrícolas a nivel mundial, los cultivos de palma se han posicionado como una de las prácticas agrícolas en crecimiento. Desde los años noventa el área ocupada por el cultivo de palma de aceite se ha expandido mundialmente, alrededor de un 45% aproximadamente debido a la demanda de India, China y Europa. Se espera que a 2020 la demanda de aceite de palma, se duplique, teniendo en cuenta que, en la actualidad, la palma de aceite brinda una producción de 50.518.000 millones de toneladas (UNEP, 2011).

El negocio de esta oleaginosa es considerado como uno de los más rentables económicamente a nivel mundial, sin embargo, su implementación ha despertado grandes inquietudes a raíz de sus métodos de cultivo y extracción, las cuales son causantes de serios impactos sobre el medio ambiente (Mingorance, Minelli, & Du, 2004).

La palma de aceite es la oleaginosa más productiva del planeta; una hectárea sembrada produce entre 6 y 10 veces más aceite que las demás. Colombia es el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primero en América. El cultivo está presente en cuatro zonas de Colombia: Norte, Oriental, Central y Suroccidente, que abarcan 161 municipios en 21 departamentos alrededor del país, siendo su área sembrada de 537.176 hectáreas aproximadamente, de las cuales solo se encuentran en producción 464.166 ha (Cenipalma, Fedepalma, 2019). La palmicultura es una de las actividades agrícolas más prometedoras como eje para alcanzar el desarrollo nacional (Pertuz & Santamaría, 2014). En Colombia, los cuestionamientos relacionados al cultivo de palma se han concentrado en conflictos de tierras en áreas puntuales; sin embargo, el país cuenta con una amplia disponibilidad de áreas para aumentar el cultivo sin sacrificar bosques primarios. El Departamento del Casanare abarca 3

municipios con la mayor productividad de aceite de palma; correspondientes a Orocué, Villanueva y Tauramena; participando con un 11,3% del total del área sembrada en el país, generando un impacto socio económico de 18.816 empleos en las zonas (Fedepalma, En Casanare hay sembradas 44.221 hectáreas de palma africana, 2018).

La rentabilidad del cultivo de palma de aceite se basa en la producción de racimos de fruta fresca para la extracción de aceite. Los racimos son el resultado de la fecundación de inflorescencias femeninas, que tan pronto son polinizadas inician la formación de los frutos normales, mediante la ocurrencia de una serie de procesos bioquímicos que culminan con la biosíntesis y el almacenamiento de los triglicéridos (aceite).

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Calcular la efectividad de la aplicación ANA mediante la polinización asistida en tres estados diferentes de la flor.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la estructura de costos de la aplicación y su impacto en la estructura de costos del cultivo.
- Identificar las mezclas de polen-talco-hormona para aplicar, teniendo en cuenta las hectáreas de cada lote según el censo de inflorescencia.
- Establecer el censo de inflorescencias y el estado ideal de la flor femenina para la aplicación de la hormona en la polinización asistida.



### **3 Justificación**

El documento producto del presente proyecto, tiene como fin mostrar la información sobre los costos de producción implementando la polinización asistida con hormonas en palma de aceite aplicado a la variedad IRHO CABAÑA, quien tiene un porcentaje de extracción de aceite de 9% (PalmElit, 2017). La empresa Agropecuaria Macolla S.A.S aprueba realizar el ensayo en campo, ya que, tiene la necesidad de conocer la relación de costo de la actividad en cuanto a insumos, personal, herramienta y pago de labor; adicional a esto, ver como al realizar las aplicaciones de hormona la producción de flores aumenta y por ende mayor producción.

#### **3.1 Planteamiento del Problema**

La palma africana es la especie más productiva entre las plantas oleaginosas. Su principal aporte es el aceite y subproductos que permiten agregar valor a toda una cadena de explotación agroindustrial. Cabe destacar que el 56% del total de las grasas y aceites que se consumen en Colombia como alimento humano proviene de derivados de la palma. Se observa a menudo, especialmente en palmeras jóvenes, una mala fructificación, que se debe a una polinización natural insuficiente, como consecuencia del bajo número de inflorescencias masculinas en antesis o una mala diseminación del polen.

En general se observa una reducción en la calidad de los racimos de palma a nivel nacional, reflejada en el bajo peso del racimo, formación inadecuada, y bajo número de frutos por racimo; llevando consigo la consecuencia de una baja extracción de aceite, según lo notificado en la extractora. La Federación de Palmicultores de Colombia (Fedepalma) identifica esta situación con la baja presencia de agentes polinizantes naturales, la cual es suplida con técnicas de polinización asistida. Sin embargo, se hace juego con las condiciones ambientales que han provocado que la polinización asistida no logre aumentar la productividad y rentabilidad del

cultivo. En la zona oriental, más exactamente hacía el departamento de Casanare, según las estadísticas de (Agronet, MINAGRICULTURA, 2017); la producción de frutos de aceite de palma ha disminuido; por lo que se han tomado nuevas técnicas de polinización en plantaciones comerciales como la implementación de hormonas reguladoras para su aplicación como complemento de la polinización asistida.

La polinización es de gran importancia ya que la producción de racimos de una palma depende del número y peso de los mismos; para su rendimiento es opcional la implementación de la polinización asistida, debido a 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. En los híbridos la tasa de extracción de aceite es alta (17%) por su polinización asistida (Peña, 2019); pero en palma comercial ocurre (11%) lo contrario (Bastidas, 2013), su polinización es manejada mediante la implementación de insectos himenópteros y dípteros; ya que es capaz de producir tanto flores femeninas como masculinas fértiles para su fácil proliferación de granos de polen; esto no asegura que tenga un buen proceso de polinización. Existen estudios donde se han utilizado la implementación de hormonas en la polinización asistida en híbridos para mayor rendimiento en cuanto a su extracción de aceite, pero en palma comercial aún no se encuentran.

La palma comercial es un material que contiene fibra con un porcentaje de extracción de hasta el 30% de aceite y cuesco de gran tamaño (Ecara, 2010), lo que se quiere hacer con este proyecto es implementar hormonas en la aplicación de polen de manera asistida, en tres estados de la flor a libre ambiente para observar si dichas hormonas también producen cambios en el racimo incrementando el número de frutos y el mesocarpio para mayor porcentaje de extracción de aceite como ocurre en ciertas variedades de palma híbrida.

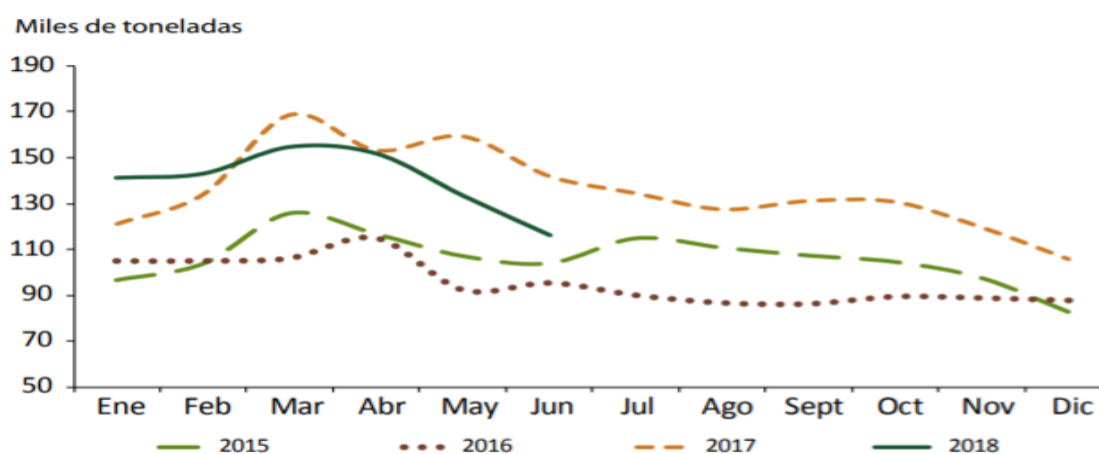
En la plantación Agropecuaria Macolla S.A.S se desconoce la cantidad de inflorescencias, la concentración de la mezcla de hormona y polen y por supuesto el costo de producción al introducir el uso de dichas hormonas en la polinización asistida.

#### 4 Revisión de Literatura

El cultivo de palma de aceite en Colombia sólo ha cumplido una generación, y su establecimiento no fue fácil, teniendo en cuenta que fue introducida de África; sin embargo, genera gran demanda en el sector agropecuario por ser una planta con alto porcentaje de aceite en comparación con otras plantas oleaginosas. La tasa de extracción del beneficio de la palma depende primordialmente del éxito que se tenga en el número de flores polinizadas, uno de los principales problemas de la baja eficacia de polinización, se traduce al escaso número de frutos normales y un alto número de frutos partenocárpicos y de flores abortadas, lo que a su vez se refleja un baja extracción de aceite en el racimo (Dominguez J. , 2014)

El Sector palmero colombiano evidenció un decrecimiento a nivel Nacional en la producción de aceite de palma durante el segundo trimestre de 2018 (-12%), a diferencia del primer trimestre del año donde la producción de aceite de palma aumentó 3%. Particularmente, durante el segundo trimestre se produjeron 400.911 toneladas de aceite de palma crudo, con lo cual se alcanzaron 839.333 toneladas al cierre del primer semestre del año. (Fedepalma, BOLETTÍN ECONÓMICO, 2018)

**Grafica 1 Producción de aceite de palma en crudo por zonas (Miles de toneladas).**



Fuente: Fedepalma. (2018). En Casanare hay sembradas 44.221 hectáreas de palma africana. *PRENSA LIBRE CASANARE*.

