



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**



**Simulación del proceso de polinización entomófila asistida en las plantaciones  
aceiteras del Shanusi para planificar escenarios futuros de producción, 2018**

**Tesis para optar al título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática**

**AUTOR:**

**Herson Zamora Pinedo**

**ASESOR:**

**Ing. MBA. Miguel Ángel Valles Coral**

**Tarapoto – Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**



**Simulación del proceso de polinización entomófila asistida en las plantaciones  
aceiteras del Shanusi para planificar escenarios futuros de producción, 2018**

**AUTOR:**

**Herson Zamora Pinedo**

**Sustentada y aprobada el 28 de octubre del 2019, ante el siguiente jurado:**

.....  
**Ing. Carlos Armando Ríos López**

**Presidente**

.....  
**Ing. M. Sc. José Enrique Celis Escudero**

**Secretario**

.....  
**Ing. Richard Enrique Injante Ore**

**Vocal**

## Declaratoria de autenticidad

**Herson Zamora Pinedo**, con DNI N° 48472865, egresado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, autor de la tesis titulada: **Simulación del proceso de polinización entomófila asistida en las plantaciones aceiteras del Shanusi para planificar escenarios futuros de producción, 2018**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 28 de octubre del 2019.



.....  
**Bach. Herson Zamora Pinedo**

DNI N° 48472865





## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....  
Firma del Autor

---

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

22 / 11 / 2019



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo le dedico de todo corazón, con mucho cariño y respeto a mis padres **Zoriano Zamora Díaz y Doralisa Pinedo Mera**, quienes fueron el principal pilar de mi desarrollo personal, moral y profesional, quienes desde pequeño inculcaron en mí los valores y enseñanzas de vida, además a mis hermanos **Oscar Delix, Jelver, Lenin y Joaquin Zamora Pinedo**, por depositar su confianza y ese apoyo mutuo que hay entre nosotros, por esos grandes momentos y el esfuerzo que han hecho para apoyarme en el desarrollo de mi carrera. A mi abuelito **Juan de la Cruz Zamora Pérez** quien me transmitió su enseñanza y muchos consejos para afrontar la vida.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida, la salud, la sabiduría y por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi asesor Miguel Ángel Valles Coral, por su acompañamiento y guía profesional, aplicando sus conocimientos y experiencia en el desarrollo de todo este proyecto.

¡Muchas gracias!



## Índice

	Pág.
Dedicatoria .....	vi
Agradecimiento .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Resumen .....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Marco teórico.....	8
1.2.1. Simulación proceso de polinización entomófila asistida.....	8
1.2.1.1. Teoría General de Sistemas .....	10
1.2.1.2. El simulador por computadora .....	11
1.2.1.3. Etapas de una simulación .....	11
1.2.2. Escenarios Futuros.....	14
1.2.2.1. Tiempo de proceso, Costo del proceso, Número de inflorescencia femenina polinizadas mensualmente, Numero de Recurso Humanos. ....	15
<b>CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
Objetivo 1: Caracterizar el proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas.....	22
Objetivo 2: Diseñar el modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas. .	30
Objetivo 3: Planificar escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida.....	37
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Rendimientos y área cubierta por personal que labora en la polinización. ....	16
Tabla 2. Costos de polinización.....	17
Tabla 3. Tratamientos evaluados para identificar la mejor metodología de aplicación de polen en híbridos OxG .....	25
Tabla 4. Comparación de las variables que conforman el racimo y peso medio de frutos en los diferentes tratamientos .....	26
Tabla 5. Estadísticas descriptivas para el tiempo de polinización de una inflorescencia (en segundos) .....	27
Tabla 6. Rendimiento diario del operario de polinización .....	28
Tabla 7. Información con la producción de fruta fresca de palma. ....	29
Tabla 8. Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes con una frecuencia de aplicación de 3 veces. ....	37
Tabla 9. Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes y una frecuencia de aplicación de 5 veces. ....	38
Tabla 10. Producción proyectada. ....	39
Tabla 11. Costos de mano de obra y equipamientos. ....	40
Tabla 12. Utilidades - Ingresos menos egresos .....	41

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Simulación: Etapas de un proyecto de simulación.....	13
Figura 2. Diagrama del proceso de polinización. ....	19
Figura 3. Metodología de la Construcción de un Modelo de Simulación. ....	21
Figura 4. Caracterización del proceso de Polinización.....	22
Figura 5. Análisis de Tipos Frutos y Tipos de Racimos.....	23
Figura 6. Normal Partenocarpicos y Cicatrizados .....	24
Figura 7. Normal Racimo tipo A Racimo tipo B .....	24
Figura 8. Peso medio de racimos en diferentes tratamientos. ....	26
Figura 9. RRF proyectado vs RRF acopiado (Fuente: Memoria Anual 2018 - INDUPALSA, (2018)). .....	30
Figura 10. Etapas de un Estudio de Simulación. ....	32
Figura 11. Diagrama de Forrester de proceso de polinización entomófila asistida.....	33
Figura 12. Diagrama de árbol Causa de la variable población.....	34
Figura 13. Diagrama de árbol causa de la variable Polinización.....	34
Figura 14. Diagrama de árbol causa de la variable Producción. ....	35
Figura 15. Diagrama de árbol causa de la variable Costo de Equipamiento. ....	35
Figura 16. Diagrama de árbol causa de la variable Baja por Obsoletos.....	35
Figura 17. Diagrama de árbol causa de la variable Mano de Obra. ....	36
Figura 18. Diagrama de árbol causa de la variable Utilidades.. ....	36
Figura 19. Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes con una frecuencia de aplicación de 3 veces. ....	37
Figura 20. Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes y una frecuencia de aplicación de 5 veces.....	38
Figura 21. Producción Proyectada.....	39
Figura 22. Costos de mano de obra y equipamientos .....	40
Figura 23. Utilidades - Ingresos menos egresos.....	41

## Resumen

Las plantaciones de palma aceitera requieren de manejo y control de una serie de variables que permitan garantizar un exitoso proceso de cosecha, en el que se garantice altos niveles de eficacia de las plantaciones y eficiencia en el uso de los recursos asignados. El objetivo del proyecto fue diseñar un modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas para la proyección de escenarios futuros de producción. Para ello se realizó un estudio no experimental, de tipo descriptivo propositivo para generar el modelo de simulación aplicando la metodología de dinámica de sistemas. Se trabajó con una muestra de 72 palmicultores de un total de 370 cuyas parcelas están ubicadas en el Distrito de Pampa Hermosa, Provincia de Alto Amazonas, Región Loreto a los cuales se les aplicó un instrumento para conocer el total de hectáreas, número de parcelas, área, año de siembra, hectáreas en producción, con una polinización natural, racimos por planta, kilos por planta y porcentaje de inflorescencia polinizada y sin polinizar. El resultado fue la planificación de escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida utilizando el modelo construido desde el año 2019 hasta el 2030. Se concluye que a través del modelo de simulación creado aplicando la metodología de Dinámica de Sistema es posible predecir escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera del Shanusi con la identificación de las variables que intervienen en el proceso y que son útiles para el proceso de toma de decisiones futuras en el proceso de producción de la palma aceitera.

Palabras clave: Palma, Planificación, Producción, Polinización, Simulación

## Abstract

Oil palm plantations require the management and control of a series of variables that guarantee a successful harvest process, in which high levels of plantation efficiency and efficiency in the use of the assigned resources are guaranteed. The objective of the project was to design a simulation model of the entomophilic pollination process assisted in Shanusi - Yurimaguas oil palm plantations for the projection of future production scenarios. For this, a non-experimental study was carried out, of a descriptive purpose to generate the simulation model applying the methodology of systems dynamics. We worked with a sample of 72 palm growers out of a total of 370 whose plots are located in the District of Pampa Hermosa, Province of Alto Amazonas, Loreto Region to which an instrument was applied to know the total hectares, number of plots, area, year of planting, hectares in production, with a natural pollination, clusters per plant, kilos per plant and percentage of pollinated and unpollinised inflorescence. The result was the planning of future production scenarios in oil palm plantations based on the simulation of the assisted entomophilic pollination process using the model built from 2019 to 2030. It is concluded that through the simulation model created by applying the System Dynamics methodology is possible to predict future production scenarios in the oil palm plantations of Shanusi with the identification of the variables involved in the process and that are useful for the future decision-making process in the production process of the Oil palm.

Keywords: Palm, Planning, Production, Pollination, Simulation.





## Introducción

La polinización requiere de mucha responsabilidad para lograr obtener buenos resultados, motivo por el cual las empresas maneja unas reglas en cuanto a las flores que no son polinizadas diariamente por el trabajador a través de los castigos; el cual consiste en castigar disciplinariamente como llamados de atención, suspensiones o cancelación del contrato al polinizador por flores que deje sin polinizar, en donde se descuenta el incentivo de herramientas y asistencia un valor de 25.51 soles – 29.92 soles aproximadamente dependiendo de los días elaborados en que será descontado en el pago de la quincena. Es un método que ha dado muy buenos resultados y que aún sigue funcionando. Bernal & Andres, (2015)

Según Bernal & Andres, (2015) las aplicaciones de la mezcla polen-talco que se realizan diariamente a las flores son controladas por medio de un rango establecido por las empresas con la finalidad de economizar el insumo de trabajo (polen). Los valores que se manejan están descritos a continuación: Buenos (B): 1.3 – 1.8 gramos, Malos (M): < 1.3 y > 1.8 gramos. Las aplicaciones son controladas a través de estas normas, en donde lo que se busca es que el trabajador entienda hasta donde es permitido por la empresa realizar las aplicaciones. Es importante aclarar que valores por encima o por debajo de los descriptos tendrán el mismo efecto en la flor en el momento de la conformación de los racimos, lo cual no afecta significativamente la flor, lo que se busca es ahorro.

El problema de la polinización radica en la inadecuada distribución de los mosquitos polinizadores en las palmas aceiteras del Shanusi, la cual demanda de mayor coste y tiempo de dicho proceso, y muchas veces por falta de mano de obra calificada se asignan tareas al personal que no ha sido capacitado, los cuales no realizaban un trabajo eficaz y eficiente, por consiguiente causan una alta tasa de mortalidad de los mosquitos y se desconocen de herramientas y tecnologías que ayuden a mejorar dicho proceso, por lo cual se realizó una simulación del proceso de polinización entomófila asistida para panificar escenarios futuros. Esto se respalda con lo afirmado por Bernal & Andres, (2015) los costos de polinización asistida son los siguientes: el kilo de polen se compra a \$500.000 a un proveedor, el cual es el encargado de distribuir el polen a Salamanca Oleaginosas S.A. dos kilos alcanzan  $\pm$  para una semana dependiendo de la explosión de flor que haya, para un total de 8 kilos de polen por mes. En un mes el costo del polen equivale a \$ 4.000.000. En un año el costo de la polinización equivale a \$ 48.000.000. Un bulto de 50 kg. Talco Inerte está costándole a la

empresa \$23.000; el cual alcanza para utilizar hasta por un periodo de tiempo de un mes. Al año se gastan aproximadamente 12 bultos x \$23.000 es \$276.000, Costo total anual es de \$48.276.000.

En nuestro caso, en la realidad identificada nos dimos cuenta del desinterés por conocer nuevos procesos de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi debido que los productores prefieren realizar el proceso de la manera tradicional ya que no cuentan con herramientas ni ayuda de capacitaciones, lo que les conlleva a utilizar mayor tiempo y recurso generando una pérdida en la producción, sin embargo según Céspedes Reátegui, (2014) dice que en los últimos años se están incrementando áreas de cultivo de palma aceitera en la Región Loreto y uno de los factores de la producción es el proceso natural de polinización que en interacción con las condiciones ambientales de la región hace que los medios polinizadores estén condicionados a ejercer una fecundación oportuna y adecuada, obteniendo en muchas plantaciones un bajo rendimiento de racimos, entonces será necesario desarrollar técnicas de polinización asistida, sin embargo; si no aplicamos una dosis adecuada de polen y talco el rendimiento de racimos y de frutos por racimos alcanzará baja productividad. De lo descrito nos permite definir el problema central: una dosis de talco y polen inadecuado en la polinización asistida producirá una baja productividad sobre el rendimiento del racimo por planta de palma aceitera.

Así mismo, existen escasos modelos de simulación para el proceso de polinización entomófila asistida, ya que la simulación sigue siendo una herramienta poco utilizada en sectores productivos en los que esta no se hace imprescindible, ya sea porque la seguridad no es un factor crítico o porque no se aprecia un gran beneficio económico por la utilización de la misma., esto lo confirma Restrepo, (2016) quien indica que “la agricultura de precisión, la automatización y el mejoramiento de prácticas agrícolas, permiten desarrollar estrategias y capacidades para capturar una ventaja competitiva en la evolución agroindustrial. El impacto que ha tenido la tecnología en la industria se evidencia en los incrementos de producción, reducción de costos, eficiencias en transporte, y dentro de estas posibilidades de crecimiento se han identificado diez tecnologías que están cambiando el modo de ver la agroindustria desde el punto de vista tecnológico: Sistemas de Información Geográfica (sig) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS); Dispositivos móviles; Telemática y sensores de suelo, humedad, radiación UV y medio ambiente; identificación por radiofrecuencia (rfid); drones; utilización eficiente de fertilizantes; genética tolerante a herbicidas y sequías; control biológico de plagas; maquinaria y sistemas eléctricos; vehículos autónomos”

Además, es de resaltar la inadecuada planificación de escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basada en simulación del proceso de polinización entomófila asistida, por lo que los productores realizan dicho proceso en una incertidumbre lo que conlleva a que la producción sea baja. Según Fontanilla et al., (2015) realizar polinización asistida implica contar con operarios que además de polinizar, realicen otras labores como alistar insumos y materiales, supervisar la labor de polinizadores y apoyar sus labores, el área asignada a cada operario se encuentra entre 8 y 12 ha al día, a las cuales deben entrar cada dos a tres días durante todo el año. Las diferencias en el área asignada al polinizador entre las plantaciones obedecen a la edad de las palmas, a la dificultad de tránsito en el terreno, así como a la calidad de la labor del operario y a la cantidad de inflorescencias en estado de antesis que se encuentren en el lote, sobre el último aspecto (Ruiz et al., 2015) encontraron tendencias a la baja del rendimiento de los polinizadores conforme aumentó la cantidad de inflorescencias por hectárea en estado antesis. El personal de supervisión se encarga de coordinar la logística de la labor como la asignación del personal, la entrega de insumos y equipos y la supervisión de la calidad. En las plantaciones hay un supervisor por cada 900 a 1.700 ha. En algunas plantaciones, existe el cargo de auxiliar de supervisión (uno por cada 200 a 300 ha) quien verifica el cumplimiento y calidad de la labor.

Lo que se buscó en el proyecto fue verificar en qué medida la simulación del proceso de polinización entomófila asistida en las plantaciones aceiteras del Shanusi, contribuye en la planificación de escenarios futuros de producción, se simuló escenarios del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi, durante el 2019, donde caracterizamos dicho proceso de polinización entomófila asistida, además se diseñó un modelo de simulación del proceso que nos permitió planificar escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización.

La importancia de dicha investigación radica en el control para tomar decisiones en el proceso de polinización de las Palmas Aceiteras del Shanusi, por lo que en el presente proyecto de investigación se diseñó, simuló y analizó los datos obtenidos para mejorar eficientemente este proceso.

La investigación se basa en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida que permitió planificar escenarios futuros de producción para la toma de decisiones de dicho proceso.