**Tabla 1 Producción de aceite de palma en crudo por zonas (Miles de toneladas).**

Zona	Enero - Junio				Variación 17/18	
	2015	2016	2017	2018	Abs	%
Oriental	293,0	282,5	393,9	357,2	-36,7	-9,3 %
Central	172,6	180,5	264,3	253,6	-10,7	-4,1 %
Norte	178,8	142,7	203,6	209,3	5,6	2,8 %
Suroccidental	10,5	12,0	16,5	19,1	2,6	15,7 %
Total	655,1	617,8	878,5	839,3	-39,2	-4,5 %

Fuente: Fedepalma. (2018). En Casanare hay sembradas 44.221 hectáreas de palma africana. *PRENSA LIBRE CASANARE*.

Las zonas Oriental y Central se caracterizaron por tener la mayor participación en la producción nacional de aceite de palma crudo durante el periodo enero-junio de 2018. (Fedepalma, BOLETTÍN ECONÓMICO, 2018)

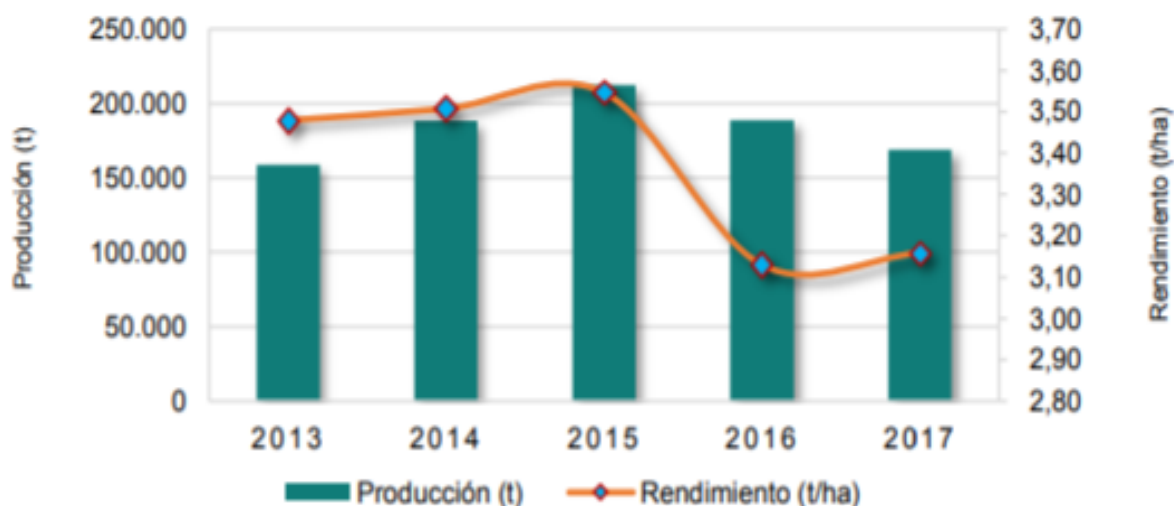
**Grafica 2 Producción y rendimiento del cultivo de palma de aceite en el departamento de Casanare.**



Fuente: Agronet. (2017). *MINAGRICULTURA*. Obtenido de PRINCIPALES CULTIVOS POR AREA SEMBRADA EN 2017.

El rendimiento a nivel nacional en el sector palmero ha disminuido notoriamente, debido a las condiciones climáticas y problemas sanitarios por los que ha pasado el cultivo; pero a esto, también se le suma la caída de precios internacionales, la revaluación del dólar, el desorden en la comercialización local por las nuevas disposiciones regulatorias y las importaciones provenientes de Ecuador, hicieron que el 2018 fuera un año difícil para la palmiticultura colombiana. (Agronet, MINAGRICULTURA, 2017).

**Grafica 3 Producción y rendimiento del cultivo de palma de aceite en el departamento de Casanare. 2013- 2017**



Fuente: Agronet. (2017). *MINAGRICULTURA*. Obtenido de PRINCIPALES CULTIVOS POR AREA SEMBRADA EN 2017.

A nivel regional, la palma de aceite es uno de los principales cultivos aportando un 28% a la economía y desarrollo al departamento de Casanare, su rendimiento ha estado sobre el 3.2 mejorando a comparación del año anterior. (Agronet, MINAGRICULTURA, 2017)

**Tabla 2 Cultivo de palma de aceite en Maní Casanare.**

Municipio	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (t) *	Rendimiento (t/ha)
<b>TOTAL</b>	<b>75.665</b>	<b>53.504</b>	<b>169.001</b>	<b>3,2</b>
Maní	26.136	22.136	70.835	3,2
Villanueva	19.355	10.800	33.480	3,1
Orocué	13.531	10.531	32.646	3,1
Tauramena	10.388	7.489	23.965	3,2
Aguazul	2.385	363	1.125	3,1
Monterrey	1.667	667	2.068	3,1
Nunchía	1.032	753	2.259	3,0
Yopal	805	600	1.920	3,2
San Luis de Palenque	366	165	703	4,3

Fuente: Agronet. (2017). *MINAGRICULTURA*. Obtenido de PRINCIPALES CULTIVOS POR AREA SEMBRADA EN 2017.

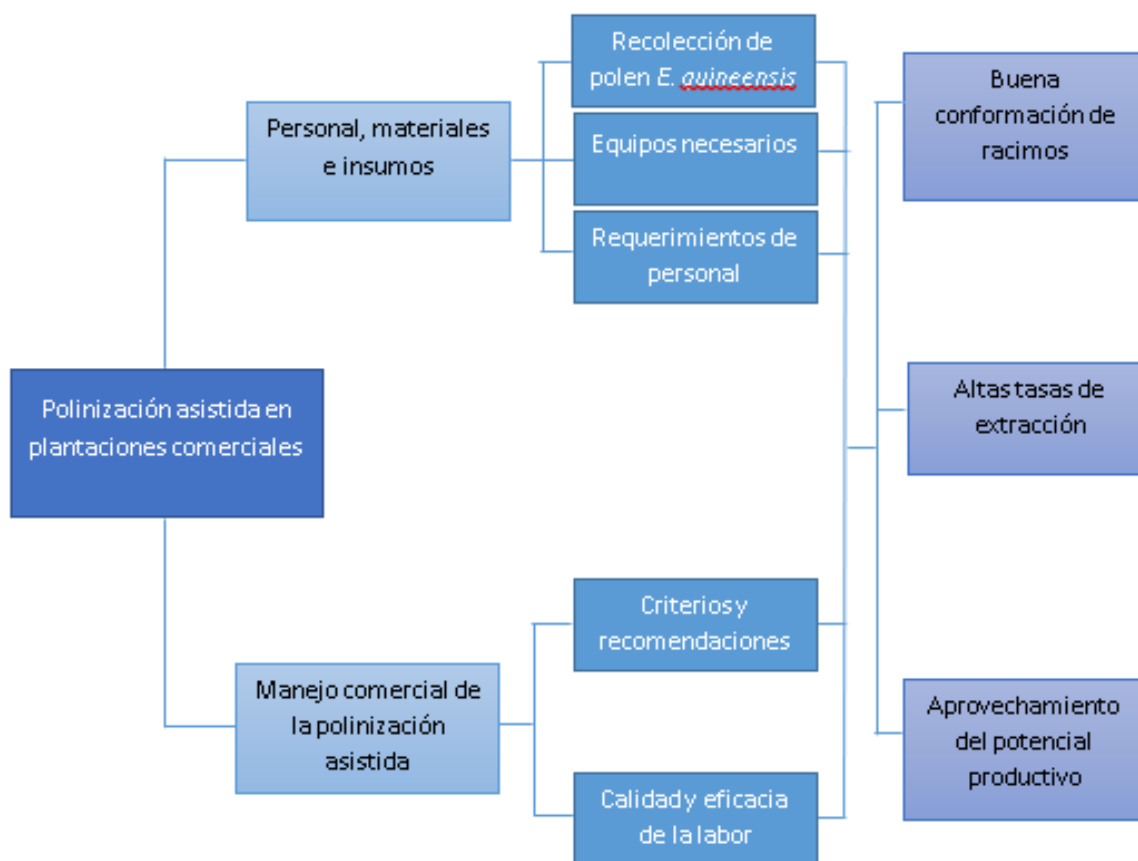
El aporte a nivel municipal en la producción y rendimiento del cultivo de la palma de aceite, el municipio de Maní está encabezando la producción en toneladas por hectárea y su rendimiento se mantiene en un balance promedio en comparación con los demás municipios de la región. Maní es un aportante reciente en cuanto al cultivo de palma de aceite, su desarrollo y crecimiento ha sido significativo en poco tiempo; aun contando con bastante área disponible para el incremento de siembra. (Agronet, MINAGRICULTURA, 2017).

Una de las labores realizadas en el cultivo de palma de aceite para aumentar rendimiento, es la polinización asistida.

#### **4.1 Estructura de polinización asistida en plantaciones comerciales**

Se tiene en cuenta las inflorescencias femeninas a nivel comercial, para planificar y ejecutar con calidad dicha labor. Esto se dirige al personal responsable de organizar y capacitar a supervisores, auxiliares y operarios que ejecutarán la polinización asistida en la plantación.

**Imagen 1 Estructura de polinización asistida en plantaciones comerciales**



1

#### 4.1.1 Indicadores de polinización.

$$\text{Porcentaje de calidad polinizador} = \frac{\text{Total flores} - \text{Flores sin polinizar}}{\text{Total de flores}} * 100$$

Se refiere al cumplimiento de polinizar al total de flores existentes en los tres estados. El % de calidad debe ser mayor al 90%.

*Aplicación de flor = Promedio de observación cualitativa*

**1 = mala; 2= regular y 3= buena**

Se refiere a la calificación que se da por la apertura de las espatas, que cubren la flor y a la vez la forma de aspersión del polen sobre la misma.



Teniendo en cuenta los tiempos de aplicación, los indicadores que se deben tener en cuenta para que la labor se agilice es, la experiencia de la persona en el desarrollo de la actividad, el terreno para movilidad de operario, la altura de la palma y el tamaño de la flor; esta última se tiene en cuenta porque es importante aclarar que las inflorescencias de *E. guineensis* están cubiertas por unas brácteas pedunculares que se van abriendo en sincronía como va cambiando la flor de estado fenológico hasta llegar a su punto ideal (antes de la anthesis) para mayor recepción de granos de polen, lo que permite que la aplicación se realice en menor tiempo (Hormoza & Forero, 2010).

#### **4.1.2 Estructura de costos: directos e indirectos en el cultivo de palma.**

Todas las empresas tienen gastos. Sin embargo, es necesario advertir que no todos los gastos son costos, pues solo se les considera como tal aquellos que forman parte de la actividad ordinaria de la empresa, los que están vinculados a los procesos internos y, por supuesto, los que sean indispensables para el desarrollo del proyecto. (School, 2019).

El estudio de costos de producción de aceite de palma crudo (APC) en Colombia estima los costos que incurren en las empresas, en las fases de cultivo y extracción, para producir una tonelada de aceite de palma crudo. La metodología de medición empleada permite utilizar un patrón estándar para cuantificar los costos de producción.

En el caso de los costos de cultivo, se consulta información sobre las labores de campo, relativa a frecuencia, rendimientos y tarifas. Adicional se tiene en cuenta que el negocio pasa por diferentes etapas; por lo que la edad del cultivo es una variable central de análisis. (Fortanilla, Ruiz, & Uñate, 2016).

**Tabla 3 Costos directos e indirectos.**

COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS
Preparación de terreno	Asistencia técnica
Vías, canales, puentes, alcantarillas	Transporte
Semilla	Control de malezas
Vivero	Polinización asistida
Siembra de palma	Fertilización (Aplicación)
Establecimiento de cobertura (semilla)	Costos de riego
Fertilización (Producto)	Cosecha (Pago por Contratista)
Manejo sanitario (personal)	Maquinaria

Fuente: (Fortanilla, Ruiz, & Uñate, 2016).

### Estructura de costos de una plantación con y sin polinización

**Tabla 4 Costos de *Elaeis guineensis*.**

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE <i>Elaeis guineensis</i>			
Rubro	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Costos de establecimiento (pesos por ha)	3.104.502	7.266.242	16.241.972
Diseño de plantación	61.000	135.	164.000
Vivero	1.168.586	1.304.368	1.536.000
Preparación del terreno	730.900	1.740.000	3.416.952
Siembra de palma	236.475	426.236	529.315
Sistema de riego	-	2.056.000	6.500.000
Vías, puentes, alcantarillas y canales	822.541	1.445.000	3.838.100
Establecimiento de cobertura	85.000	158.988	257.606
Costos de mantenimiento (año 4, pesos por ha)	1.108.624	2.053.989	3.732.832
Fertilización por ha	784.194	1.198.491	1.403.366
Control de malezas	115.830	241.809	341.766
Poda	28.600	87.738	128.700
Control sanitario	180.00	271.446	359.000
Costo riego (operación, mantenimiento, agua)	-	254.505	1.500.000

Fuente: (Valderrama & Mosquera, 2013).

**Tabla 5 Costos de Híbrido OxG.**

COSTOS DE PRODUCCIÓN HÍBRIDO OxG			
Rubro	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Costos de establecimiento (pesos por ha)	4.256.872	8.356.018	13.645.443
Diseño de plantación	109.060	130.380	150.000
Vivero	1.536.000	1.673.482	1.800.000
Preparación de terreno	830.000	1.599.970	1.811.000
Siembra de palma	216.500	281.123	527.473
Sistema de riego	-	1.919.062	6.500.000
Vías, puentes, alcantarillas y canales	1.472.312	2.652.753	2.706.970
Establecimiento de cobertura	93.000	99.249	150.000
Costos de mantenimiento (año 4, pesos por ha)	1.757.130	2.732.925	4.773.551
Fertilización por ha	741.935	1.214.121	1.464.320
Control de malezas	70.331	148.379	396.208
Poda	76.800	159.480	187.500
Control sanitario	111.300	116.427	183.000
Costos riego (operación, mantenimiento, agua)	-	84.950	1.500.000
Polinización	756.764	1.009.567	1.042.523

Fuente: (Valderrama & Mosquera, 2013).

#### **4.1.3 Requerimientos de personal, materiales e insumos para la polinización asistida.**

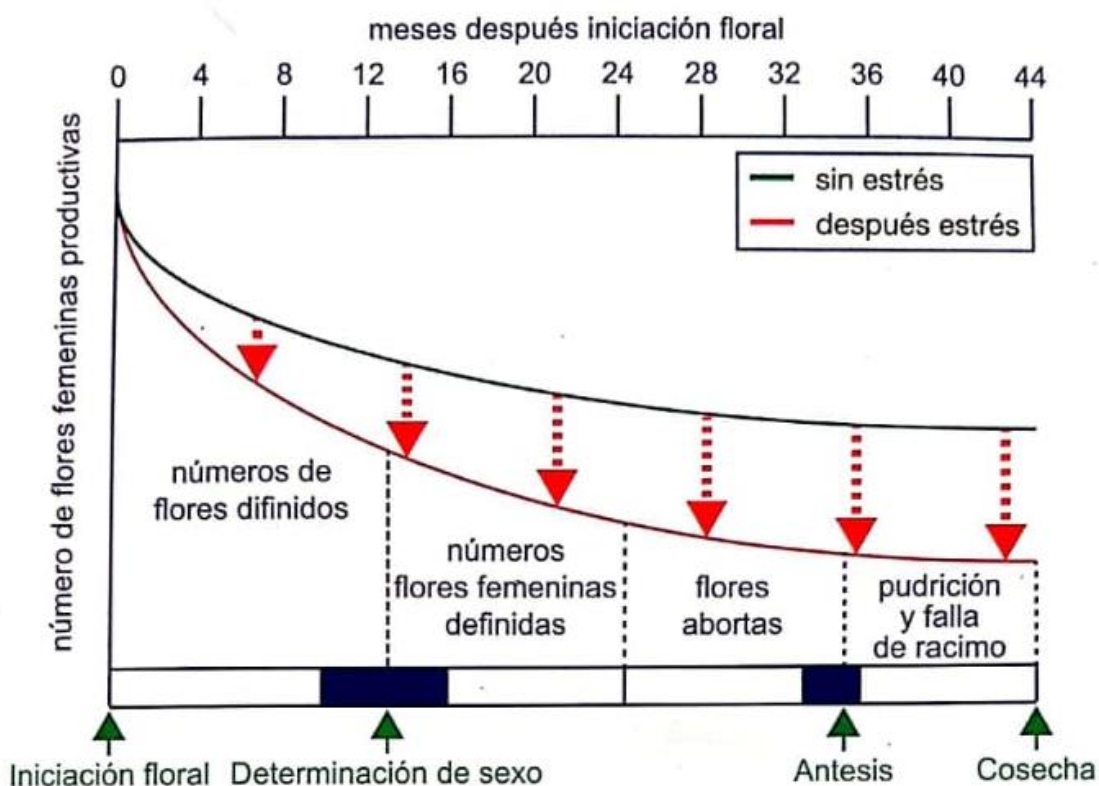
Para el adecuado desarrollo de la polinización comercial es importante contar con el personal capacitado para la correcta realización y control de las actividades asociadas al proceso. Se recomienda tener un ingeniero asistente por cada 5.000 hectáreas, un supervisor por cada 1.300 , un auxiliar por cada 325 y un polinizador por cada 20 hectáreas (Romero & Daza, POLINIZACION DEL HIBRIDO O<sub>x</sub>G, 2011). Sin embargo, estos valores deben ajustarse de acuerdo con las condiciones de topografía y área sembrada de cada plantación.

- **Polinizador:** Se encarga de la aplicación de la mezcla y de la apertura de brácteas pedunculares. Adicionalmente, elabora reportes diarios del trabajo realizado, que se le entrega a supervisor o auxiliar responsables de llevar el control diario de la cantidad y calidad de inflorescencias polinizadas.
- **Supervisor de área:** Suministrar diariamente al mezcla para la polinización a los auxiliares y operarios durante la jornada . También debe adelantar evaluaciones de campo (3 por día, 100 palmas por evaluación). Por otra parte, se encarga de garantizar la disponibilidad de los insumos y de tomar datos para estadísticas de rendimiento y producción.
- **Auxiliar:** Se encarga de suministrar la mezcla a los operadores durante la jornada. Realizan entre 6 y 7 evaluaciones de campo diarias (100 palmas por evaluación), informan anomalías y llevan el control diario de las labores del personal a cargo. Cada auxiliar maneja entre 17 y 20 polinizadores.

La palma de aceite tiene el potencial de producir una flor en la axila de cada hoja. En la práctica, solo una fracción de las axilas de la hoja contiene una flor y solamente una porción de flores se convierte en flores femeninas después de la determinación de sexo. Algunas flores

femeninas son entonces “pérdidas” debido al aborto durante el período de 24 meses entre la determinación de sexo y antesis. Algunas flores femeninas polinizadas también se pierden debido al aborto de racimos, pudrición de racimo y falla de racimo durante el lapso de 5 meses entre antesis y cosecha del racimo. Claramente, solo una proporción de flores se convierten en femeninas y luego sobreviven durante un ciclo de 40-44 meses entre la iniciación floral a cosecha de racimo (Fairhurst & Ditschar).

**Grafica 4 Producción y formación de inflorescencias.**



Fuente: Sandoval, P. (2015). *POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE LA PALMA ACEITERA AFRICANA Y LA PALMA ACEITERA AMERICANA (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*) CON ESCARABAJOS NATIVOS DE ECUADOR*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

Se observa a menudo, especialmente en palmeras jóvenes, una mala fructificación que se debe a una polinización natural insuficiente; como consecuencia bien sea de un bajo número de

inflorescencias masculinas en antesis o de una mala diseminación de polen. Todos los factores que influyen en la proporción de los sexos, o sea las condiciones climáticas no óptimas, el raleo o aborto pueden provocar una mala polinización, especialmente en materiales donde las flores masculinas son de vital importancia (Sandoval, 2015).