En el desarrollo del proyecto nos encontramos con las siguientes limitaciones; que estuvo limitado solo por el tipo de palma aceitera con la que trabajamos siendo está en el híbrido interespecífico DxP (Dura x Pisifera), Tenera; además también por la cantidad de área que se simuló. Otra limitante de la investigación es el escaso material investigativo, siendo un problema complejo y que pocos investigadores han tocado el tema.

La investigación se basó en simular escenarios del proceso de polinización entomófila asistida e plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi, durante el 2018 para el cual se utilizaron los siguientes componentes; caracterización del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras, diseño del modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras y planificación de escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida.

El trabajo se realizó para las instalaciones del Palma Shanusi, que se encuentra ubicado en el Distrito de Pampa Hermosa, Provincia de Alto Amazonas, Región Loreto. Geográficamente la estación se encuentra situada entre las coordenadas 370580 N y 9322964 E, con una altitud de 126 msnm.

# CAPITULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### **Internacionales**

Para Restrepo, (2017), en su investigación Tecnología móvil y software para visualizar las labores en campo y la fuerza laboral en plantaciones de palma de aceite dice que el aumento de la productividad va directamente ligado al crecimiento económico, y el éxito de las empresas se deriva de la capacidad de innovación, inversión en investigación y desarrollo (I+D) y la aplicación de nuevas tecnologías, como lo indican diversos análisis realizados por la Harvard Bussines Review que revelan los incrementos en la productividad de las empresas cuando estas utilizan tecnología de punta. Concluye que “solo se puede mejorar lo que se mide”, y la tecnología móvil, con el uso de un adecuado software, permite incrementar los índices de productividad y hacer una mejor gestión en las plantaciones a través de:

#### **Fuerza laboral**

- a. Mejoramiento en la fuerza laboral, que garantice que los trabajadores hagan su labor donde, cuando y como se debe realizar, asegurando una buena ejecución de sus actividades.
- b. Facilita la gestión administrativa de la mano de obra y asuntos referentes a la gestión de nómina.
- c. Intercambio de las mejores prácticas a través de comparaciones entre trabajadores, lo que permitirá mejorar los tiempos y movimientos, así como su proceso de retroalimentación.

#### **En la plantación:**

- a. Garantiza la visita y la historial palma a palma, desde la siembra hasta su erradicación.
- b. Garantiza la recolección de todo el fruto. Que no se pierdan lores a polinizar, ni plantas no tratadas adecuadamente.
- c. Permite hacer análisis comparativos para expandir las prácticas exitosas.

Fontanilla et al., (2015) En su artículo de investigación Prácticas de Manejo y Costos de Producción de Palma de Aceite Híbrido OxG en Plantaciones de ZO y ZSO en Colombia,



tuvo como objetivo de identificar las prácticas que contribuyen al máximo cumplimiento de los requisitos establecidos por las plantas de extracción de aceite de palma, y cómo estas prácticas son llevadas a cabo por los cultivadores de palma de aceite que reportan los mejores resultados, con una metodología de referenciación competitiva con empresas productoras de híbrido OxG de las Zonas Oriental y Suroccidental de Colombia en el que participaron plantaciones dispuestas a compartir información sobre el manejo agronómico y comportamiento de sus cultivos, en la que concluye que en la polinización, es conveniente indicar que es una labor propia de los materiales híbridos y que debe ser llevada a cabo durante todo su ciclo de vida; los costos de esta labor van desde \$ 700.000/ha hasta \$ 1.100.000/ha de acuerdo con las cifras entregadas por las plantaciones. De este valor aproximadamente el 90 % corresponde a la mano de obra de los polinizadores, los cuales dependiendo de las condiciones de las plantaciones tienen rendimientos que van desde 8 hasta 12 ha por día. Es de considerar que sin la aplicación del polen la producción de racimos es muy baja o nula, por lo que más allá de su rentabilidad se constituye como una necesidad en la siembra de estos materiales.

Zahradníčková, (2014) en su artículo *Scenarios as a strong support for strategic planning* nos detalla la situación de los escenarios en la planificación estratégica. El paso preliminar en la planificación estratégica es la formulación correcta de la declaración de la visión. Una formulación exacta, tiempo. La determinación y la consistencia de todo el contenido, es la condición necesaria para la expresión del estado deseado de la empresa en el futuro horizonte de planificación. El horizonte de planificación racional es de mediano plazo, pero está casi determinado por el carácter del negocio principal (la ingeniería energética, la industria farmacéutica y la construcción de capital utilizan pronósticos de planificación más largos). De la visión formulada se derivan objetivos estratégicos relevantes, que junto con la estrategia básica constituyen la base estratégica, que es el escenario básico. Este escenario describe el cambio de la empresa hacia la posición final sobre la base de información conocida, la actitud de las partes interesadas y la disposición de recursos. El diseño del escenario básico se ha elaborado como si fuera cierto, otras eventualidades no se tienen en cuenta. La práctica gerencial se basa en la toma de decisiones de riesgo, por lo que se considera que el desarrollo futuro puede variar de la visión contemporánea sobre los estados de la naturaleza. La construcción de procesos de escenarios estratégicos peculiares se puede dividir en seis pasos básicos:

- a. Identificación de factores de riesgo y su evaluación de significación.

- b. Elección del riesgo clave, que tiene una influencia esencial en el cumplimiento de los objetivos estratégicos.
- c. Formulación de escenarios y pruebas de su consistencia.
- d. Configuración de la probabilidad de que se produzcan.
- e. Llevar a cabo el "análisis de brechas" para la tasa de cumplimiento de la estimación de objetivos estratégicos.
- f. Corrección de escenarios sobre tasa de riesgo de reserva para la planificación estratégica.

Concluye diciendo que el uso de escenarios que implican riesgos reconocidos surgen en la gestión estratégica cualitativa de nivel superior, aportando mayor firmeza, estabilidad a la empresa, estableciendo objetivos de rendimiento más realistas y finalmente, estimulando el crecimiento del valor de la empresa. El uso de escenarios contribuye a una mejor comunicación con las partes interesadas de la empresa, porque es posible argumentar de forma realista el potencial y las posibilidades de la empresa para el crecimiento en el contexto del desarrollo anticipado del entorno empresarial. El beneficio adicional de la construcción de escenarios es el uso de escenarios como plataforma para el trabajo con variantes estratégicas y la prueba de su factibilidad. La metodología distingue entre escenarios y variantes estratégicas, lo que hace que la toma de decisiones sea más transparente para los gerentes. La actitud de los últimos, pero no menos importantes, es útil para determinar los límites de los valores de rendimiento en los procesos de control.

Bácama López, (2015) En su tesis Monitoreo De Insectos Polinizadores en Palma Africana durante la Época Lluviosa; Coatepeque, Quetzaltenango resalta que en las plantaciones que se manejan el proceso de polinización es realizada de dos formas: de forma asistida, colectando polen, secándolo y posteriormente aplicándolo con talco industrial en la inflorescencia femenina, o introduciendo desde África o Costa Rica el gorgojo *Elaeidobius kamerunicus*, el cual realiza esta labor. Ambos procedimientos incrementan los costos de producción debido al manejo que cada uno de ellos requiere, además de incrementar factores de riesgo, al alterar el equilibrio ecológico debido al desplazamiento que sufren especies nativas. En su objetivo plantea Monitorear e identificar los insectos polinizadores en palma africana (*Elaeis guineensis* Jacquin) durante la temporada lluviosa, en la Finca Campo Verde, Coatepeque, Quetzaltenango, llegando a la conclusión que la producción promedio fue de 37.81 TM/ha. la cual presentó correlación con respecto a la población de insectos colectados durante la investigación, por lo tanto, la cantidad de insectos de las 3 especies presentes en el campo si influye en la producción

## **Nacionales**

Según el MINAGRI, (2016) existe un insuficiente acceso a paquetes tecnológicos para el desarrollo sostenible de la actividad agrícola que requiere de un manejo adecuado de la finca, lo cual implica la realización de buenas prácticas en todas las fases del cultivo, acompañado de un control permanente y empleo de insumos apropiados que maximicen la probabilidad de obtener rendimientos altos durante la vida útil del cultivo.

En la mayoría de fincas de pequeños productores no se cuenta con transferencia tecnológica y la asistencia técnica es muy baja. Actualmente los institutos de investigaciones, universidades especializadas, u otros centros orientados al desarrollo tecnológico en el agro, no cuenta con trabajos de investigación adaptativa o de validación de algún paquete tecnológico específico para la palma aceitera.

Igualmente, para que el manejo del cultivo sea desarrollado de modo sostenible es necesario implementar buenas prácticas productivas en todas las fases del cultivo. En ese sentido contar con asistencia técnica resulta beneficiosa para el mejor desarrollo del cultivo. Sin embargo, la asistencia técnica en campo es limitada, lo que evidencia una importante brecha entre la oferta y demanda de estos servicios, situación que incide en forma negativa para el desarrollo sostenible del cultivo.

## **Locales**

Céspedes Reátegui,(2014) En su tesis Dosis de Polen y Talco en Polinización Asistida Y su Efecto Sobre el Rendimiento de Racimos en *Elaeis Guineensis* Jacq. Palma Aceitera Pampa Hermosa– Yurimaguas. Tuvo como objetivo evaluar diferentes dosis de polen y talco en polinización asistida sobre el rendimiento de racimos en Palma Aceitera de 4 años de edad en la localidad de Naranjal, distrito de Shanusi, provincia de Alto Amazonas. En la que concluye que, en cuanto al número de plantas polinizadas, con resultados óptimos se tiene el tratamiento P3 (1:20) con una media de 155 plantas logradas y esto sucedió en el mes de abril. Estadísticamente los tratamientos no alcanzaron diferencias significativas.

### **1.2. Marco teórico**

#### **1.2.1. Simulación proceso de polinización entomófila asistida**

Para Cantú González, Guardado García, & Balderas Herrera, (2014) en su Revista iberoamericana de producción académica y gestión educativa queda de manifiesto que la

utilización de la simulación en los procesos de manufactura sin lugar a duda es una herramienta de gran aprovechamiento para el desempeño operacional. Gracias a la simulación es posible tomar decisiones sobre probables cambios a efectuar en los procesos de manufactura sin tener que generar cambios físicos que puedan entorpecer las operaciones. El uso de la simulación de procesos mejora la eficiencia, incrementa la moral en el lugar de trabajo y en general contribuye al desempeño operacional.

Para futuros trabajos se recomienda ampliamente efectuar ejercicios complejos de simulación donde puedan ponerse en prueba variables críticas de la operación, también dar continuidad al presente trabajo para el beneficio de agregar elementos de justificación sobre el uso de la herramienta de simulación

Herrera & Becerra, (n.d.) en su investigación sobre Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada, Se pudo establecer una forma novedosa de ver el proceso de simulación de procesos productivos explicado de manera sencilla a través una guía metodológica y sistémica que aclara el concepto de esta técnica para la toma de decisiones, estableciendo específicamente cada una de sus etapas y la forma de llevarlas a cabo, definiendo desde el establecimiento de sus objetivos hasta la utilización de recursos. Se hizo especial énfasis en el análisis de entrada donde implica la recopilación de información y su análisis, determinándose las diferentes pruebas a realizar a nivel de la estadística, su proceso y software más recomendado que se encuentra en el mercado. Este diseño es útil para todo tipo de empresa, aunque se realizó pensando de manera particular para las micro y pequeñas empresas por su desconocimiento en esta herramienta y por los bajos niveles de capacitación técnica en el uso de la estadística y de los modelos cuantitativos incluyendo el manejo de software especializado. Queda abierta la posibilidad de continuar con el análisis de las otras etapas aplicadas a un sistema real en otro estudio posterior.

### **La Polinización**

La Palma Aceitera produce flores masculinas y femeninas, en inflorescencias distintas y en forma separada, en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra, es por esta razón que se necesita de agentes polinizadores para asegurar una buena fructificación. La polinización se debe iniciar entre los 26 a 28 meses de sembrada la Palma. Para asegurar la buena formación de frutos y racimos, con índices de extracción, de más de 20 %, es necesario hacer la polinización asistida, la cual puede ser manual o entomófila. Solsol Arévalo, (2010)

### **Polinización Manual**

Consiste en la utilización de una mezcla de polen – talco, la proporción de mezclas es de 20 partes de talco por uno de polen, de esta mezcla se espolvorea 0.1 gramo/inflorescencia femenina, en estado de antesis (receptiva), tiene olor a anís. El polinizador debe revisar planta por planta para detectar las inflorescencias en estado receptivo, la flor permanece en este estado 03 días, luego caduca, **el porcentaje de fructificación es de 60% de frutos normales.** Solsol Arévalo, (2010)

### **Polinización Entomófila**

Las inflorescencias femeninas y masculinas emiten un suave olor a anís, que atraen especialmente a unos pequeños insectos (curculionidos), que se alimentan y se producen en las flores masculinas, estos insectos tienen el cuerpo cubierto de vellosidades al que se adhieren los granos de polen, que luego debo moverse entre las flores femeninas van liberando y asegurando la polinización de estas. Uno de los insectos que mejor se ha establecido en plantaciones de América, es el *Elaeidobius Kamerunicus*, recomendamos la polinización entomófila. Se capturan los insectos en los cultivos adultos de más de 07 años de edad, luego se los libera en los cultivos jóvenes. La liberación de los polinizadores obedece a un sistema que asegure una población de 20 000 insectos/Ha. cada tres días. con la polinización entomófila, **el porcentaje de fructificación es de 80%.**

Ambas modalidades de polinización se suspenden entre 6 y 7 años 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 se han establecido asegurando de esta manera el fructificación de las flores femeninas en forma natural. **El porcentaje de fructificación alcanza el 85 – 95% de frutos normales.** Solsol Arévalo, (2010)

#### **1.2.1.1. Teoría General de Sistemas**

Según Bertalanffy (1976) citado por Arnold & Osorio, (1998) se puede hablar de una filosofía de sistemas, ya que toda teoría científica de gran alcance tiene aspectos metafísicos. El autor señala que "teoría" no debe entenderse en su sentido restringido, esto es, matemático, sino que la palabra teoría está más cercana, en su definición, a la idea de paradigma de Kuhn. El distingue en la filosofía de sistemas una ontología de sistemas, una epistemología de sistemas y una filosofía de valores de sistemas.



La ontología se aboca a la definición de un sistema y al entendimiento de cómo están plasmados los sistemas en los distintos niveles del mundo de la observación, es decir, la ontología se preocupa de problemas tales como el distinguir un sistema real de un sistema conceptual. Los sistemas reales son, por ejemplo, galaxias, perros, células y átomos. Los sistemas conceptuales son la lógica, las matemáticas, la música y, en general, toda construcción simbólica. Bertalanffy entiende la ciencia como un subsistema del sistema conceptual, definiéndola como un sistema abstraído, es decir, un sistema conceptual correspondiente a la realidad. El señala que la distinción entre sistema real y conceptual está sujeta a debate, por lo que no debe considerarse en forma rígida.

### 1.2.1.2. El simulador por computadora

Para Tarifa, (1988) la simulación por computadoras está compuesto por las siguientes partes:

- a. **Un modelo:** Es un modelo simbólico. Puede ser un conjunto de ecuaciones, reglas lógicas o un modelo estadístico.
- b. **El evaluador:** Es el conjunto de procedimientos que procesarán el modelo para obtener los resultados de la simulación. Puede contener rutinas para la resolución de sistemas de ecuaciones, generadores de números aleatorios, rutinas estadísticas, etc.
- c. **La interfaz:** Es la parte dedicada a interactuar con el usuario, recibe las acciones del mismo y presenta los resultados de la simulación en una forma adecuada. Esta unidad puede ser tan compleja como la cabina utilizada en los simuladores de vuelos profesionales.

### 1.2.1.3. Etapas de una simulación

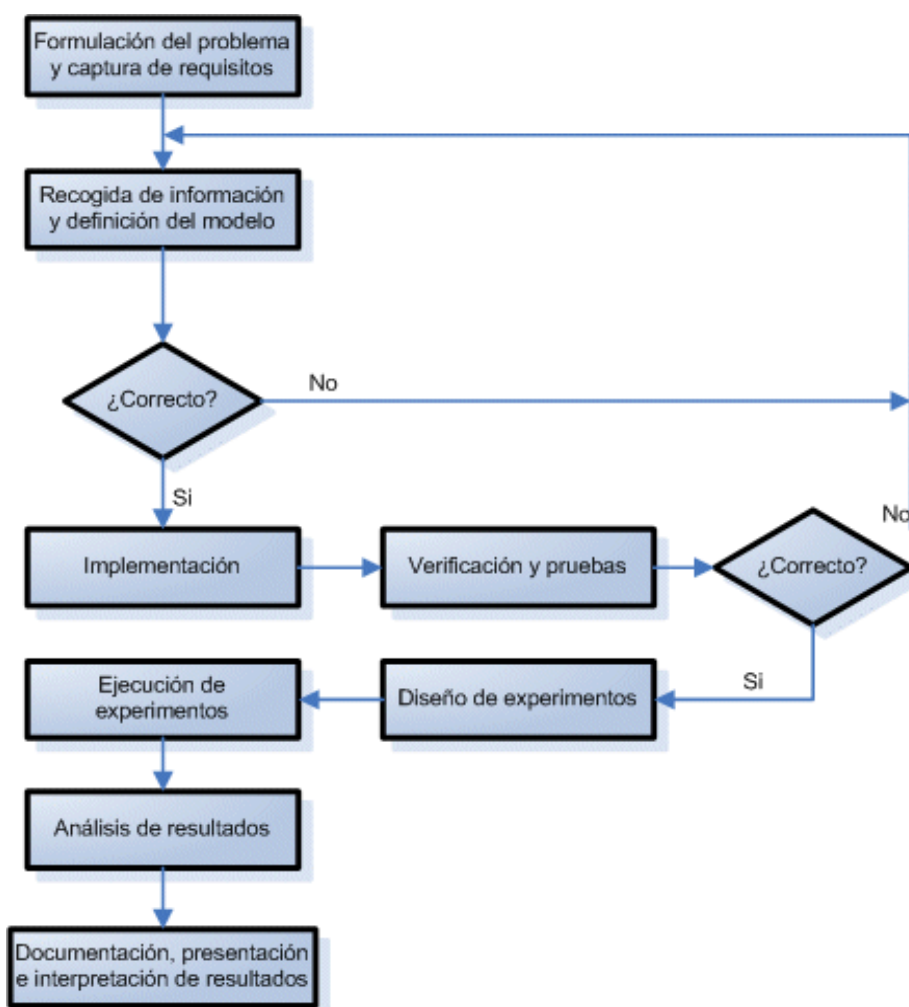
En el desarrollo de una simulación se pueden distinguir las siguientes etapas Tarifa, (1988)

- a. **Formulación del problema:** En este paso debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación. El cliente y el desarrollador deben acordar lo más detalladamente posible los siguientes factores: los resultados que se esperan del simulador, el plan de experimentación, el tiempo disponible, las variables de interés, el tipo de perturbaciones a estudiar, el tratamiento estadístico de los resultados, la complejidad de la interfaz del simulador, etc. Se debe establecer si el simulador será operado por el usuario o si el usuario sólo recibirá los resultados. Finalmente, se debe establecer si el usuario solicita un trabajo de simulación o un trabajo de optimización.

- b. Definición del sistema:** El sistema a simular debe estar perfectamente definido. El cliente y el desarrollador deben acordar dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el medioambiente que serán consideradas.
- c. Formulación del modelo:** Esta etapa es un arte y será discutida más adelante. La misma comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real. Los aspectos relevantes del sistema real dependen de la formulación del problema; para un ingeniero de seguridad los aspectos relevantes de un automóvil son diferentes de los aspectos considerados por un ingeniero mecánico para el mismo sistema. Este modelo simple se irá enriqueciendo como resultado de varias iteraciones.
- d. Colección de datos:** La naturaleza y cantidad de datos necesarios están determinadas por la formulación del problema y del modelo. Los datos pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorios o mediciones realizadas en el sistema real. Los mismos deberán ser procesados adecuadamente para darles el formato exigido por el modelo.
- e. Implementación del modelo en la computadora:** El modelo es implementado utilizando algún lenguaje de computación. Existen lenguajes específicos de simulación que facilitan esta tarea; también, existen programas que ya cuentan con modelos implementados para casos especiales.
- f. Verificación:** En esta etapa se comprueba que no se hayan cometido errores durante la implementación del modelo. Para ello, se utilizan las herramientas de debugging provistas por el entorno de programación.
- g. Validación:** En esta etapa se comprueba la exactitud del modelo desarrollado. Esto se lleva a cabo comparando las predicciones del modelo con: mediciones realizadas en el sistema real, datos históricos o datos de sistemas similares. Como resultado de esta etapa puede surgir la necesidad de modificar el modelo o recolectar datos adicionales.
- h. Diseño de experimentos:** En esta etapa se decide las características de los experimentos a realizar: el tiempo de arranque, el tiempo de simulación y el número de simulaciones. No se debe incluir aquí la elaboración del conjunto de alternativas a probar para seleccionar la mejor, la elaboración de esta lista y su manejo es tarea de la optimización y no de la simulación. Debe quedar claro cuando se formula el problema si lo que el cliente desea es un estudio de simulación o de optimización.

Experimentación: En esta etapa se realizan las simulaciones de acuerdo el diseño previo. Los resultados obtenidos son debidamente recolectados y procesados.

- i. **Interpretación:** Se analiza la sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros que tienen asociados la mayor incertidumbre. Si es necesario, se deberán recolectar datos adicionales para refinar la estimación de los parámetros críticos.
- j. **Implementación:** Conviene acompañar al cliente en la etapa de implementación para evitar el mal manejo del simulador o el mal empleo de los resultados del mismo.
- k. **Documentación:** Incluye la elaboración de la documentación técnica y manuales de uso. La documentación técnica debe contar con una descripción detallada del modelo y de los datos; también, se debe incluir la evolución histórica de las distintas etapas del desarrollo. Esta documentación será de utilidad para el posterior perfeccionamiento del simulador.



**Figura 1.** Simulación: Etapas de un proyecto de simulación. ( Fuente: Simulación: Etapas de un proyecto de simulación:, Carlos, (2012) ).

### **1.2.2. Escenarios Futuros.**

Baranzelli et al., (2017) Nos dice que comprender el presente, analizar los requerimientos del porvenir y elaborar escenarios futuros. La comprensión del presente se refiere a conocer qué ha sido el sistema territorial los últimos cincuenta años, es decir, hacer una retrospectiva. Trata, en suma, de identificar el mayor número posible de variables que incidieron e inciden en el comportamiento de un territorio.

El análisis de los requerimientos de porvenir se refiere a ubicar las variables del sistema territorial en tendencias pesadas, emergentes y hechos portadores de futuro. Luego, hacer un análisis estructural para conocer la influencia o la dependencia de las variables contrastadas entre sí.

La elaboración de escenarios versa sobre la elaboración de hipótesis y un análisis del comportamiento de tales hipótesis para finalmente construir escenarios futuros para un sistema territorial. Incluye, además, optar con la variable largo plazo sobre un escenario futuro deseado. El sistema análisis Está compuesto, a modo de ejemplo, por tres grandes subsistemas: el institucional, el sociocultural y el productivo.

Mejía Argueta, Agudelo, & Soto Cardona, (2016). Para los procesos de planeación y creación de estrategias tanto a nivel corporativo como operacional existen diferentes metodologías con enfoques variados que pueden ser implantadas por los gerentes planeadores. Dentro de estas metodologías, una de las que ha cobrado mayor fuerza en los últimos años es la de planeación por escenarios, ya que tiene en cuenta la incertidumbre en el largo plazo tanto en el ámbito externo, es decir, del entorno en donde se encuentra la empresa, como en el ámbito interno de la compañía misma. No obstante, la planeación de escenarios ha sido poco utilizada en el mundo y aún menos en mercados emergentes, donde la mayoría de empresas se centran más en solucionar problemas de su actualidad que en planear para horizontes futuros.

Esta herramienta ofrece la creación de imágenes futuras sobre ciertos temas. Las imágenes se construyen mediante elementos cualitativos y cuantitativos, considerando su interrelación, logrando alta consistencia entre todos los elementos, Zahradníčková, (2014).

Es importante resaltar que el método de planeación de escenarios se aplica exclusivamente para toma de decisiones a largo plazo, con alto grado de incertidumbre y que generen un impacto estratégico, significativo y duradero. La planeación de escenarios utiliza múltiples

y diferentes visiones estructuradas del futuro para ayudar a los planeadores (gerentes) a considerar diferentes entornos con los que sus planes se pueden encontrar, Phadnis, (2012).

El término planeación de escenarios incluye un amplio espectro de procesos de planeación, que va desde la planeación estratégica con el diseño de una gran variedad de escenarios, hasta la planeación táctica en donde se usan simulaciones involucrando miles de escenarios posibles, Phadnis, (2012).

#### **1.2.2.1. Tiempo de proceso, Costo del proceso, Número de inflorescencia femenina polinizadas mensualmente, Numero de Recurso Humanos.**

Fontanilla et al., (2015). Los híbridos son materiales que debido a sus condiciones fisiológicas requieren polinización asistida durante toda su vida útil, por lo cual un inversionista que desee sembrar estos materiales debe considerar la disponibilidad de mano de obra en la zona.

#### **Requerimientos de mano de obra**

Realizar polinización asistida implica contar con operarios que además de polinizar, realicen otras labores como alistar insumos y materiales, supervisar la labor de polinizadores y apoyar sus labores. Se muestran los requerimientos de mano de obra que tienen las nueve plantaciones visitadas entorno de la labor de polinización, así como los rendimientos y el área que cubren.

Como se observa en la Tabla, el área asignada a cada operario se encuentra entre 8 y 12 ha al día, a las cuales deben entrar cada dos a tres días durante todo el año. Las diferencias en el área asignada al polinizador entre las plantaciones obedecen a la edad de las palmas, a la dificultad de tránsito en el terreno, así como a la calidad de la labor del operario y a la cantidad de inflorescencias en estado de antesis que se encuentren en el lote, sobre el último aspecto Fontanilla et al., (2015) encontraron tendencias a la baja del rendimiento de los polinizadores conforme aumentó la cantidad de inflorescencias por hectárea en estado antesis. El personal de supervisión se encarga de coordinar la logística de la labor como la asignación del personal, la entrega de insumos y equipos y la supervisión de la calidad. En las plantaciones hay un supervisor por cada 900 a 1.700 ha. En algunas plantaciones, existe el cargo de auxiliar de supervisión (uno por cada 200 a 300 ha) quien verifica el cumplimiento y calidad de la labor.

**Tabla 1**

*Rendimientos y área cubierta por personal que labora en la polinización.*

<b>Plantación</b>	<b>Polinizadores</b>	<b>Supervisores</b>	<b>Auxiliares</b>
	<b>Rendimiento (Ha/Jornal)</b>	<b>Área cubierta (Ha)</b>	<b>Área cubierta (Ha)</b>
A	10 – 12	1.250	325
B	10	-	240
C	9 – 11	-	
D	10	-	-
E	8.5 – 9.6 *	1.400	200
F	7 – 10	-	-
G	10	1.701	-
H	12	900	225
I	10 – 12**	1.038	207

\* 8.5 ha en palma inferior a los 5 años y 9.6 ha en palma mayor de 7 años

\*\* 12 ha en lotes con topografía plana y 10 ha en lotes con dificultad de tránsito.

Fuente: Revista Palmas. Bogotá (Colombia) vol. 36 (4) 11-29, octubre-diciembre 2015 20, Fontanilla et al., (2015).

### **Costos asociados a la labor de polinización**

Los costos reportados por las plantaciones participantes. El costo promedio en las plantaciones de la Zona Oriental fue de \$ 1.032.003 /ha, que incluye la mano de obra de polinización y supervisores de la misma, los insumos (polen + talco), el costo de administración y el transporte de los operarios, así como bonificaciones monetarias pagadas para incentivar la labor. El mayor rubro en la polinización corresponde a la mano de obra, que alcanza el 80 % de la participación del total de costos, en las condiciones de esta zona los jornales pagados alcanzan los \$ 45.000/día (valor pagado al operario, prestaciones sociales y transporte de los operarios desde municipios cercanos a las plantaciones, en recorridos que llegan a los 45 minutos).

Respecto a los insumos, polen y talco, se encontró que representan alrededor del 12 % del costo de la labor, con aplicaciones que van desde 300 hasta 600 gramos de polen por hectárea/año y una relación de polen talco de 1:10, es decir, por cada gramo de polen se emplean 10 gramos de talco. Fontanilla et al., (2015)

**Tabla 2***Costos de polinización*

<b>Zona</b>	<b>Plantación</b>	<b>Costo (\$/Ha)</b>	<b>N° de veces en el año que ingresan a una hectárea</b>
	A	962.500	150
Oriental	B	1.100.000	156
	C	1.033.000	156
	G	883.894	-
Suroccidental	H	700.000	156
	I	845.988	156

Fuente: Revista Palmas. Bogotá (Colombia) vol. 36 (4) 11-29, octubre-diciembre 2015 20, Fontanilla et al., (2015)

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en las plantaciones de palma aceitera del Shanusi que se encuentra ubicado en el Distrito de Pampa Hermosa, Provincia de Alto Amazonas, Región Loreto. Geográficamente se encuentra situada entre las coordenadas 370580 N y 9322964 E, con una altitud de 126 msnm. Las condiciones climatológicas son estables y favorables para la producción y crecimiento de la palma aceitera. La información climatológica se recuperó de la fuente Climate-Data.org, (2019). El clima está clasificado como tropical con precipitaciones significativas, incluso en el mes más seco hay mucha lluvia. Esta ubicación está clasificada como Af por Köppen y Geiger, (n.d). La temperatura media anual es 26.6 ° C. La precipitación es de 2098 mm al año, la más baja en julio, con un promedio de 95 mm; la mayor parte de la precipitación aquí cae en marzo, promediando 254 mm. la temperatura media es de 27.0 ° C, septiembre es el mes más caluroso del año, julio es el mes más frío, con temperaturas promediando 26.0 ° C. Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 159 mm y a lo largo del año, las temperaturas varían en 1.0 ° C.

El estudio es de tipo descriptivo propositivo, para realizarlo se ha llevado a cabo un estudio de las características del proceso de polinización entomológica asistida a través del estudio de diferentes teorías reflejadas en el marco teórico y también en gabinete, ya que asistimos a campo y en el mismo hicimos una recolección de datos mediante instrumentos. De una población de 370 palmicultores se tomó a una muestra de 72 en un estudio no experimental para recoger los datos y características del proceso productivo de palma aceitera.

Dichos datos recolectados con el instrumento son los siguientes: El total de hectáreas por palmicultor, el número de parcelas, el área de cada parcela, año de siembra y producción, de las cuales se obtuvo la cantidad de hectáreas en producción, en campo nos encontramos con la variedad de palma aceitera Dura x Pisifera (Tenera), con una polinización natural, además también se obtuvo el número de racimos por planta, de los cuales se hizo el cálculo con un 95% del total de racimos eran normales y el 5% faltante racimos malformados, obteniendo como resultado la producción en kilos por planta, también se obtuvo el porcentaje de inflorescencia polinizada y sin polinizar.