En palma híbrida no es utilizada la polinización asistida, porque la planta genera sus propias flores masculinas y femeninas, pero hay factores que influyen que la polinización natural no sea efectiva en muchas ocasiones; dicha deficiencia puede ser generado por vientos, en ocasiones por la lluvia, una alta humedad relativa, y las plantas epifitas pueden detener gran parte del polen, por lo que hay que extirparlas regularmente a mano o con gancho. Por dichas condiciones es importante implementar la polinización asistida, la adición de fitohormonas para un incremento de números de frutos normales y partenocárpicos para aumentar el porcentaje de aceite extraído (Arnuard, 2002).

#### **4.2 Polinización Asistida**

La polinización asistida comenzó aplicarse a ciertas zonas por cuestión de problemas fitosanitarios con el insecto (*Elaeobius kamerunicus*) nativo de África, implementándose en el híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) debido a su aparente resistencia parcial a dicha enfermedad pudrición de cogollo (Sanchez & Ruiz, 2011). Esta labor se realiza para garantizar la formación de racimos comercialmente aprovechables. Es necesario realizar la polinización asistida, la cual consiste en la liberación controlada de granos de polen de *E. guineensis* inflorescencias femeninas en antesis de cultivares OxG (Mantilla, 2015). Dicha labor se considera costosa por la alta demanda de personal e insumos, ya que requiere visitar los lotes con una frecuencia importante (cada 48 horas, alrededor de 150 veces al año) para la identificación de inflorescencias en la época receptiva (antesis) y se deben tener prácticas

adecuadas de conservación del polen para mantener porcentajes aceptables de viabilidad y germinabilidad al momento de la aplicación. (Cayón, 2018)

### **4.3 Recolección de Polen**

La obtención de polen en los lotes se puede realizar en forma directa o embolsando las inflorescencias para su posterior cosecha. En forma directa se identifican las inflorescencias masculinas de la especie *E. guineensis* que tengan entre 40 y 70% de anthesis. Dos identificadores importantes son la presencia del polinizador *Elaeodobius kamerunicus* en la inflorescencia y el olor a anís. Luego se procede a recortarla y sacudirla en un recipiente hasta retirar la mayor cantidad de polen (Romero & Daza, 2011).

Para dicha labor, el desplazamiento en campo es en forma de “U” para la identificación de inflorescencias por las cllaes de cosechha y revisión pal a palma.

- PREANTESIS II: Se debe tener en cuenta la inflorescencia masculina cuando se encuentra en preantesis II, ay que, las raquilas se encuentran medianamente expuestas y sueltas por causa de la bráctea peduncular esta rasgada. Es el momento exacto donde se debe realizar el embolsado de la flor retirando las brácteas y cualquier residuo que dificulte la labor, al mismo tiempo evitando el contacto de la bolsa con las superficies de la flor para no generar daños en el polen por humedad.

- PREANTESIS III: Por elongación de la inflorescencia se genera ruptura total de la bráctea lo que permite que las raquilas se separen entre sí; mostrando su color café adecuado. En este momento se realiza el corte de la inflorescencia y se colecta el polen mediante agitación manual; el cual debe ser extendido en campo y retirar todas las impurezas.

El cubrimiento de la inflorescencia se realiza para evitar el ingreso de insectos y la humedad excesiva. Dicho polen después de ser recolectado se debe tapizar y empacar en el recipiente en

el cual va ser llevado al laboratorio, la bolsa debe ser lavada y reutilizada. (Romero & Daza, 2011).

El funcionamiento normal de una planta requiere de ciertos mecanismos que le permitan regular y/o coordinar las diferentes actividades de sus células, tejidos y órganos. Al mismo tiempo debe ser capaz de percibir y responder a los cambios de medio ambiente. Entre los posibles mecanismos de regulación, el más conocido es el sistema de mensajeros químicos. Esta comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas vegetales (Lagos, 2018). Una fitohormona y hormona vegetal se define como una sustancia orgánica producida por la misma planta, distinta de los nutrientes; activa a muy bajas concentraciones, a veces producida en determinados tejidos y transportada a otro tejido, donde ejerce sus efectos, pero también puede ser activada por otros tejidos donde es sintetizada. (Díaz & Vaca, 2015).

#### **4.4 Ácido Naftalenacético (ANA) y su aplicación en Palma de Aceite**

Una de las hormonas utilizadas ampliamente en el campo agronómico es el ácido naftalenacético (ANA) el cual es un regulador de crecimiento vegetal auxínico, y es utilizado por diversos procesos para prevenir el aborto de frutos pre-cosecha en la inducción floral, el raleo de frutos, entre otros procesos. El ácido naftalenacético es un biorregulador comúnmente usado con la finalidad de inducir la floración (INTAGRI, 2018).

La polinización artificial ofrece numerosas ventajas sobre la polinización asistida, como eliminando la necesidad de ir sobre la inflorescencia tres veces en una semana, con esto el área neta que se puede cubrir en una semana se incrementa entre 50% y 86%, aplicando soluciones líquidas de ANA, a inflorescencias antes, durante y hasta 14 días después de anthesis; permite el desarrollo y el llenado de frutos de tal manera que, a pesar de no tener semilla ni cuesco, el peso medio de los racimos se pueden mantener. El resultado es hasta un 15% más de frutos cosechados; cuyo llenado de fruto sin pérdidas de flores, es de más del 95%. (Cenipalma,



CENIPALMA LE APUESTA A LA POLINZACION ARTIFICIA EN CULTIVARES HIBRIDO OxG, 2018). Finalmente, ANA es utilizada en palma de aceite para la obtención de racimos con frutos partenocárpicos y mantener la producción de aceite.

Se realizan ensayos con margen ensayo y error en plantaciones comerciales para determinar la cantidad que sea más conveniente para el aumento de rendimiento; solo hay registros de ensayos donde sus resultados son favorables cuando son aplicados en ciertos estados de la inflorescencia femenina (Daza, Pardo, & Urrego, 2016).

#### 4.4.1 Implemento para la polinización.

Existe una amplia gama de variaciones en los equipos de polinización que hoy en día se manejan a nivel comercial. Sin embargo, todos coinciden con algunas partes básicas como: un recipiente para el almacenamiento de la mezcla, un canal de salida, un mecanismo para impulsar la mezcla mediante el sistema y un gancho para abrir las brácteas pedunculares. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- Recipiente: Uno de los más utilizados es un tarro de aluminio, en el que comúnmente se almacenan productos enlatados. En otros casos se utiliza recipiente que conserve un poco la temperatura y no afecte la composición de la mezcla.



**Fotografía 1** Termo para



**Fotografía 2** Pera y manguera



**Fotografía 3** Gancho de destape

Almacenamiento en campo para aplicación

- Canal de salida de la mezcla: Puede ser una manguera plástica de ¼” o un tubo de cobre de 3/16”.
- Impulsador de la mezcla: El más usado es la pera de goma, la cual se conecta a un conducto de entrada al recipiente para que en el momento de presionarla, impulse la mezcla hacia afuera. De igual forma se puede utilizar la presión generada por el operario al soplar una manguera de entrada.
- Gancho: Se utiliza para romper el prófalo y las brácteas pedunculares para descubrir la inflorescencia. Este implemento puede ser llevado por aparte o ir adherido al equipo de polinización. Generalmente es una varilla de hierro doblada en “L” y una punta para marcar la hoja correspondiente.

Estos implementos son sencillos y fáciles de conseguir, lo que permite la construcción manual del equipo de polinización.

#### **Fichas técnicas.**



#### **POLEN**

Peso: 1 kilogramo

Viabilidad: 90 %

Fecha de empacado: 2/06/2019

Proveedor: PALMASANA S.A.S

**Fotografía 4 Polen.**

La técnica de conservación del polen, debe tomarse en cuenta y evaluar la viabilidad, la cuál debe ser superior a un 70% para ser utilizado en el proceso de polinización; se puede almacenar por un periodo de 6 meses máximo bajo condiciones favorables, como manejar una humedad permanente entre 8 a 12% y una temperatura de almacenamiento de -12 °C y 18°C para mantener su viabilidad sin afectarla. Dicho polen es almacenado en bolsas plásticas herméticas selladas, debe contener ciertos datos como; peso en gramos, fecha de proceso, porcentaje de humedad, porcentaje de viabilidad y fecha de caducidad (Guaicaramo, 2016)



**POINIIZA (TALCO+HORMONA)**

Peso: 15 kilogramos

Identificación: 1071

Fecha fabricación: 24/04/2019

Proveedor: Colinagro

**Fotografía 5 Poliniza (Talco-Hormona ANA).**

En cuanto al producto POLINIZA, es una mezcla de talco y hormona de Ácido Naftalenacético como biorregulador de inducción floral, enraizamiento, evita caída prematura de flores y frutos en plantas donde el fruto es de interés comercial; incrementando la producción hasta un 25% al fortalecer el pedúnculo de las flores y frutos evitando pérdidas por vientos y lluvias. Necesita permanecer en un ambiente con poca luminosidad. **Colinagro** quien es el distribuidor y productor, garantiza que las características físico-químicas del producto a las en las etiquetas, aunque no asume la responsabilidad por el uso que de él se haga, estando el manejo fuera de su control (Colinagro, 2013).

#### 4.5 Aplicación en campo de la mezcla en plantas de diferente altura.

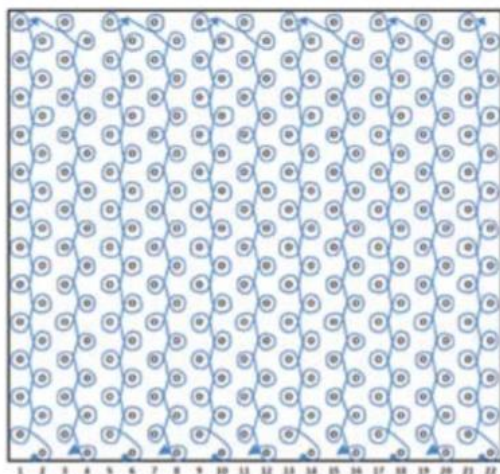
Para la ejecución de la polinización asistida; se deben tener en cuenta algunos pasos que garantizan la eficacia de la labor y permiten al operario lograr un desplazamiento rápido entre palmas. Un aspecto fundamental para el adecuado desarrollo de esta actividad consiste en la manera como el operario recorra el lote para ubicar con mayor facilidad las palmas e inflorescencias que se han de polinizar.