Además, se realizaron diversas actividades organizadas de acuerdo a los objetivos del proyecto en función a la cual estructuramos el capítulo de.

Para la caracterización del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas, nos basamos en el siguiente proceso: se realizó una entrevista, visita de campo, recolección de datos y el costo de producción donde se ve costo de producción de 1 Kg de polen y costos de polinización Has/año.

En la descripción del proceso de Polinización entomófila asistida para el área de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas, se utilizó como medio de recolección de investigación la entrevista, la cual brinda la posibilidad de conocer el entorno del palmicultor y deja en claro que puede expresar sus pensamientos con total claridad y poder realizar la descripción correspondiente al proceso mencionado.

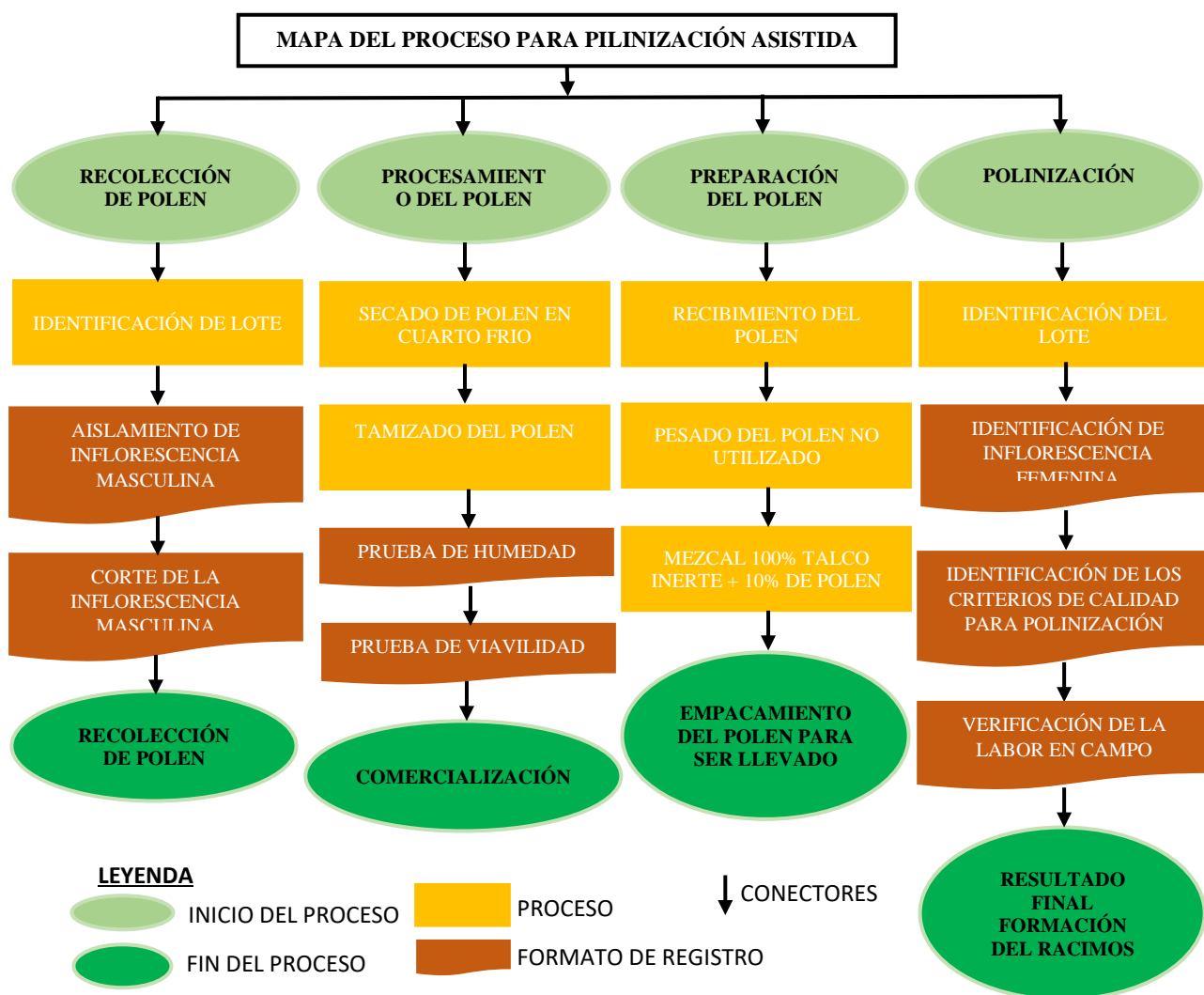


Figura 2. Diagrama del proceso de polinización. (Fuente: Torres Beltran, (2014))

Para asegurarnos formulamos un adecuado modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida, se ha tenido que realizar la caracterización del proceso, que incluye entender el proceso mediante la revisión de literatura que se encuentra en el marco teórico, además de diversa bibliografía que no necesariamente ha sido citada.

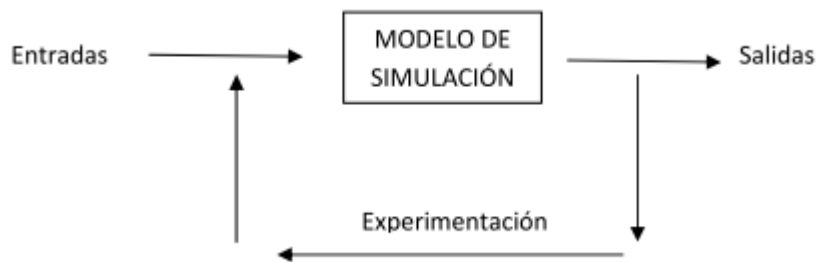
El diseño del modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas. El modelo de simulación se realizó con el software Vensim que es una herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Esta herramienta provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación mediante diagramas de influencias y diagramas de Forrester. Dormido Canto & Morilla Garcia, (2005).

Dormido Canto & Morilla Garcia, (2005) nos describen un resumen los pasos típicos para construir y utilizar modelos en Vensim.

- 1) Construya un modelo o abra un modelo existente.
  - a) Dibujo del modelo.
  - b) Introducción de las ecuaciones.
  - c) Unidades de las variables
  - d) Examinar la estructura del modelo y sus unidades.
- 2) Examinar la estructura del modelo utilizando las herramientas de análisis.
- 3) Simular el modelo cambiando los parámetros para ver cómo responde.
- 4) Examinar el comportamiento del modelo mediante las herramientas de análisis.
- 5) Realizar diferentes experimentos para entender y refinar el modelo.

Según Grande Blesa, Azcárate Camio, & Mallor Giménez, (2011). En su tesis de Desarrollo y Validación de un Modelo de Simulación para el Complejo Asistencial Médico Tecnológico de Navarra (CAMTNA). Plantea la comprensión de un fenómeno o de un problema a través del proceso de construcción de un modelo de simulación por ordenador, que representa el grado de conocimiento que se tiene del sistema en el momento de la construcción del modelo que lo representa. El modelo se debe entender como un instrumento de investigación sometido a revisión continua para conseguir un refinamiento progresivo en la comprensión del sistema.

### Modelo de Simulación por Ordenador



*Figura 3.* Metodología de la Construcción de un Modelo de Simulación.

La planificación escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida. Se obtuvo la ecuación de regresión que calcularon los valores estimados y se compararon con los valores reales. Para poder hacer estimaciones a futuro y complementar la información histórica fue necesario estimar algunos datos faltantes, para lo cual se utilizó la mediana de la serie de datos existentes. Cordero, Barboza, & Steriing, (1994)

Los datos de producción usados para generar el modelo se obtuvieron al promediar la producción mensual por hectárea de todas las unidades de producción sembradas entre los años 2000 al 2015. La producción se expresó como el promedio móvil de 3 meses (mes anterior, actual y posterior). Cordero et al., (1994)

# CAÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados organizados de acuerdo a los objetivos del estudio.

### Objetivo 1: Caracterizar el proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas

#### Caracterización del proceso de Polinización

Para la caracterización del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi se realizaron el siguiente diagrama que ayudó a tener un mejor entendimiento de dicho proceso.

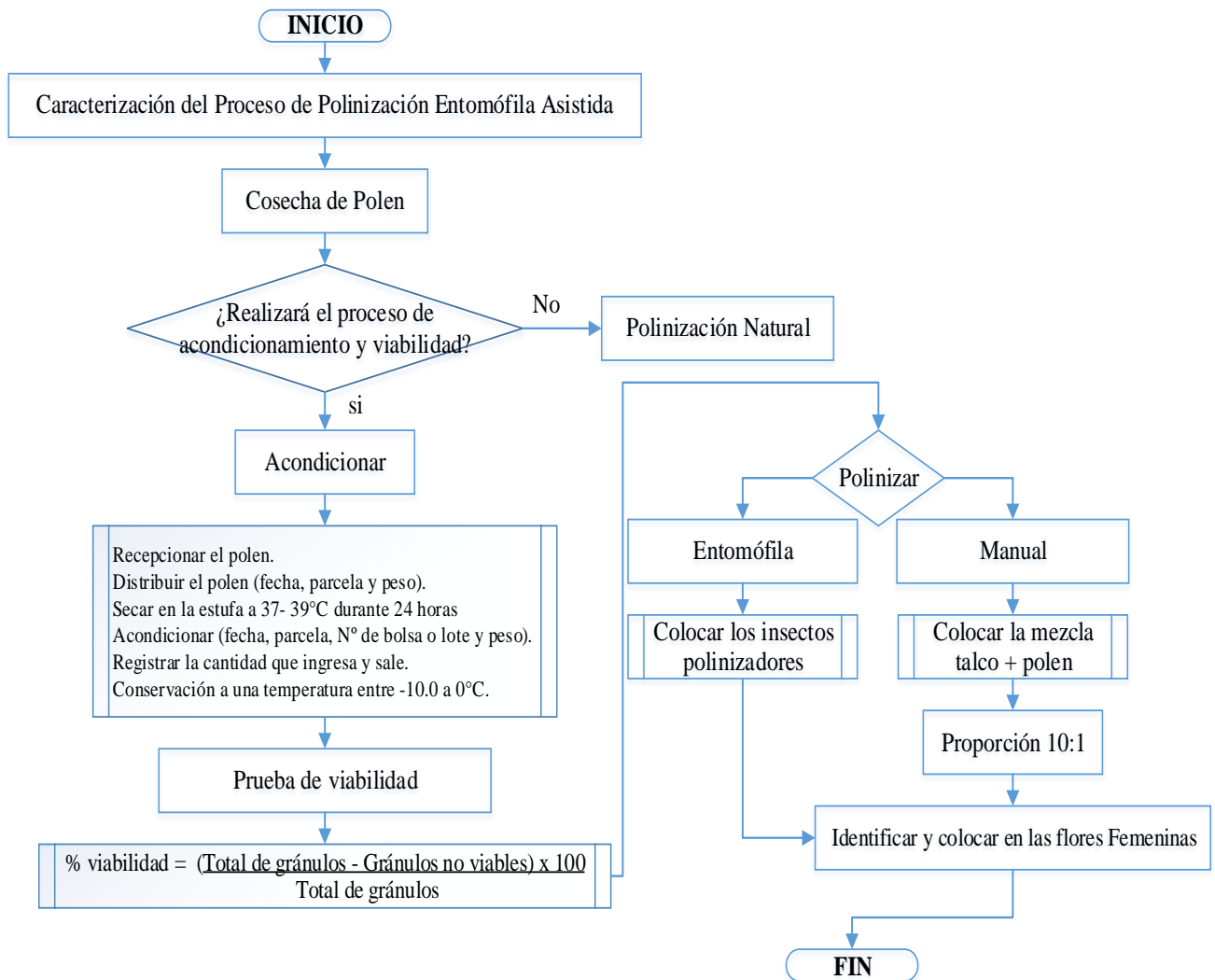
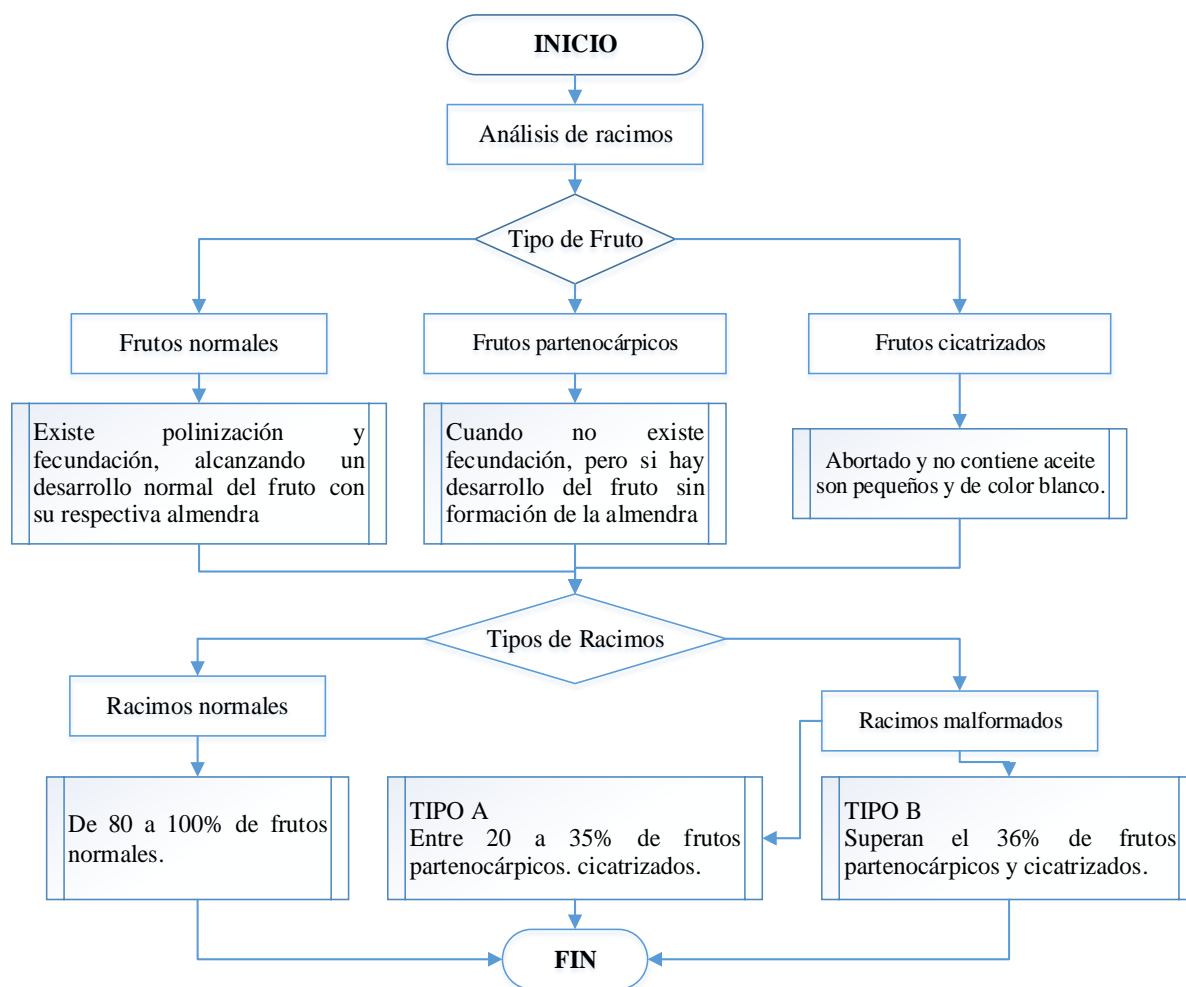


Figura 4. Caracterización del proceso de Polinización. (Fuente: elaboración Propia).

## Análisis de Tipos Frutos y Tipos de Racimos



**Figura 5.** Análisis de Tipos Frutos y Tipos de Racimos. (Fuente: elaboración Propia).

Para entender la **Figura 5** se describe continuación cada paso diagramado.

### Análisis de Racimo

#### Tipos de frutos

- **Frutos normales:** Existe polinización y fecundación, alcanzando un desarrollo normal del fruto con su respectiva almendra (embrión)
- **Frutos partenocarpicos:** Cuando no existe fecundación, pero si hay desarrollo del fruto sin formación de la almendra (embrión). Estos frutos tienen forma alargada.
- **Frutos cicatrizados o infértiles:** Aquel que es abortado y no contiene aceite son pequeños y de color blanco.



Figura 6. Normal Partenocarpicos y Cicatrizados

### Tipos de racimos

- **Racimos normales:** Cuando existe aproximadamente de 80 a 100% de frutos normales.
- **Racimos malformados:**

**Tipo A:** Aquellos racimos que presentan aproximadamente entre 20 a 35% de frutos partenocarpicos y cicatrizados.

**Tipo B:** Aquellos racimos que superan el 36% de frutos partenocarpicos y cicatrizados.



Figura 7. Normal Racimo tipo A Racimo tipo B

Un estudio realizado en la plantación Guaicaramo S.A., ubicada a 7 kilómetros del municipio de Barranca de Upía (norte del Meta) a 190 m de altitud, latitud 4° 29 N y longitud 72° 57 W; precipitación promedio anual de 2.004 mm, humedad relativa de 85% y temperatura media de 27° C. En lotes de material híbrido interespecífico alto oleico (OxG) cruzamiento Coari x La Mé (la cabaña) de 8 años de siembra, seleccionando un total de 150 inflorescencias femeninas en el estadio fenológico 603 (preantesis 3), teniendo como referencia la escala fenológica para palma de aceite desarrollada por Martínez, Forero, Ruiz, & Romero, (2010).

Se consideraron dos factores: el primero está relacionado con el tipo de agente dispersante que se mezcla con el polen, donde se utilizaron talco inherente y agua destilada, y el segundo factor se refiere a la remoción parcial (destape), o a la no remoción de la bráctea peduncular que rodea la inflorescencia. En el caso del talco inerte, se manejó una relación de mezcla 1:7 colocando 0,18 g de polen en 1,26 g de talco. En el agua destilada se usó la misma cantidad

de polen (0,18 g) en 60 cc de agua por inflorescencia. Adicionalmente se estableció un tratamiento control sin polinización artificial (bajo libre polinización), en la **Tabla 3** se presentan los tratamientos resultantes de la interacción de los factores anteriormente descritos. Rosero & Santacruz, (2014).

**Tabla 3**

*Tratamientos evaluados para identificar la mejor metodología de aplicación de polen en híbridos OxG*

Tratamiento	Mezcla	Bráctea peduncular
1	Polen + Talco	Sin destape
2	Polen + Talco	Con destape
3	Polen + Agua	Sin destape
4	Polen + Agua	Con destape
5	Libre polinización	

Fuente: Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A. Rosero & Santacruz, (2014)

Como resultados de dichos tratamientos se muestra la **Tabla 4** muestra que los mayores valores de peso del racimo (PR) se encontraron en los tratamientos donde la aplicación del polen se realizó en mezcla con talco (T1 y T2), mostrando diferencias significativas con la aplicación de polen en medio líquido sin destape de bráctea (T3) y con el tratamiento de libre polinización (T5). Sin embargo, en términos de tendencia se observó una leve disminución en el PR en los tratamientos en medio líquido (T3 y T4), con respecto a los tratamientos en los cuales se utilizó el talco como agente disperso. La drástica reducción del PR en el tratamiento de libre polinización está asociada principalmente a problemas en el cuajado de frutos normales y partenocárpicos. Rosero & Santacruz, (2014)

La conformación de racimos con relación al número de frutos partenocárpicos (FFP) y abortos (FAB) no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos en los cuales se realizó polinización asistida, pero sí con relación al tratamiento de libre polinización(T5); el mayor porcentaje para la variable (FFP) se observó en el tratamiento de polen en medio líquido con destape de bráctea (T4), con un valor de 64,2 %. Por otra parte, en términos de tendencia el tratamiento con polen en medio líquido sin destape de la bráctea (T3) mostró un mayor porcentaje de (FAB) con un valor de 24,2 %. Sin embargo, el mayor (FAB) se presentó en el tratamiento de libre polinización (T5), con un valor medio de 64,42 % (**Tabla 4**). Rosero & Santacruz, (2014).

**Tabla 4**

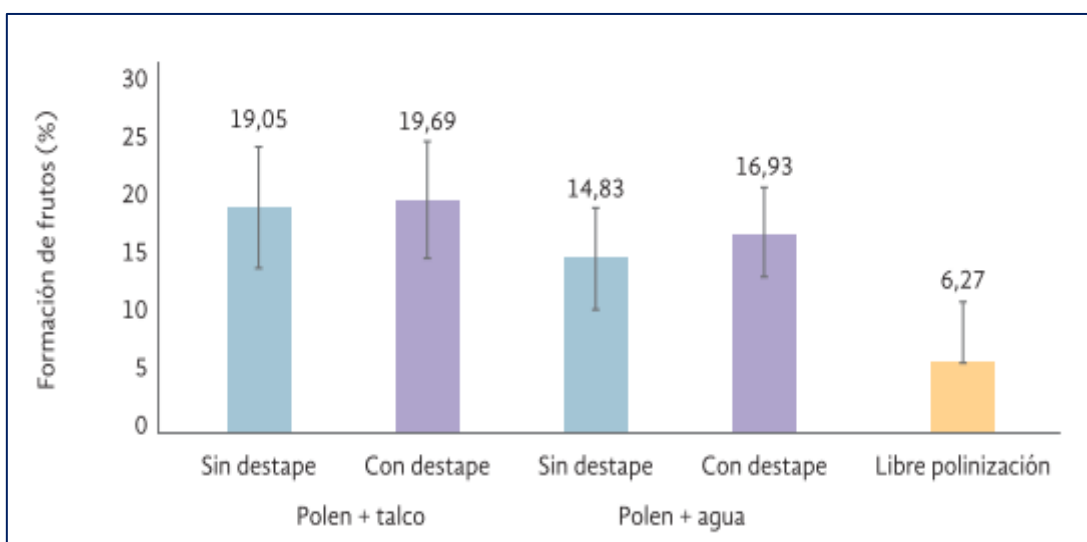
*Comparación de las variables que conforman el racimo y peso medio de frutos en los diferentes tratamientos*

Trat.	Mezcla	Bráctea	PR (Kg)	FFN (%)	FFP (%)	FAB(%)	PPFN (g)	PPFP (g)						
T1	Polen +	SD	19,05	a	26,95	a	63,88	a	9,17	a	10,34	a	2,62	a
T2	Talco	CD	19,69	a	28,83	a	61,52	a	9,65	a	9,28	a	2,25	a
T3	Polen +	SD	14,83	b	14,81	b	61,03	a	24,16	a	11,04	a	2,57	a
T4	Agua	CD	16,93	ab	23,04	ab	64,20	a	12,75	a	10,09	a	2,64	a
T5	Libre polinización		6,27	c	4,63	c	30,95	b	64,42	b	8,37	b	1,66	b

Fuente: Rosero & Santacruz, (2014)

SD, sin destape; CD, con destape; PR, peso de racimo; FFN, formación de frutos normales; FFP, formación de frutos partenocárpico; FAB, formación de abortos; PPFN, peso promedio de frutos normales; PPFP, peso promedio de frutos partenocárpico.

Las variables con letras distintas sobre las columnas indican diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 8.** Peso medio de racimos en diferentes tratamientos. (Fuente: Rosero & Santacruz, (2014)).

Según Fontanilla et al., (2016), después de un mes de seguimiento a la labor de polinización asistida en lotes de *Elaeis Oleifera*, se obtuvieron 1.271 registros de detenciones efectivas en las que se polinizó desde una hasta cuatro inflorescencias en anthesis por palma. Las estadísticas descriptivas para el tiempo de polinización de una inflorescencia se presentan en la **Tabla 5**.



**Tabla 5**

*Estadísticas descriptivas para el tiempo de polinización de una inflorescencia (en segundos)*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>
Media x	51.44
Mediana	48.0
Desviación estándar (sd)	20.91
Máximo	154

Fuente: Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida. Fontanilla et al., (2016)

Los suplementos que fueron calculados para cada jornada de trabajo evaluada, acogen las compensaciones de tiempo por demoras atribuibles al ejercicio de la labor como consecuencia de la fatiga (básica, por calor y por peso cargado), así como de las necesidades básicas personales y del tedio. Cabe destacar que, en entornos calurosos, el tiempo sugerido de descanso del trabajador puede variar dependiendo del esfuerzo que exige la labor, un mayor esfuerzo físico lo puede conducir más rápido a enfrentar fatiga por calor. Por lo anterior y considerando que los operarios de polinización recorren grandes distancias a pie durante su jornada, se consideró que la exigencia está entre liviana y moderada (cuando se la compara con la cosecha, cuya exigencia física es alta). El resumen de los suplementos calculados y el rendimiento diario expresado en hectáreas por hora, estimados para las jornadas de polinización evaluadas se presentan en la **Tabla 6**. Fontanilla et al., (2016)

**Tabla 6***Rendimiento diario del operario de polinización*

Fecha	TT* (h)	TE** (h)	Área neta (h)	Trabajo liviano			Trabajo moderado		
				Suple mento	TS (h)	Rendimiento to (ha/h)	Suple mento	TS (h)	Rendimiento to (ha/h)
15/09/14	2.0	2.6	5,13	15 %	3.04	1.7	78 %	4.71	1.1
16/09/14	5.0	4.0	4,41	15 %	4.57	2.0	157 %	10.21	0.9
17/09/14	6.5	4.4	8,24	15 %	5.00	1.9	67 %	7.29	1.3
18/09/14	4.5	4.1	7,98	15 %	4.75	1.9	39 %	5.74	1.6
19/09/14	5.6	5.0	10,80	15 %	5.79	2.1	139 %	12.05	1.0
22/09/14	5.3	4.9	10,80	15 %	5.63	2.1	47 %	7.19	1.6
23/09/14	4.4	4.1	7,98	15 %	4.68	2.0	45 %	5.89	1.6
24/09/14	5.5	5.3	10,80	15 %	6.12	2.1	69 %	9.01	1.4
25/09/14	4.1	3.8	7,98	15 %	4.43	2.1	46 %	5.62	1.6
26/09/14	3.6	3.0	6,03	15 %	3.45	2.0	52 %	4.56	1.5
29/09/14	6.1	4.5	8,17	15 %	5.15	1.8	57 %	7.01	1.3
30/09/14	4.8	4.4	7,98	15 %	5.07	1.8	126 %	9.97	0.9
1/10/14	4.6	3.5	8,85	59 %	5.56	1.5	279 %	13.28	0.6
2/10/14	2.0	1.9	1,95	15 %	2.20	1.8	101 %	3.85	1.0
3/10/14	4.9	4.8	7,98	15 %	5.52	1.6	141 %	11.56	0.8
8/10/14	4.7	4.3	7,98	15 %	4.94	1.8	15 %	4.94	1.8
9/10/14	5.7	5.4	10,80	15 %	6.18	2.0	15 %	6.18	2.0
10/10/14	3.9	3.8	7,98	15 %	4.33	2.0	21 %	4.57	1.9
14/10/14	5.2	4.6	10,80	15 %	5.29	2.3	93 %	8.87	1.4
15/10/14	4.2	3.5	7,98	78 %	6.20	1.5	321 %	14.64	0.6

\*Tiempo total de la jornada

\*\* Tiempo efectivo

Fuente: Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida. Fontanilla et al., (2016)

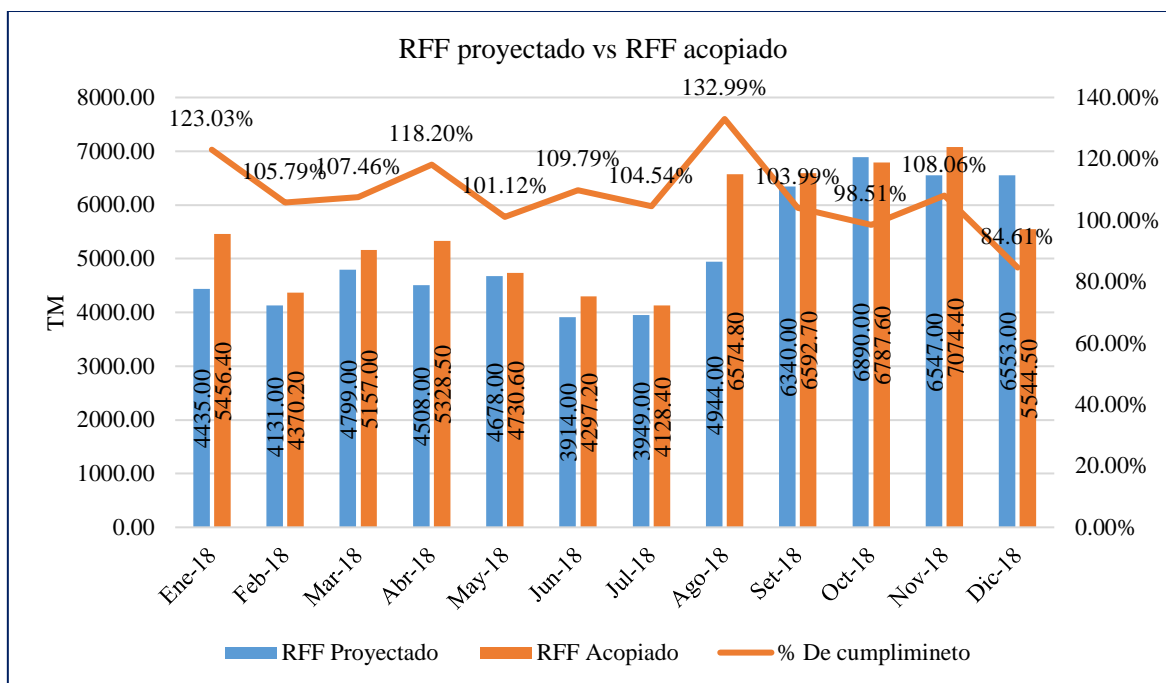
Según INDUPALSA, (2018). Se logró acopiar un total de 66,042.39 TM de racimos de fruta fresca de palma (RFF) de los cuales el 58.52% procede de la zona de Loreto y el 41,48% de la zona de San Martín existiendo una extensión agrícola aproximadamente entre estas dos regiones de 6,110 has de palma aceitera. A continuación, se detalla el acopio total por sectores.