**Imagen 2 Recorrido de polinizador en campo.**

(Sanchez & Ruiz, 2011).

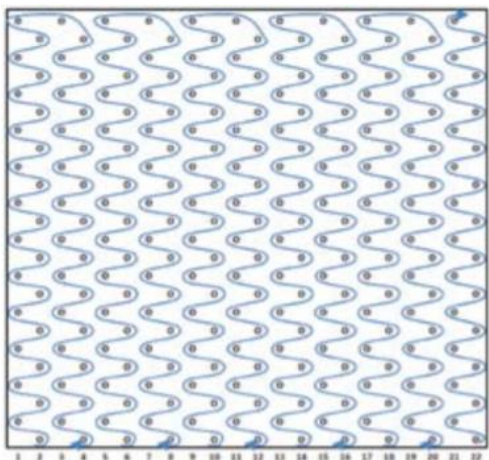
De acuerdo con la experiencia de las plantaciones en la Zona Occidental, en el cultivo de palma joven (3-5 años), se recomienda hacer el recorrido rodeando completamente cada palma y avanzando en zigzag por la calle de cosecha, como se muestra en la imagen 7, ya que la palma es de porte bajo y presenta bastantes hojas al nivel del suelo, que dificulta a operario detectar las estructuras florales de la corona al tratar de observarlas por u solo lado (Sanchez & Ruiz, 2011). Esta labor solo se realiza hasta los 8-10 años de edad de la palma aproximadamente, alcanzando una altura de 4 metros la planta.



**Imagen 3 Esquema de recorrido en campo para polinizar en palma joven.**

En la Zona Oriental, para la palma adulta (>5 años) se recomienda que el trabajador se movilice tomando dos líneas y desplazándose entre ellas en zigzag. Una vez llegue a la palma, la revisión de la

misma debe ser en forma de “U” o media luna como en la imagen 8. Esto permite una mayor eficacia en cuanto a detección de inflorescencias y en el momento del personal por el lote.



**Imagen 4 Esquema de recorrido en campo para polinizar en palma adulta.**

Una vez detectada la inflorescencia, el operador debe evaluar el estado fenológico en el que se encuentra, para determinar si se trata de una inflorescencia en plena antesis, una que requiere una segunda polinización, una ayudada de antesis o una andrógina. Para ellos debe abrir con el gancho el prófalo y la bráctea peduncular, tratando de llegar a la base de la inflorescencia para garantizar una polinización uniforme. Luego debe aplicar el polen, según la mezcla establecida, cubriendo homogéneamente la inflorescencia para asegurar una buena cobertura sin acumulaciones ni zonas faltantes (Sanchez & Ruiz, 2011).

Dicha práctica es costosa por la alta demanda de personal e insumos, pero también es generador de empleo para el beneficio de numerosas familias, ya que, el impacto social que tiene este cultivo en la región es de vital importancia. Para la labor de polinización asistida, los operarios deben cumplir con requisitos de implementos de protección y herramienta de aplicación de la mezcla (Barreto, 2009).

#### **4.5.1 Censo de inflorescencia.**

El censo de inflorescencia es una herramienta técnica y administrativa que apoya los procesos de planificación, siendo un indicador para obtener un estimado de la producción para el uso eficiente de todo tipo de recursos en una plantación. El objetivo de un censo de inflorescencias, no es otro que hacer un conteo de inflorescencia en la palma, con el propósito de poder



pronosticar la producción de fruta en periodos variables de tiempo de tiempo de 4 a 6 meses. Esto ayuda a la determinación bastante aproximada de la producción de una plantación con meses de anticipación (Sanchez & Ruiz, 2011).

La palma de aceite es monoica, lo que significa que produce por separado, pero en la misma planta las inflorescencias femeninas y masculinas en un ciclo alternado que está en función de los factores genéticos, la edad y en particular las condiciones ambientales. La formación de estas estructuras ocurre dentro del estípite en sincronía con cada axila foliar alrededor de 30 meses antes de llegar a antesis (Rojas, Cayón, & Torres, 2015).

En las siembras jóvenes de material híbrido (OxG) se recomienda iniciar la polinización asistida cuando existan 5 inflorescencias femeninas en antesis por hectárea y que dicha condición se mantenga en el tiempo, o cuando la cantidad de inflorescencias femeninas alcanza el 50% del total de inflorescencias registradas en el lote.

#### **4.5.2 Estados florales ideales para la polinización asistida.**

En el procedimiento sobre polinización asistida existen varios criterios sobre el estado de antesis de la inflorescencia que se debe considerar para la correcta realización de esta actividad.



De acuerdo con la proporción de flores en antesis al momento de realizar la aplicación, se establecen cuatro categorías que se describen a continuación: (Pérez, Campo, & Manrique, 2012).

a. Inflorescencia buena (IB): Estado fenológico 607, el cual se caracteriza por la

presencia de más del 80% de sus flores abiertas y aptas para ser polinizadas.

### **Fotografía 6. Inflorescencia buena.**

b. Inflorescencia polinizada (IP): Parte de la inflorescencia presenta botones sin abrir, pero ya existen flores en antesis, requiriendo en el siguiente ciclo una nueva polinización.



### **Fotografía 7. Inflorescencia polinizada.**

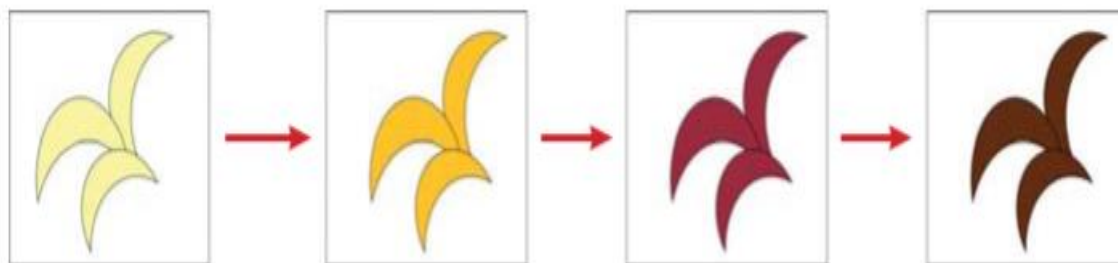
c. Inflorescencia ayudada (IA): son aquellas inflorescencias que se encuentran finalizando su período de antesis, pero que aún presentan un porcentaje de flores receptivas sin polinizar debido a que están cubiertas por sus brácteas pedunculares. Esta característica puede deberse a la asincronía floral del material o al descuido del polinizador que no la vio en alguna de sus rondas.



### **Fotografía 8. Inflorescencia ayudada.**

Una vez realizada exitosamente la polinización se nota un cambio progresivo de coloración de los lóbulos del estigma, cambian de crema a café oscuro en un período de 24 horas, siguiendo la secuencia registrada en la figura 8.

**Imagen 5 Color de lóbulos en 24 horas cuando se poliniza.**



(Pérez, Campo, & Manrique, 2012)

**4.5.3 Identificación de los estados fenológicos de las inflorescencias en *Elaeis guineensis*.**

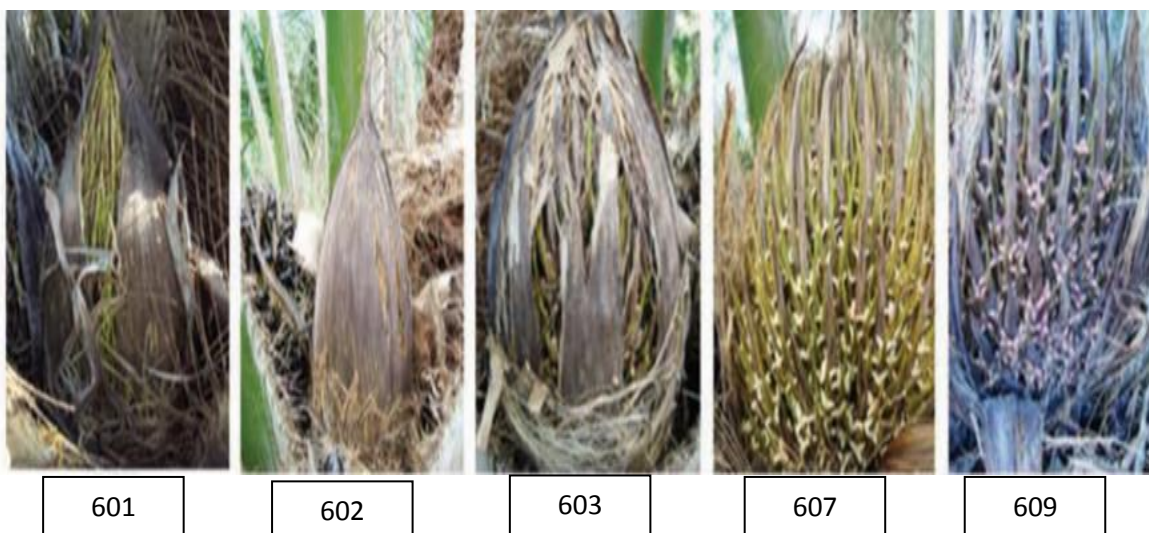
Ocurren cambios visibles en la morfología externa de las estructuras de una planta (germinación de semilla, desarrollo de la floración, maduración de los frutos, etc.) como respuesta a condiciones ambientales. El periodo entre dos distintas fases de crecimiento se denomina estado fenológico.