**Tabla 7***Información con la producción de fruta fresca de palma.*

Región	Sector	TM acopiado	% Representación por sector	% Representación por región
	BAJ O SHANUSI	3,079.29	4.66%	
	MARIANO MELGAR	2,825.62	4.28%	
	MIGUEL GRAU	12,126.04	18.36%	
LORETO	PAMPA HERMOSA	13,531.20	20.49%	58.52 %
	SAN JUAN DE PAMPLONA	5,667.40	8.58%	
	SANTO TOMAS	1,421.56	2.15%	
	BARRANQUITA	549.96	0.83%	
	BONILLA	2,466.90	3.74%	
	CONVENTO	1,341.72	2.03%	
	DAVICILLO	5,008.89	7.58%	
	LAS PALMAS	18.92	0.03%	
	METILLUYOC	3,676.77	5.57%	
	MICAELA BASTIDAS	33.58	0.05%	
	NUEVA LIBERTAD	2,927.84	4.43%	
SAN MARTÍN	PINTUYAQUILLO	1,503.65	2.28%	42.48%
	PONGO YUMBATOS	1,779.37	2.69%	
	PUERTO PERÚ	4.71	0.01%	
	SAN FERNANDO	153.57	0.23%	
	SAN JUAN DE PACCHILLA	9.17	0.01%	
	SAN MIGUEL	4,595.49	6.96%	
	SANGAMAYOC	2,100.12	3.18%	
	SANTIAGO DE BORJA	1,220.62	1.85%	
	<b>TOTAL</b>	<b>66,042.39</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Memoria Anual 2018 - INDUPALSA, (2018)

Acopio de racimos de fruta fresca de palma aceitera, durante en el año 2018 se acopió 66,042.39 TM. De RFF siendo la proyección de 61,688.00 TM., cumpliendo en un 107.06 de lo programado. A continuación, se presenta una comparación ente lo proyectado y acopiado de racimos de fruta fresca de palma durante el 2018.



**Figura 9.** RRF proyectado vs RRF acopiado (Fuente: Memoria Anual 2018 - INDUPALSA, (2018)).

Así mismo el gráfico anterior muestra los meses de menor producción (junio – julio) debido a los escasos de lluvias; de igual manera el mes de mayor producción que es el mes de noviembre.

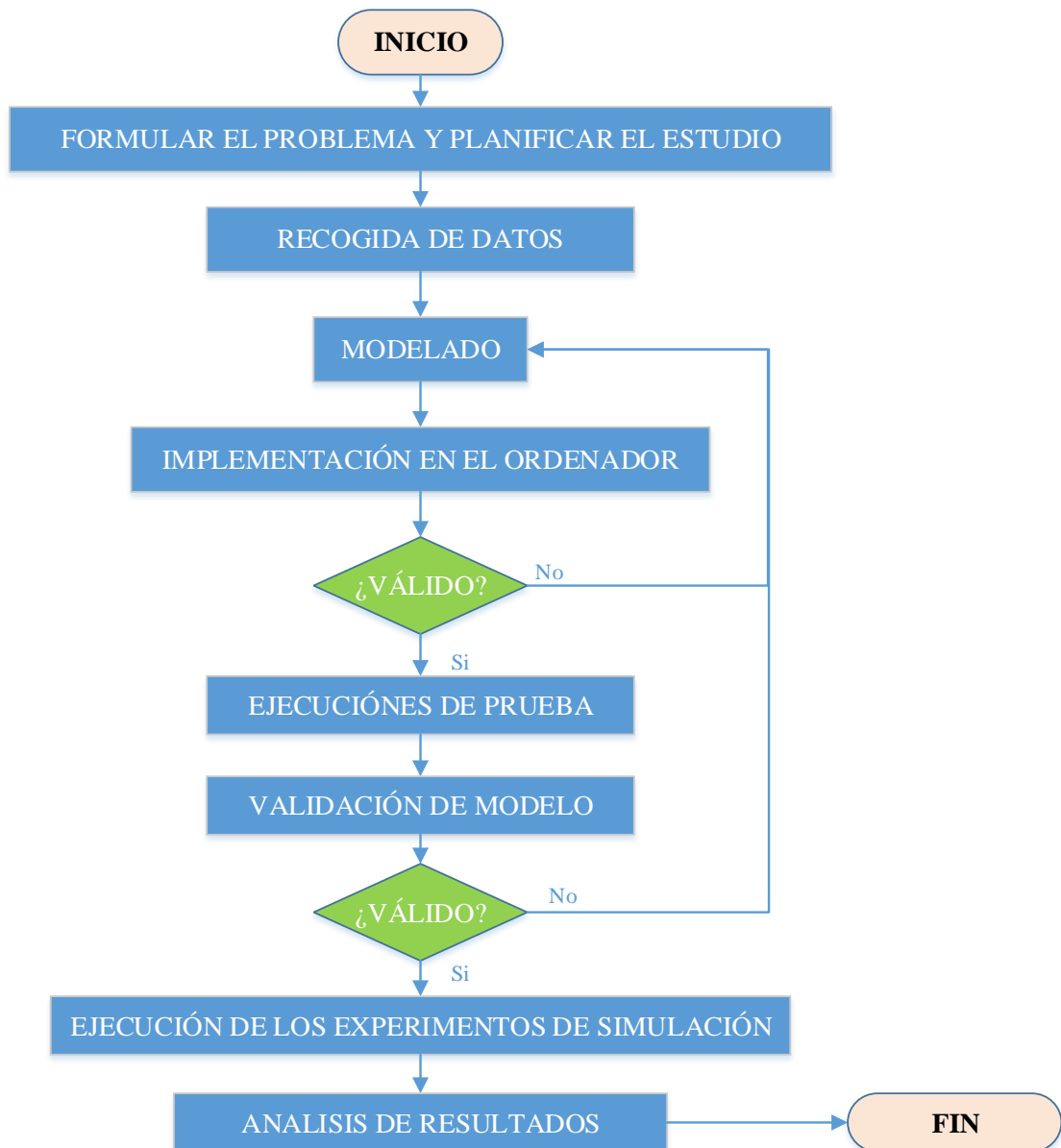
## **Objetivo 2: Diseñar el modelo de simulación del proceso de polinización entomófila asistida en plantaciones de palmas aceiteras del Shanusi – Yurimaguas**

Para llevar a cabo la simulación del proceso de polinización se siguió una serie de etapas, ampliamente discutidas en la literatura científica. Grande Blesa et al., (2011):

- 1) **Formulación del problema y planificación del estudio.** Consiste en establecer de forma clara, cuál es el problema que se pretende abordar, qué objetivos globales se desean alcanzar y con qué recursos será necesario contar para lograrlos en el tiempo previsto. En el objetivo uno se diagramó el proceso a simular.
- 2) **Recogida de datos y análisis de datos de entrada.** Se dispone a la identificación, recogida y análisis de los datos de entrada, resultando de vital importancia determinar si éstos son determinísticos o aleatorios. Se recogieron datos a través de una encuesta e información de anteriores investigaciones en el tema.
- 3) **Modelado del sistema.** Se crea el diseño del sistema para su simulación por ordenador. El modelo deberá reflejar convenientemente la estructura interna del sistema, sus

características y relaciones lógicas que mantienen, de modo que los resultados sean extrapolables al sistema real.

- 4) **Implementación en el ordenador.** El modelo desarrollado desde el punto de vista teórico ha de ser implementado en el ordenador a través de algún software específico. En el caso del presente proyecto, utilizamos el software Vensim PLE.
- 5) **Verificación del programa.** Comprobación de la correcta implementación del modelo en el ordenador. Para ello, debemos comprobar que el programa resultante se comporta según lo deseado, es decir, que los resultados deben ser coherentes para las diversas combinaciones de variables de entrada (inputs) del modelo, y no ha habido ningún error sintáctico a la hora de programar las diferentes instrucciones.
- 6) **Ejecuciones de prueba.** Una vez aceptado el modelo como válido, se diseñan las características del experimento de simulación que se van a llevar a cabo, es decir, determinar el número de iteraciones, la longitud de las replicaciones, periodo de calentamiento, y es uso de técnicas de reducción de varianza Ainará
- 7) **Validación del modelo.** Consiste en comprobar que el modelo refleja convenientemente el mundo real. Para ello, se procede a comparar, para distintas combinaciones de variables de entrada, los resultados que produce el modelo con los observables en el sistema real. Es frecuente el uso de técnicas estadísticas. En el caso de un sistema que no exista, la validación por parte de expertos es indispensable.
- 8) **Ejecución de los experimentos de simulación.** Se procede a llevar a cabo la simulación establecida tras las ejecuciones de prueba.
- 9) **Análisis de resultados.** Los resultados procedentes de un experimento de simulación suelen requerir un análisis estadístico no trivial que permita obtener información útil sobre el comportamiento analizado.



**Figura 10.** Etapas de un Estudio de Simulación. (Fuente: Desarrollo y Validación de un Modelo de Simulación para el Complejo Asistencial Médico Tecnológico de Navarra (CAMTNA) Grande Blesa et al., (2011))

**DIAGRAMA DE FORRESTER- POLINIZACIÓN**

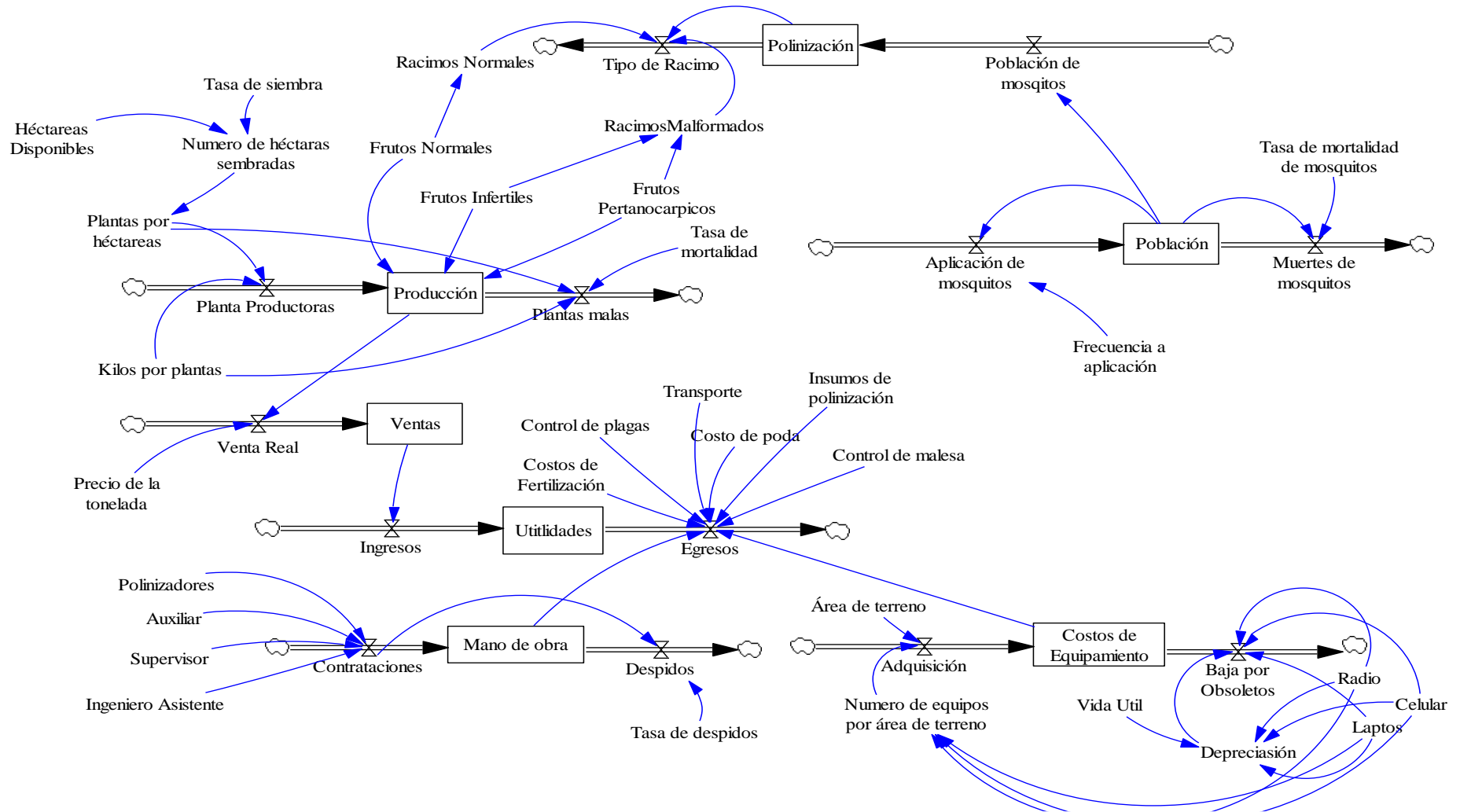
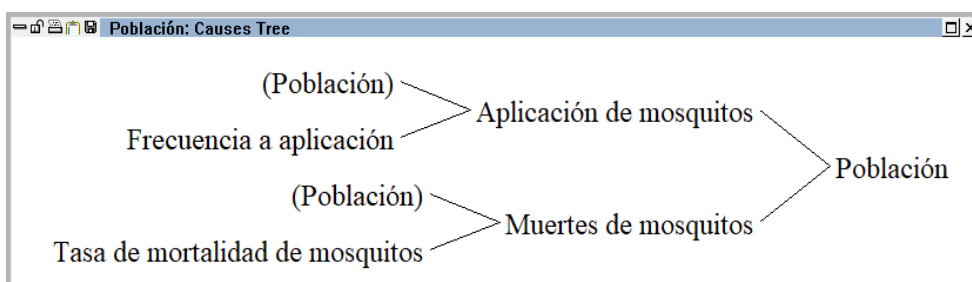


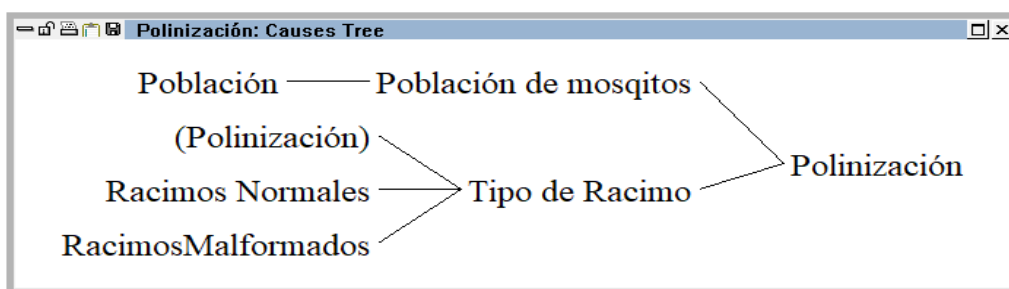
Figura 11. Diagrama de Forrester de proceso de polinización entomófila asistida. (Fuente: Elaboración propia)

De dicho diagrama se despliegan las siguientes variables que forman el modelo de simulación para el proceso. De la variable Población en función a la aplicación de mosquitos polinizadores y la muerte de mosquitos considerando frecuencia de polinización y tasa de mortalidad de los mosquitos se ve afectada la polinización.



**Figura 12.** Diagrama de árbol Causa de la variable población. (Fuente: Elaboración Propia).

Se consideró también la variable Polinización en función a la población de mosquitos para la polinización como base para determinar el tipo de racimo, dicho tipo se basa en racimos normales (80%) del racimo, malformados (36%) del racimo y partenocárpicos (35%) del racimo. Según fuentes recuperadas en la visita al lugar de producción.



**Figura 13.** Diagrama de árbol causa de la variable Polinización. (Fuente: Elaboración Propia.).

Del mismo modo se consideró la variable producción en función a las plantas productoras menos las plantas malas, donde influye los frutos infértiles, normales y partenocarpicos, para el cálculo de la producción de las plantas productoras se obtuvo del kilo por plantas (según recopilación de información de campo se obtiene 13:23 Kilogramos) por el número de plantas por hectárea y para las plantas malas; las plantas productoras por la tasa de mortalidad por kilos por planta.