**4.6 Estadio principal de crecimiento 6: Floración**

- 
- 601** Pre-antesis I. Raquillas bien agrupadas hacia el medio, de color verde claro, los tépalos no son visibles.  
Han transcurrido aproximadamente 30 días desde la aparición de la estructura.
- 602** Pre-antesis II. La bráctea peduncular se desgarró hacia la mitad de la altura de la superficie de la inflorescencia, se observa el ápice en las axilas de cada bráctea floral, está cubierto por el cogollo de las brácteas de color verde pálido o rojizo. La apertura de las raquillas comienza.
- 603** Pre-antesis III. El lagrimeo avanza y la bráctea peduncular comienza a desprenderse; la bractéola se desintegró por completo en la base de la inflorescencia, botones florales con tépalos blancos son fácilmente observables; las espigas y brácteas están más separadas. Ningún cambio en la posición de la hojas.
- 607** Antesis. Más del 70% de los tépalos están abiertos mostrando los tres lóbulos de color crema.
- 609** Fin de la floración. La polinización de las flores comienza: cambio progresivo en el color de los lóbulos del estigma que se convierten en púrpura.
-



### Imagen 6 Estadio de crecimiento 6: crecimiento.



Fuente: Romero, H., & Daza, E. (2011). *POLINIZACION DEL HIBRIDO OxG*. Bogotá, D.C: Cenipalma, SENA.

La floración inicia con el rasgamiento de la bráctea peduncular en la sección central de la inflorescencia. En este momento es posible diferenciar el sexo de la flor (sea masculina o femenina) que, en todo caso, se había diferenciado varios meses antes. En la inflorescencia femenina aún no se visualizan claramente los botones florales y esta etapa se denomina preantesis I (estadio 601). El estadio 602 corresponde a la preantesis II en donde la bráctea peduncular se rasga en un 30% de su longitud total, permitiendo observar las raquillas y las flores cerradas cubiertas por la bráctea del verticilo que la cubre.

La preantesis III (estadio 603) comienza cuando el prófalo comienza a desintegrarse, la bráctea peduncular continúa cubriendo la inflorescencia, pero se rasga entre el 50 y 70% de la superficie y en medio de las grietas se puede observar completamente los botones florales femeninos, los cuales cesan su crecimiento y han cambiado su coloración.

El estadio de antesis inicia cuando el estigma sécil con sus tres lóbulos inicia su etapa receptiva (estadio 607), estos lóbulos se abren y exponen sus superficies exteriores las cuales

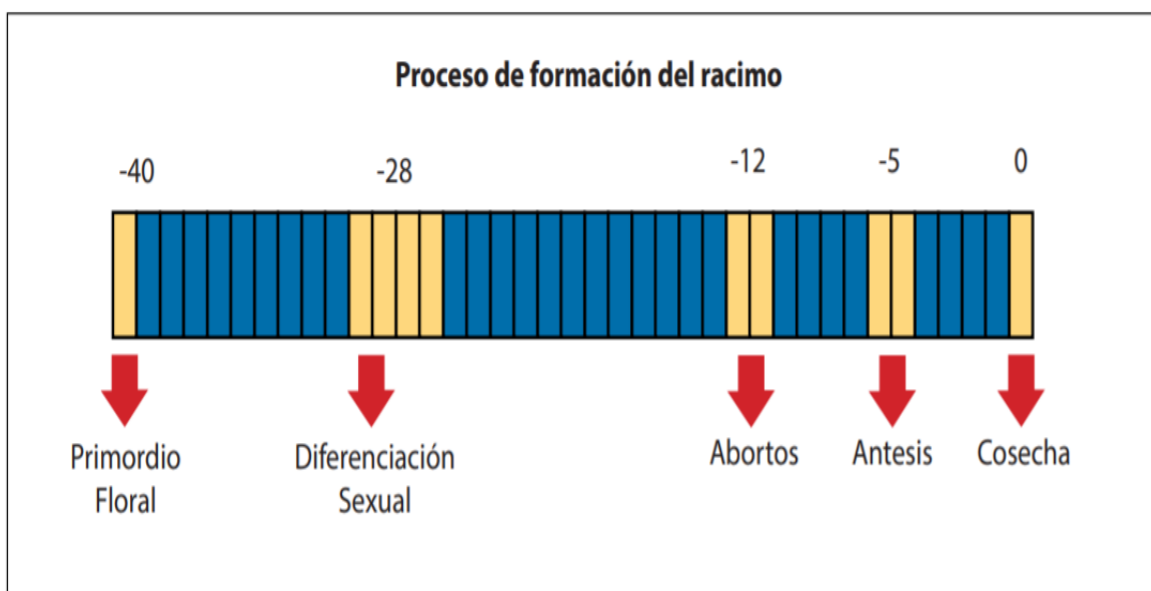
están cubiertas con una sustancia mucilaginosa y aromática para la polinización, en este momento la bráctea peduncular se ha desprendido casi totalmente de la inflorescencia femenina, y se pueden observar por completo los lóbulos del estigma, los cuales son de color blanco.

Después de la polinización las flores femeninas se toman de color de café oscuro, debido a que sus anteras comienzan a secarse. No hay presencia de polen y las espiguillas empiezan a degradarse a medida que la etapa de floración finaliza (estadio 609). (Romero, Forero, & Hormaza, ESTADIOS FENOLOGICOS DE CRECIMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE AFRICANA (*Elaeis guineensis*), 2012).

#### 4.7 Estimado de producción según el desarrollo de racimo

En cuanto al estimado de la producción, está determinado por el número y peso de racimos que produce cada una de las palmas. Conociendo que un racimo se llevará entre 5 y 6 meses en pasar de antesis a plena maduración, realizando el conteo de racimos en una cantidad suficiente de palmas para que sea representativo y poder estimar así la producción en los próximos meses.

#### Imagen 7 . Proceso de formación de racimo.



(Erales, 2017)

Realizar estimados confiables además requiere conocer que el número y peso de racimos a producir estará influenciado por factores que conocemos, como la edad de la plantación, la variedad sembrada, las condiciones de suelo y el manejo de la nutrición; como también factores que no se conocen en el momento de conteo de racimos como, la precipitación, temperatura y radiación solar en los próximos meses. (Erales, 2017).

#### **4.8 Identificación de los Estados de desarrollo y floración del racimo**

##### **Estadio principal de crecimiento 7: desarrollo del fruto**

---

<b>700</b>	Flor femenina polinizada. Los lóbulos se endurecen y cambian de color, en un principio aún muy oscuro color púrpura y después a negro. El ovario comienza a hincharse. El fruto está cubierto por las del verticilo.
<b>703</b>	30% del tamaño final del fruto.
<b>708</b>	80% del tamaño del fruto.
<b>709</b>	Tamaño completo de la fruta de acuerdo a la especie.

---

El estadio comienza con la presencia de flores femeninas polinizadas (estadio 700), la principal característica es que los lóbulos del estigma se endurecen y se observa un hinchamiento del ovario el cual se encuentra cubierto por las brácteas del verticilo.

Cuando el tamaño del fruto ha alcanzado el 30% de su tamaño final se ha alcanzado el estadio 703. En esta etapa no se observa cuesco ni endospermo. Cuando alcanza el 80% de su tamaño final puede observar en el fruto que se ha formado el cuesco, mientras el endospermo permanece en estado líquido (estadio 705); en el estadio 709 el fruto ha alcanzado el tamaño propio de la especie, el cuesco comienza a endurecerse y el endospermo tiene una consistencia coloidal. (Romero, Forero, & Hormaza, ESTADIOS FENOLOGICOS DE CRECIMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE AFRICANA (*Elaeis guineensis*), 2012)

**Imagen 8 Estadio de crecimiento 7: desarrollo de fruto.**



700

703

708

709

#### 4.8.1 Estadio principal de crecimiento 8: maduración de la fruta y manajo

<b>800</b>	La fruta alcanza su tamaño final y cambia de color desde el fondo hasta la punta, a su color maduro característico.
<b>805</b>	La fruta casi madura, con el típico color maduro, excepto en la punta. El cascarón es fuerte y marrón.
<b>807</b>	Color maduro en toda la superficie de la fruta. El mesocarpio es de color naranja suave y brillante. El manajo está listo para ser cosechado.
<b>809</b>	El exceso de maduración de la fruta y del manajo.

**Imagen 9 Estadio de crecimiento 8: maduración de la fruta y manojó.**



700

703

708

709

La maduración de los frutos (estadio 800) comienza alrededor de 84 días después de la antesis; el fruto ha alcanzado su tamaño final y hay un cambio en el color de la parte basal y en el ápice del fruto, el cuesco continúa endureciéndose y se va tornando de color marrón, el endospermo tiene aspecto sólido y es de color blanco.

El fruto y racimo maduro de acuerdo a las características de la especie se encuentra en el estadio 805, el cuesco está completamente duro y es de color marrón, solamente el ápice del fruto mantiene una coloración verde.