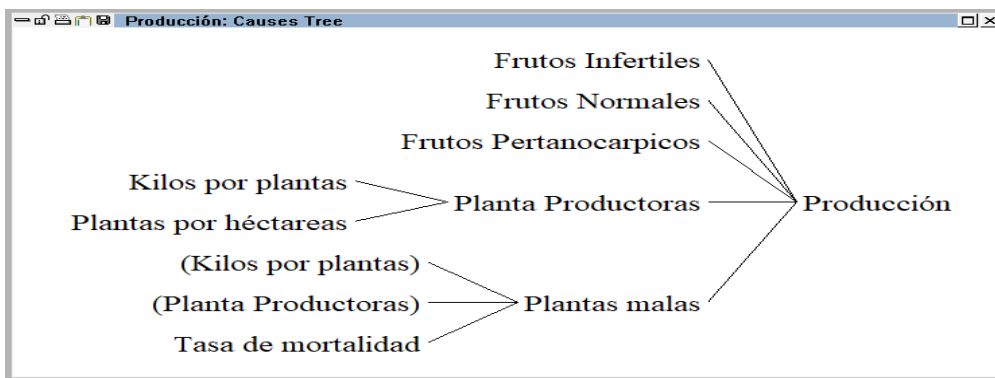


Figura 14. Diagrama de árbol causa de la variable Producción. (Fuente: Elaboración Propia.).

En dicho modelo se consideró también la variable costo de equipamiento para la polinización en función a la adquisición y la baja por obsoletos, para la adquisición se tuvo en cuenta el área de terreno y el número de equipos por área de terreno

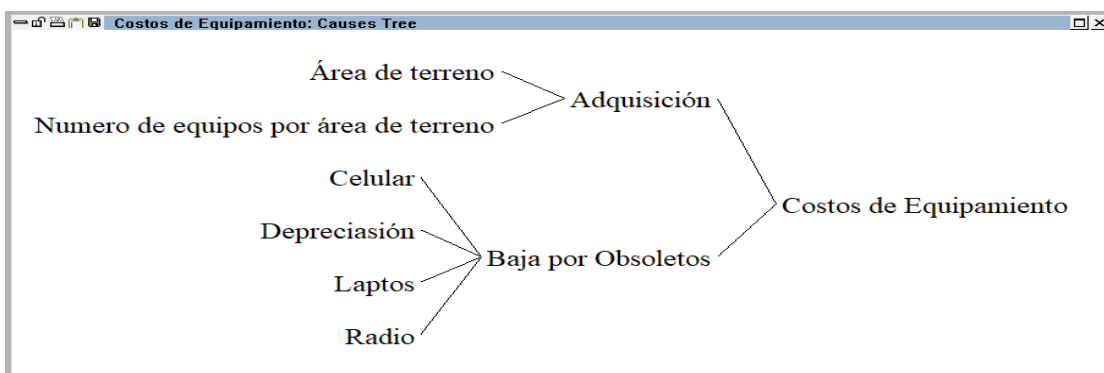


Figura 15. Diagrama de árbol causa de la variable Costo de Equipamiento. (Fuente: Elaboración Propia).

Para la baja por obsoletos se tuvo en cuenta los equipos como (Celular, Laptops, Radios), de los cuales a se calculó su depreciación en función a su vida útil de cada equipo.

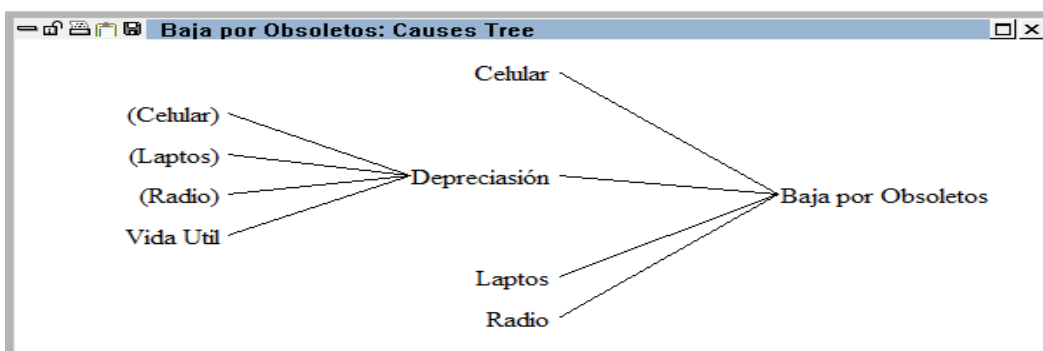


Figura 16. Diagrama de árbol causa de la variable Baja por Obsoletos. Fuente: Elaboración Propia).

Asi mismo se considero la variable mano de obra en función a las contrataciones (Polinizadores , Auxiliar, supervisores y ingeniro Asistente) menos los despidos de dicha mano de obra bajo una tasa de despidos.

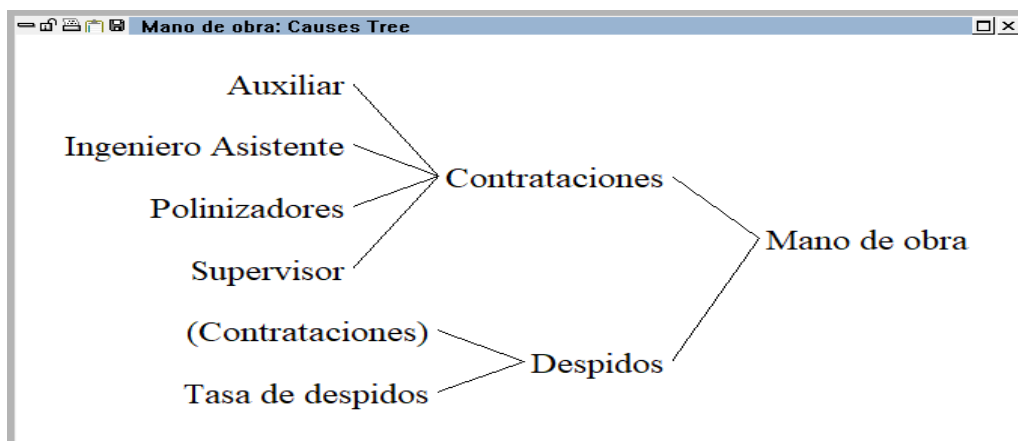


Figura 17. Diagrama de árbol causa de la variable Mano de Obra. (Fuente: Elaboración Propia).

Como ultima variable se tuvo en cuenta las utilidades que están en función de los ingresos menos los egresos de todo el proceso de polinización. Para los ingresos se consideró las ventas del producto de la producción total teniendo como referencia que el año 2018 la tonelada de fruto fresco de palma costo 930 soles y como egresos a costos de equipamiento, mano de obra, control de maleza, control de plagas, costos de la fertilización, insumos de polinización y transporte.



Figura 18. Diagrama de árbol causa de la variable Utilidades. (Fuente: Elaboración Propia).

### Objetivo 3: Planificar escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera basándose en la simulación del proceso de polinización entomófila asistida

Para el desarrollo de este objetivo se ha realizado la simulación de dicho proceso con el siguiente escenario de producción entre el año 2019 al 2030, de dicha simulación se obtuvieron los siguientes gráficos de las variables antes descritas.

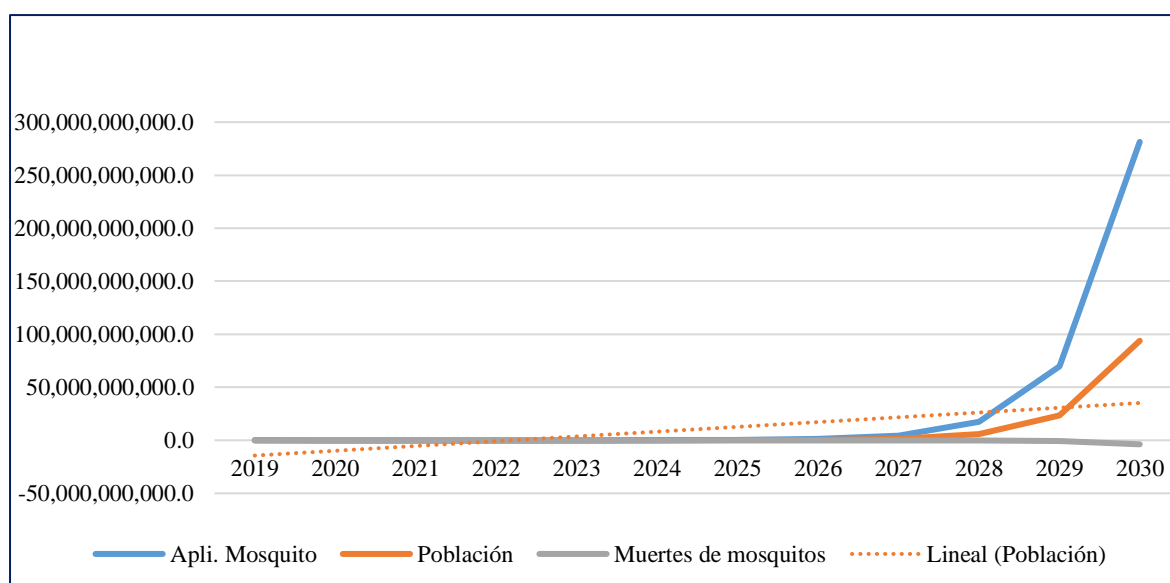
a) **Población.** Tabla sobre la población de mosquitos polinizadores.

**Tabla 8**

*Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes con una frecuencia de aplicación de 3 veces.*

Años	Aplicación de mosquito	Población	Muertes de mosquitos
2019	60,000.0	20,000	-816.2
2020	242,400	80,820	-3,298
2021	979,700	326,600	-13,330
2022	3,959,000	1,320,000	-53,850
2023	16,000,000	5,332,000	-217,600
2024	64,640,000	21,550,000	-879,300
2025	261,200,000	87,060,000	-3,553,000
2026	1,055,000,000	351,800,000	-14,360,000
2027	4,265,000,000	1,422,000,000	-58,020,000
2028	17,230,000,000	5,744,000,000	-234,400,000
2029	69,640,000,000	23,210,000,000	-947,300,000
2030	281,400,000,000	93,800,000,000	-3,828,000,000

Fuente: Elaboración Propia.



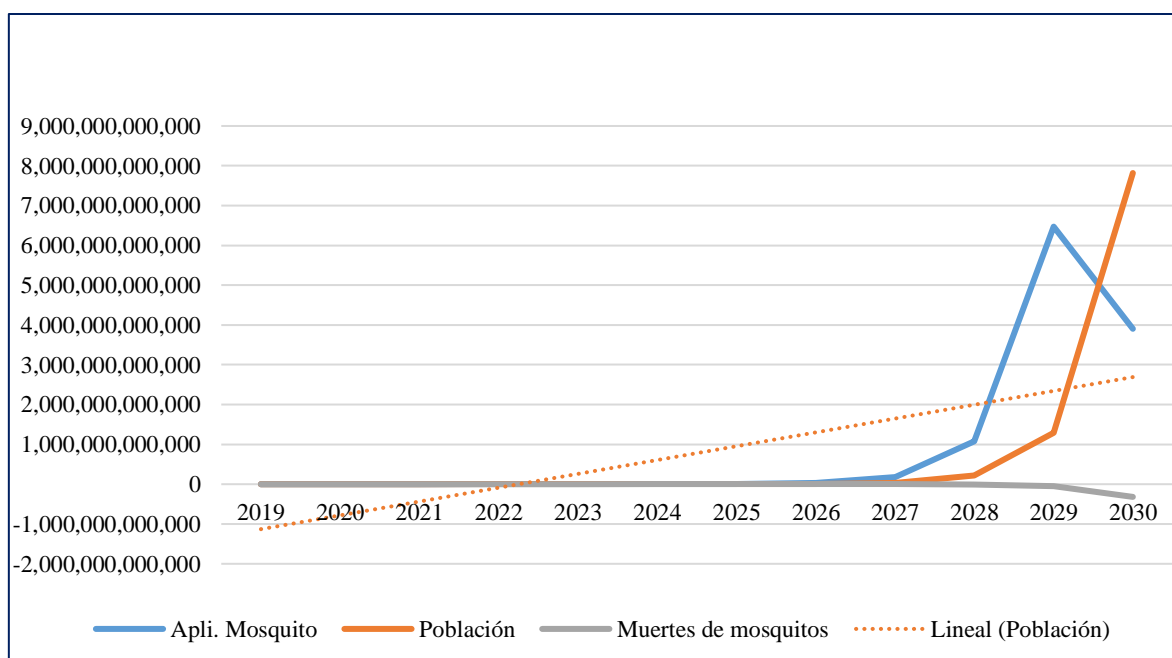
**Figura 19.** Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes con una frecuencia de aplicación de 3 veces. (Fuente: Elaboración Propia).

**Tabla 9**

*Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes y una frecuencia de aplicación de 5 veces.*

Años	Aplicación de mosquito	Población	Muertes de mosquitos
2019	100,000	20,000	-816.2
2020	604,100	120,800	-4,931
2021	3,649,000	729,800	-29,780
2022	22,040,000	4,408,000	-179,900
2023	133,200,000	26,630,000	-1,087,000
2024	804,400,000	160,900,000	-6,566,000
2025	4,859,000,000	971,900,000	-39,660,000
2026	29,350,000,000	5,871,000,000	-23,960,000
2027	177,300,000,000	35,460,000,000	-1,447,000,000
2028	1,071,000,000,000	214,200,000,000	-8,743,000,000
2029	6,471,000,000,000	1,294,000,000,000	-52,820,000,000
2030	3,909,000,000,000	7,818,000,000,000	-319,000,000,000

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 20.** Población de mosquitos con relación a la aplicación, muertes y una frecuencia de aplicación de 5 veces. (Fuente: Elaboración Propia).

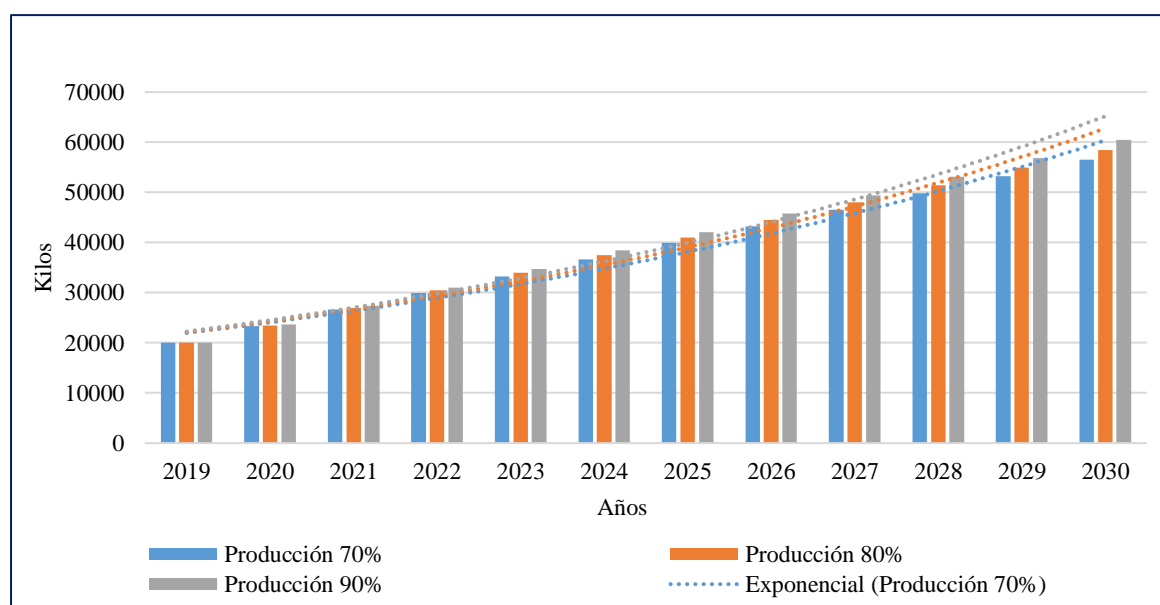
**b) Producción Proyectada.** - Producción proyectada del año 2019 al 2030 en porcentajes de 70, 80 y 90 % de frutos normales por racimos

**Tabla 10**

*Producción proyectada.*

<b>Años</b>	<b>Producción 70%</b>	<b>Producción 80%</b>	<b>Producción 90%</b>
2019	20000	20000	20000
2020	23,317.4	23,496.2	23,680.0
2021	26,634.9	26,992.4	27,359.9
2022	29,952.3	30,488.6	31,030.9
2023	33,269.7	33,984.9	34,719.9
2024	36,587.1	37,481.1	38,399.8
2025	39,904.6	40,977.3	42,079.8
2026	43,222.0	44,473.5	45,759.7
2027	46,539.4	47,969.7	49,439.7
2028	49,856.9	51,465.9	53,119.7
2029	53,174.3	54,962.1	56,799.6
2030	56,491.0	58,458.3	60,479.6

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 21.** Producción Proyectada. (Fuente: Elaboración Propia).