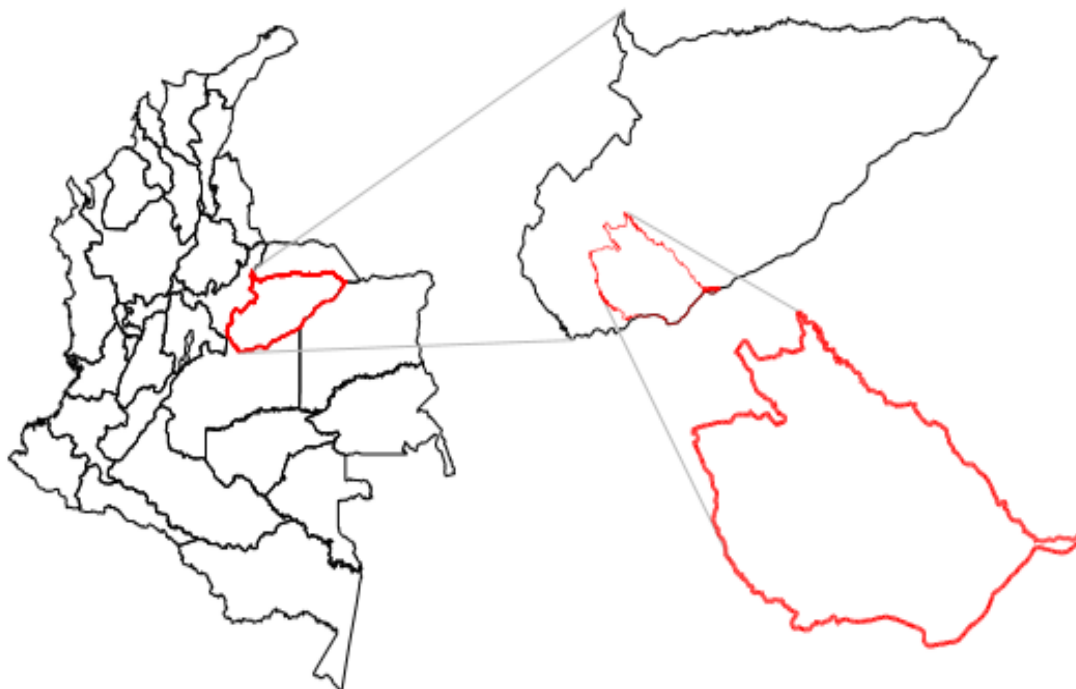
Dependiendo de las condiciones ambientales de una de a dos semanas después del estadio 805 el mesocarpio de los frutos pierde firmeza y se toma de color naranja brillante, mientras que el cuesco es de color marrón oscuro. La abscisión de los primeros frutos comienza en la parte superior del racimo y está listo para la cosecha (807). Posteriormente el fruto entra en el proceso de senescencia y se considera al racimo entero como sobre maduro en este momento del 10 al 40% de la superficie del fruto es de color gris y se aprecian grietas, las raquilas donde están insertados están más abiertas y lignificadas. En este estadio (809), los racimos no son adecuados para la recolección y procesamiento. (Romero, Forero, & Hormaza, ESTADIOS FENOLOGICOS DE CRECIMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE AFRICANA (*Elaeis guineensis*), 2012).

## 5 Metodología

### 5.1 localización

Maní se encuentra ubicado al sur occidente del departamento de Casanare, es uno de los municipios que cuenta con más de tres plantaciones de palma de aceite a sus alrededores; fomentando el desarrollo socio económico de la región, entre otros cultivos. Agropecuaria Macolla S.A.S es una plantación que se encuentra a 61 km del municipio de Maní; cuenta con 778.10 hectáreas sembradas en palma de aceite; generando empleo para 80 familias aproximadamente.

**Imagen 10 Ubicación geográfica del Municipio Maní-Casanare**



**Fuente: Propia**





Se toma un número al azar de 100 palmas por cada uno de los lotes para determinar la eficacia de la aplicación de ANA mediante la polinización asistida y así evaluar la calidad de la labor con base en el tiempo y cantidad de inflorescencia entre los tres estados escogidos.

Se tomarán datos de censo de inflorescencias, reportes de costos de la labor y fecha de siembra de los lotes. El procesamiento de esta información se realizó en hoja de Excel, mediante la ponderación de los valores que permiten la identificación de lotes para realizar el ensayo; con censo de inflorescencia en el lote seleccionado.

Se valora el tiempo de duración de la polinización asistida por palma, cuyo proceso es tomando el registro del tiempo que se gasta según la fenología en la que se encuentre la inflorescencia para ser aplicada (pre-antesis, antesis y post-antesis) y el número de las mismas; también el tiempo de aplicación por 100 palmas; la cantidad de palmas que se pueden polinizar de manera asistida con hormonas durante un día y las herramientas, equipos y máquinas para la polinización asistida según la edad y altura de la planta.



## 6 Resultados

### 6.1 Costos de Producción

Durante la fase experimental se realizó registro de datos de actividades realizadas con la polinización asistida y con la polinización artificial. De ello se encuentra que la polinización asistida es un 26% más costosa que la polinización artificial. La principal causa en el incremento de costo de la polinización asistida es el requerimiento de mayor número de operarios.

Con respecto a los costos comerciales de un cultivo de Palma Híbrida, la polinización asistida es un 74% más costosa en la Palmea Agropecuaria La Macolla. Los resultados indican que Palmera Agropecuaria invierte muchos más recursos que los proyectados en los costos de producción previstos para el cultivo de palma en la Orinoquia.

En términos de la polinización artificial realizada en la Palmera Agropecuaria La Macolla, el costo es un 3% más alto que los proyectado en los costos guía. La variación porcentual se considera no significativa dado que es un valor porcentual muy bajo y responde a particularidades de cada plantación. El resultado indica que el proceso de polinización artificial y sus costos, son consistentes con los costos de la región.

## 6.2 Costos de polinización asistida y artificial.

**Tabla 6. Costos de polinización asistida y artificial.**

ITEM	Polinización asistida	Polinización artificial	Variación
Ciclos	Cada 2 días	Cada 7 días	
Rendimiento /ha día	11	8	3
Número de operadores	20	9	11
Días de polinización mensual	13	4	9
Días trabajados en el mes	26	26	0
Ha recorridas en la semana por operario	33	48	-15
Costo ha/día	4.600	5.000	400
Costo total mes ha recorridas	1'315.600	1'040.400	275.200
Inflorescencia polinizadas por día	115	185	-70
Costo por inflorescencia polinizada	440	216	224
Gasto producto por inflorescencia/ semana	4 gr	2 gr	2
Gasto de producto por ha/ semana	460 gr	370 gr	90
Gasto de producto al mes	11960	9620 gr	2340
Auxiliares administrativos	2	1	1

### 6.3 Costos de herramientas para aplicación de mezcla.

**Tabla 7. Costos de herramienta para aplicación de la mezcla.**

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo total
Pera de caucho	1	unidad	\$30.000
Gancho de hierro ½"	30	cm	\$2.000
Palita para corte	15	cm	\$8.000
Tubo de aluminio 1 ½"	1	m	\$15.000
Manguera plástica ¼"	80	cm	\$500
Abrazadera	2	unidad	\$1.000
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>\$56.500</b>

### 6.4 Costos de producción de la palmera.

**Tabla 8. Costos de producción de la plantación.**

Costos de mantenimiento por ha	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Fertilización por ha	959.329	1.255.522	1.842.109
Control de malezas	105.220	216.027	327.892
Poda	34.170	93.446	355.000
Control sanitario	154.000	238.505	1.484.000
Costo riego (operación, mantenimiento, agua)	-	235.446	338.000
Polinización	1.092.200	1.148.200	1.384.616
<b>TOTAL</b>	<b>2.344.919</b>	<b>3.187.146</b>	<b>5.731.617</b>

#### 6.4.1 Dosis de las mezclas.

La dosis de las mezclas utilizadas fue la recomendada por el fabricante las cuales son de xxxx inflorescencia.

Se realiza una aplicación por inflorescencia, con una cantidad de 1,7 gr por flor en cada aplicación, teniendo en cuenta la edad del cultivo.

Para palma joven (3-5 años) la dosis promedio de polen/inflorescencia está en un rango de 0.21 – 0.33 gramos y entre 1.68 – 1.8 gramos de mezcla total.

**Tabla 9. Dosis de la mezcla.**

MEZCLA	LOTE	DOSIS POR INFLORESCENCIA	% DE RACIMOS FORMADOS
1	21	12% polen: 0.20 gr	100 %
	22	88% poliniza: 1.49 gr	100%
2	7	15% polen: 0.25 gr	99%
	11	85% poliniza: 1.44 gr	100%

#### 6.4.2 Censo de inflorescencia.

El censo de inflorescencia se realizó dos veces, con un intervalo de 8 días de diferencia y así tener en cuenta la cantidad de flor que puede aparecer de una aplicación a otra.

El censo es realizado en la plantación de manera que, cada cinco líneas se ingresan y cada 5 palmas se realiza el conteo de inflorescencias femeninas; teniendo en cuenta que todos los lotes no tienen el mismo sentido de calles y la misma orientación; el censo fue realizado en temporada baja de inflorescencia según las condiciones climáticas y condiciones ambientales que ha sufrido la plantación en los últimos 24 meses.

**Tabla 10. Censo de inflorescencias.**

<i>LOTE</i>	<i>LINEA</i>	<i># PALMAS</i>	<i># FLORES</i>
7	5-6	18	8
	7-8	24	12
7	17-18	42	13
	19-20	45	10
7	29-30	70	15
	31-32	76	12
11	13-14	19	8
	15-16	22	9
11	29-30	35	13
	31-32	36	13
11	45-46	52	18
	47-48	55	11
11	61-62	39	9
	63-64	36	8
21	5-6	19	9
	7-8	28	11
21	17-18	54	15
	19-20	53	12
21	29-30	54	10
	31-32	53	11
22	9-10	29	9
	11-12	37	10
22	25-26	53	13
	27-28	54	17
22	41-42	47	11
	43-44	43	9
22	57-58	15	7
	59-60	11	8

### 6.4.3 Promedio de flores por lote.

Tomando un número de 100 palmas por lote, se estima de acuerdo al censo de inflorescencias cantidad de flores en diferentes estados.

**Lote 7** → 25 inflorescencias en total.

**Lote 11** → 30 flores en total.

**Lote 21** → 26 flores en total.

**Lote 22** → 29 flores en total.

### 6.4.4 Estados de la inflorescencia



**Fotografía 9** Pre-antesis



**Fotografía 10** Antesis



**Fotografía 11** Post-antesis

Se hicieron aplicaciones una vez a la semana por lote, se tenía en cuenta tres estados ideales de las inflorescencias para dichas aplicaciones, las cuales son en pre antesis 3, antesis y post antesis respectivamente. Se realizó seguimiento cada 15 días de los racimos, para hacer un registro de su crecimiento, desarrollo y formación.

**Tabla 11. Registro de flores polinizadas.**

FECHA	LOTE	PRE-ANTESIS	ANTESIS	POST-ANTESIS
13 junio	21	0	11	12
14 junio	22	0	26	8
24 julio	7	4	55	47
25 julio	11	13	140	135
22 julio	21	7	66	37
23 julio	22	5	117	60
31 julio	7	12	67	51
02 agosto	11	4	172	154

Esta tabla representa algunas de las fechas en las cuales se realizaron aplicaciones del ensayo, donde se observa claramente el aumento de inflorescencias y mayor número de flores encontradas en antesis; seguida de la post-antesis y por último en pre-antesis.

#### 6.4.5 Forma de aplicación.














La aplicación en campo se realiza de manera manual con el producto en polvo, con una cantidad de 1.5-2 gramos por inflorescencia; teniendo en cuenta que la cantidad del producto abarque toda la inflorescencia visualizando el polvo blanco que la recubre para que sea captado por cada flor receptiva sin pérdida de producto.



Dependiendo de la altura de la palma, solo varía el implemento de distancia para llegar hasta la inflorescencia y aplicar el producto, en este caso, cuando la palma tiene más de 6 años la altura ya se presta para que se utilice un tubo de hierro al cual va adherida la varilla para marcar la hoja, el tubo que es el receptor de salida de la mezcla y la pera que es el impulsor del producto. Dependiendo de la edad de la palma al variar su altura, así mismo se ajusta la longitud de la herramienta.



**Tabla 12. Comparación de racimos formados en los tres estados de inflorescencia.**

MEZCLA	PRE ANTESIS	ANTESIS	POST ANTESIS
1			
2			
Testigo			

## 7 Conclusiones

- Los costos de producción de la palmera aumentan al efectuar la labor de polinización asistida debido a su alta demanda de personal e insumos, pero comparado con la polinización asistida comercial; la polinización artificial (ANA) sale mucho más rentable para la empresa por la reducción de pases en el lote por semana; disminuyendo así cantidad de insumos. Su inversión es recogida en el aumento de la producción, que se ve reflejado; en el tamaño de racimo, porcentaje de extracción de aceite y peso promedio.
- Las inflorescencias encontradas en estado de pre-antesis eran descubiertas con el gancho y aplicadas con la mezcla cuando tenían un 75% de las flores abiertas, las encontradas en antesis, eran cubiertas en su totalidad con la aplicación y las encontradas en post-antesis se les aplicaba un poco más de la mezcla para que fuera más receptiva al momento de captar los granos de polen. Era mayor el porcentaje de inflorescencias encontradas en antesis, luego seguía en post-antesis y, por último, el número de flores en pre antesis era menor.
- El número de inflorescencias aumentaba a medida que se hacían las aplicaciones, la temporada de lluvias es alta para la producción de inflorescencias femeninas. Los cálculos para cada asistencia al lote eran con mayor proporción y cantidades de los insumos utilizados, cada vez que se hacía la aplicación semanal.
- Los racimos se formaron en su totalidad, se observaba mayor tamaño de los racimos en poco tiempo cuajado, la uniformidad de los frutos normales con mejor aspecto visual.

## 8 Referencias Bibliográficas

**Agronet. (2017). *Minagricultura. Obtenido de principales cultivos por area sembrada en 2017.***

Agronet. (2017). *Minagricultura*. Obtenido de evaluaciones agropecuarias municipales:  
[https://www.agronet.gov.co/documents/2-palma%20de%20aceite\\_2017.pdf](https://www.agronet.gov.co/documents/2-palma%20de%20aceite_2017.pdf)

Agronet. (2017). *Minagricultura*. Obtenido de principales cultivos de área sembrada en casanare : [https://www.agronet.gov.co/documents/casanare\\_2017.pdf](https://www.agronet.gov.co/documents/casanare_2017.pdf)

Arnuard, f. (2002). *Polinizacion asisitida en plantaciones de palma de aceite.*

Barreto, c. (2009). *Cultivo de palma de aceite (elaeis guineensis jacq).* Infoagro.com.

Bastidas, s. (2013). *Hibrido oxg corpoica elmira de palma de aceite. Avances en el desarrollo de materiales gnéticos resistentes a la pc.* Santa marta: cenipalma.

Cayón, d. (2018). *Induccion y desarrollo de frutos con polinización y hormonas en hibridos oxg de la palma de aceite (elaeis oleifera kunth cortes x elaes guineensis jacq.).*

Palmira, colombia.: universidad nacional de colombia.

Cenipalma. (2018). *Cenipalma le apuesta a la polinzacion artificia en cultivares hibrido oxg.* Cartagena: palmasana.

Cenipalma. (julio de 2019). *Fedepalma*. Obtenido de  
<http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografias/infografia-palmadeaceite-casanare-2019.pdf>

Colinagro. (2013). *Ficha tecnica hormonagro a.n.a .*

Daza, e., pardo, a., & urrego, n. (2016). *Evaluacion del uso de hormonas sobre la formacion de frutos partenocarpicos en el hibrido interespecifico oxg.* Bogotá d.c: cenipalma.

- Díaz, j., & vaca, s. (2015). *Sistema piloto para el monitoreo de variables ambientales en cultivo de palma africana*. Universidad santo tomas.
- Dominguez, j. (2014). *Germinabilidad y viabilidad de polen de cuatro cultivares mejorados en palma aceitera bajo condiciones de laboratorio*. San juan de pasto: universidad de nariño.
- Dominguez, j. (2014). *Germinabilidad y viabilidad del polen de cuatro cultivares mejorados en palma aceitera bajo condicones de laboratorio*. San juan de pasto: universidad de nariño.
- Ecara, c. (2010). *Manual tecnico de palma africana*. Brasil: technoserver.
- Erales, r. (2017). *La palma. Estimados de produccion*. Grepalma.
- Fairhurst, t., & ditschar, b. (s.f.). *Uso de la implementacion de la fase piloto de las mejores practicas de manejo para mejorar la roduccion en plantaciones de palma de aceite*. Kassel, alemania: verlagsgesellschaft für ackerbau gmbh bertha-von-suttner-str. 7.
- Fedepalma. (10 de 2018). *Bolettín económico*. Obtenido de balance económico del sector palmero colombiano enel segundo trimestre de 2018:  
[http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/fedepalma/bet\\_octubre\\_2018.pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/fedepalma/bet_octubre_2018.pdf)
- Fedepalma. (2018). En casanare hay sembradas 44.221 hectáreas de palma africana. *Prensa libre casanare*.
- Fortanilla, c., ruiz, e., & ñate, m. (2016). *Costos de producción de la agroidustria de la palma en colombia en 2014*. Bogotá, colombia.: cenipalma.
- Guaicaramo. (2016). *Polen de palma de aceite en laboratorio*. Barranca de upía, meta: área de polinización.

Hormaza, p., & forero, d. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (elaeis guineensis jacq.) Y del híbrido interespecífico (elaeis oelfera cortes x elaeis guineensis jacq.)*. Bogotá, dc.: cenipalma.

Hormoza, p., & forero, d. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (elaeis guineensis jacq.) Y del híbrido interespecífico (elaeis oelfera cortes x elaeis guineensis jacq.)*. Bogotá, d.c: cenipalma.

Intagri. (2018). Acido naftalenacetico (ana) y sus usos en la agricultura. *Nutrición vegetal* , número 120.

Lagos, d. T. (2018). Biosíntesis de las fitohormonas y modo de acción de los reguladores de crecimiento. *Intagri*.

Mantilla, e. (2015). *Evaluación de viabilidad y compatibilidad de polen de distintos materiales híbridos de palma aceitera (elaeis oleifera x elaeis guineensis)*. Facultad de ingeniería y ciencias agropecuarias.

Mingorance, f., minelli, f., & du, h. L. (2004). *Cultivo de palma africana en el chocó*. Quibdó, chocó: legalidad ambiental, territorial y derechos humanos.

Palmelit, s. (2017). *Catalogo "semillas de palma de aceite"*. Montferrier-sur- francia: palmelit.

Peña, e. (2019). Híbrido de palma de aceite oxg corpoica elmira. *Agrosavia*.

Pérez, p., campo, á., & manrique, c. (2012). *Guía de prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite ya establecido*. Bogotá, d.c: fedepalma.

Pertuz, a., & santamaría, á. (2014). *La palmicultura colombiana: sostenibilidad económica, social y ambiental*. Sucre: universidad de sucre.

Rojas, j., cayón, d., & torres, j. (2015). *Efecto de la eficiencia de potasio sobre parámetros foliares de la palma de aceite*. Bogotá d.c: revista palmas.

Romero, h., & daza, e. (2011). *Polinizacion del hibrido oxg*. Bogotá, d.c: cenipalma, sena.

Romero, h., forero, d., & hormaza, p. (2012). *Estadios fenologicos de crecimeinto de la palma de aceite africana (elaeis guineensis)*. Cenipalma.

S.a, g. (2016). *Polen de palma de aceite en laboratorio*. Barranca de upía, meta: área de polinización.

Sanchez, a., & ruiz, r. (2011). *Polinizacion asistida en palma de aceite*. Bogotá d.c: sena, cenipalma, fedepalma.

Sandoval, p. (2015). *Polinización entomófila de híbridos interespecificos de la palma aceitera africana y la palma aceitera americana (elaeis guineensis x elaeis oleifera) con escarabajos nativos de ecuador*. Quito, ecuador: pontificia universidad católica de ecuador.

School, b. (2019). *Costos directos e indirectos de un proyecto*. Obtenido de universitat de barcelona: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/viabilidad-de-un-proyecto/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>

Silvio, b., & eduardo, p. (2019). *Hibrido de palma de aceite oxg corpoica el mira*. Agrosavia.

Unep. (2011). *Programa de naciones unidas para el medio ambiente*. Obtenido de <http://staging.unep.org/annualreport/2011/>

Valderrama, m., & mosquera, m. (2013). *Actualización de costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015 estimacion en un grupo de ptoductores colombianos*. Fepalma, cenipalma.