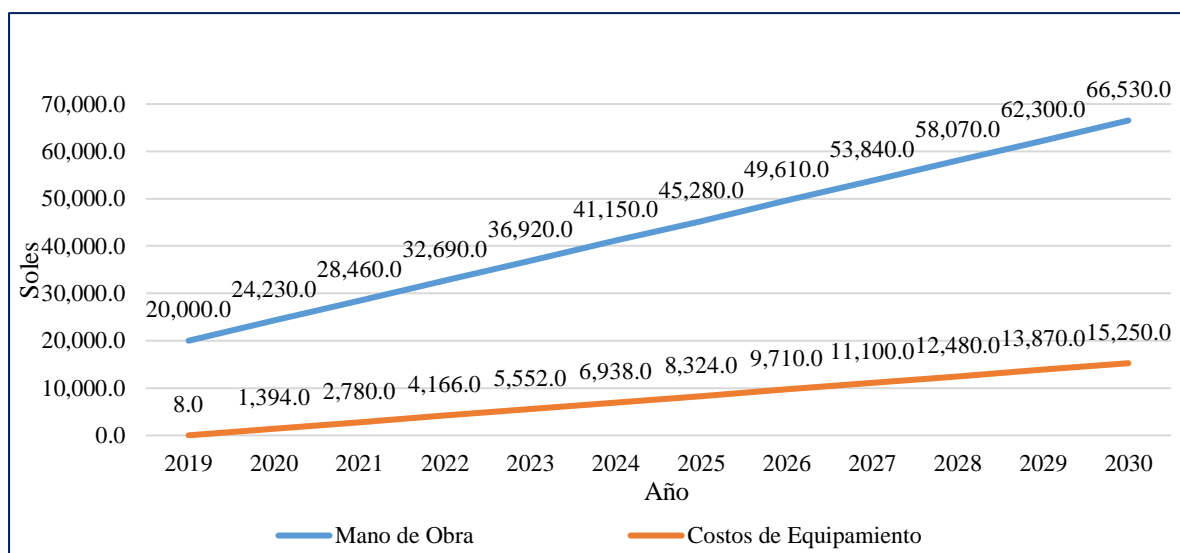
### c) Mano de Obra y Costo de equipamientos

**Tabla 11**

*Costos de mano de obra y equipamientos.*

<b>Año</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Costos de Equipamiento</b>
2019	20,000.0	8.0
2020	24,230.0	1,394.0
2021	28,460.0	2,780.0
2022	32,690.0	4,166.0
2023	36,920.0	5,552.0
2024	41,150.0	6,938.0
2025	45,280.0	8,324.0
2026	49,610.0	9,710.0
2027	53,840.0	11,100.0
2028	58,070.0	12,480.0
2029	62,300.0	13,870.0
2030	66,530.0	15,250.0

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 22.** Costos de mano de obra y equipamientos. (Fuente: Elaboración Propia)

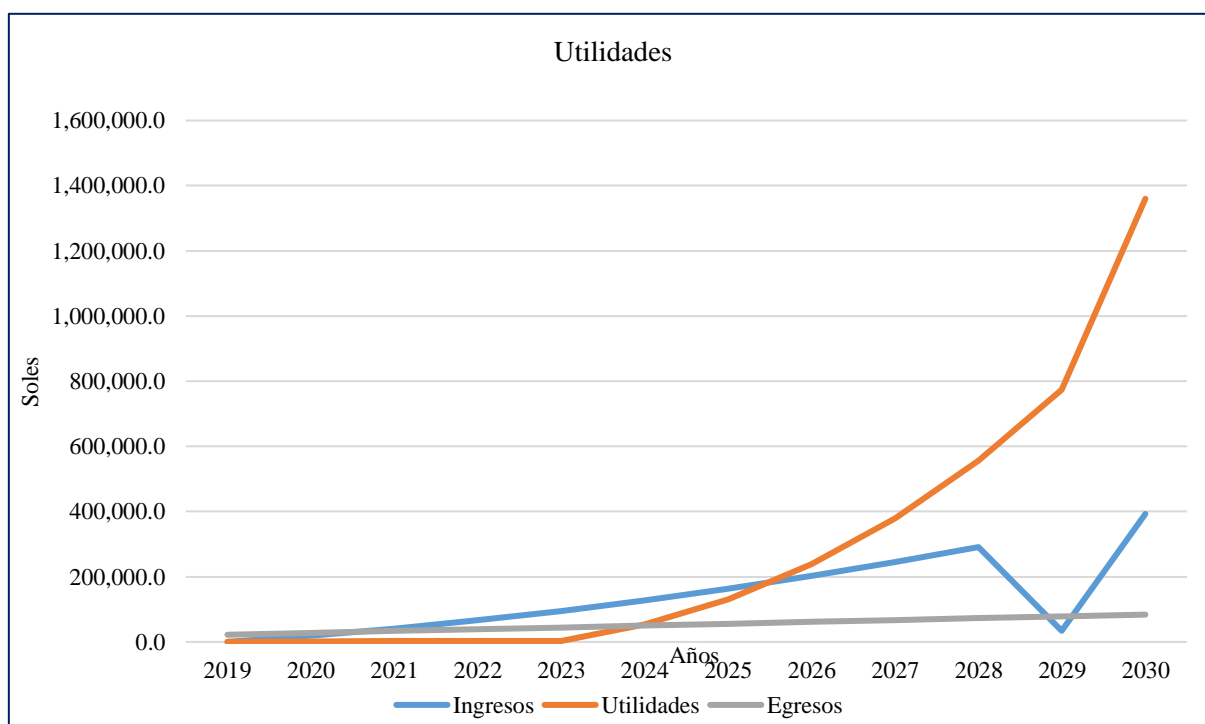
#### d) Utilidades

**Tabla 12**

*Utilidades - Ingresos menos egresos*

Año	Ingresos	Utilidades	Egresos
2019	0.0	500.0	22,080.0
2020	18,600.0	2,000.0	27,690.0
2021	40,620.0	2,550.0	33,310.0
2022	66,070.0	3,100.0	38,930.0
2023	94,930.0	3,781.0	44,540.0
2024	127,200.0	54,170.0	50,160.0
2025	162,900.0	131,200.0	55,770.0
2026	202,100.0	238,400.0	61,390.0
2027	244,600.0	379,100.0	67,010.0
2028	290,600.0	556,700.0	72,620.0
2029	34,000.0	774,700.0	78,240.0
2030	392,800.0	1,360,000.0	83,850.0

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 23.** Utilidades - Ingresos menos egresos (Fuente: Elaboración Propia).

## CONCLUSIONES

- Luego de haber realizado los estudios de campo en los que se recopilaron mediante los instrumentos diseñados para este estudio, se logró caracterizar el proceso de polinización entomófila asistida identificándose las dosis de aplicación de mosquitos polinizadores, la variedad, tipos de racimos, frutos, costos de los insumos para la polinización, costos de mano de obra, costos de equipamiento, el precio de la tonelada métrica de fruto fresco de palma aceitera, la producción por hectáreas, costos en el mercado en el año 2018 como referencia para los próximos años el cual podría variar según la bolsa de valores.
- Basándose en las características identificadas en el objetivo anterior se ha diseñado un modelo que permite proyectar resultados para el periodo 2019 al 2030. Dicho modelo del proceso de polinización entomófila asistida brinda una explicación realista donde se muestran los factores que intervienen y sus influencias dentro de todos los procesos que conforma el sistema.
- A través de la simulación que se basa en la metodología de dinámica de sistema es capaz de predecir escenarios futuros de producción en las plantaciones de palma aceitera del Shanusi con la identificación de las variables que intervienen para tomar decisiones futuras. El proceso de polinización entomófila asistida sí influye en la producción de frutos fresco de palma aceitera del Shanusi, como lo muestran las gráficas en las que se observa la influencia entre las variables del modelo.

Así mismo la población de mosquitos polinizadores influye en la producción de frutos fresco de palma aceitera del Shanusi.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en cuenta dicha caracterización y estudio realizado sobre el proceso de polinización entomófila asistida para la toma de decisiones en la producción. Que el presente trabajo sea utilizado por los productores de palmas aceiteras del Shanusi y otras asociaciones des mismo rubro como punto de referencia para implantar políticas y/o estrategias para mejorar el proceso de polinización entomófila asistida en sus plantaciones.
- Se recomienda el uso de dicho modelo para futuras investigaciones con el fin de abrir nuevos campos en nuevas investigaciones con referencia a simulación y la dinámica de sistemas. Se remienda aplicar el modelo en campo como referencia de análisis y predicción en específico para los intervinientes directos del proceso de polinización entomófila asistida de las palmas aceiteras
- El modelo proporciona un comportamiento predictivo del proceso y es una herramienta que ayuda a la comprensión y a la toma de decisiones que sería conveniente que conozcan los palmicultores e intermediarios para lograr campañas agrícolas exitosas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta Moebio*, 3, 40–49. <https://doi.org/id=10100306>> ISSN
- Bácama López, E. J. (2015). *Monitoreo De Insectos Polinizadores En Palma Africana Durante La Época Lluviosa; Coatepeque, Quetzaltenango*. 13,14,15.
- Baranzelli, M. C., Boero, M. L., Córdoba, S. A., Ferreiro, G., Maubecin, C., Paiaro, V., ... Soterias, F. (2017). Natural partners: a didactic proposal to understand the relevance of the mutualistic flower-pollinator interaction. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(1), 181. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2239>
- Bernal, J., & Andres, M. (2015). *Cuantificar la polinizacion asistida en el hibrido interespecifico o OxG palma de ceite, en la planacion Salamanca Oleaginosas S.a. Tumaco*. 37.
- Cantú González, J. R., Guardado García, M. del C., & Balderas Herrera, J. L. (2106). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. In *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa* (Vol. 3). Retrieved from <http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/567/604>
- Carlos, F. (2012). Simulación: Etapas de un proyecto de simulación: Retrieved November 8, 2018, from <http://simulacion14.blogspot.com/2012/01/etapas-de-un-proyecto-de-simulacion.html>
- Céspedes Reátegui, J. J. (2014). *DOSIS DE POLEN Y TALCO EN POLINIZACION ASISTIDA Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE RACIMOS EN Elaeis guineensis Jacq. PALMA ACEITERA.PAMPA HERMOSA– YURIMAGUAS*.
- Climate-Data.org. (2019). Clima Pongo de Caynarachi: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Pongo de Caynarachi - Climate-Data.org. Retrieved July 8, 2019, from <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/san-martin/pongo-de-caynarachi-53695/>
- Cordero, L., Barboza, R., & Steriing, F. (1994). Un Modelo Estadístico Para La Predicción Del Rendimiento En Una Plantación De Palma Aceitera En Costa Rica. *Agronomía Costaricense*, 18(2), 189–196.
- Dormido Canto, S., & Morilla Garcia, F. (2005). *Tutorial de Vensim*. 34. Retrieved from [www.vesim.com](http://www.vesim.com)
- Fontanilla, C., Rincón, V., Mesa, E., Mariño, D., Barrera, E., & Mosquera, M. (2016). Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida. *Revista Palmas*, 37(2), 21–35.
- Grande Blesa, A., Azcárate Camio, C., & Mallor Giménez, F. (2011). *Desarrollo y Validación de un Modelo de Simulación para el Complejo Asistencial Médico Tecnológico de Navarra (CAMTNA)*.

- Herrera, O. J., & Becerra, L. A. (2014). *Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada*. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP152.pdf>
- INDUPALSA. (2018). *MEMORIA ANUAL 2018 - INDUSTRIA DE PALMA ACEITERA DE LORETO Y SAN MARTÍN S.A.*
- Köppen y Geiger. (n.d.). Clasificación climática de Köppen | La guía de Geografía. Retrieved July 28, 2019, from <https://geografia.laguia2000.com/climatologia/clasificacion-climatica-koppen>
- Martínez, P. A., Forero, D. C., Ruiz, R., & Romero, H. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.)*.
- Mejía Argueta, C., Agudelo, I., & Soto Cardona, O. C. (2016). Planeación por escenarios: un caso de estudio en una empresa de consultoría logística en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 32(138), 96–107. <https://doi.org/10.1016/J.ESTGER.2015.12.004>
- MINAGRI. (2016). Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera en el Perú 2016 – 2025. *Repositorio Institucional - MINAGRI*. Retrieved from [http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/29/Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/29/Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Palma%20Aceitera.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Phadnis, S. (2012). *Influencing Managerial Cognition and Decisions Using Scenarios for Long-range Planning*. (2007), 1–222.
- Restrepo, F. (2017). Tecnología móvil y software para visualizar las labores en campo y la fuerza laboral en plantaciones de palma de aceite. *Revista Palmas*, 37(0), 398–304.
- Rosero, G., & Santacruz, L. (2014). Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A. *Palmas*, 35(4), 13–21.
- Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D., & Rincón, A. (2015). Prácticas de Manejo y Costos de Producción de Palma de Aceite Híbrido OxG en Plantaciones de ZO y ZSO en Colombia. *Revista Palmas*, 36(4), 1–19.
- Solsol Arévalo, W. P. (2010). *MANUAL TECNICO DEL CULTIVO DE PALMA ACEITERA*. Retrieved from <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/Cartilla-de-difusion-Palma.pdf>
- Tarifa, E. E. (1988). Teoría de modelos y simulación: Introducción a la simulación. *Universidad Nacional de Jujuy*, 1–17.
- Torres Beltran, L. P. (2014). *CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE POLINIZACIÓN ASISTIDA EN PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*) EN LA EMPRESA UNIPALMA DE LOS LLANOS S.A.* 1–59.
- Zahradníčková, L. (2014). Scenarios as a strong support for strategic planning. *Procedia Engineering*, 69, 665–669. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.040>

**ANEXOS**

**Instrumento****INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Asociación: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

1. Cuál es el total de hectáreas de palmas: \_\_\_\_\_ ¿Número de parcelas? \_\_\_\_\_

Parcelas	Área	Año de siembra	Hectáreas en producción	Año de producción
1				
2				
3				
4				
...				

2. ¿Qué variedad de palma aceitera tiene sembrado?

a. *Elaeis guineensis* Jacq.

b. Híbrido O×G

c. Otros, Especificar \_\_\_\_\_.

3. En sus plantaciones ¿Cuál es el tipo de polinización que realiza? ¿Porcentaje de la producción según el tipo de polinización?

a. Polinización Natural. \_\_\_\_\_

b. Polinización Asistida. \_\_\_\_\_

c. Polinización Entomófila dirigida. \_\_\_\_\_

d. Otras, especificar: \_\_\_\_\_.

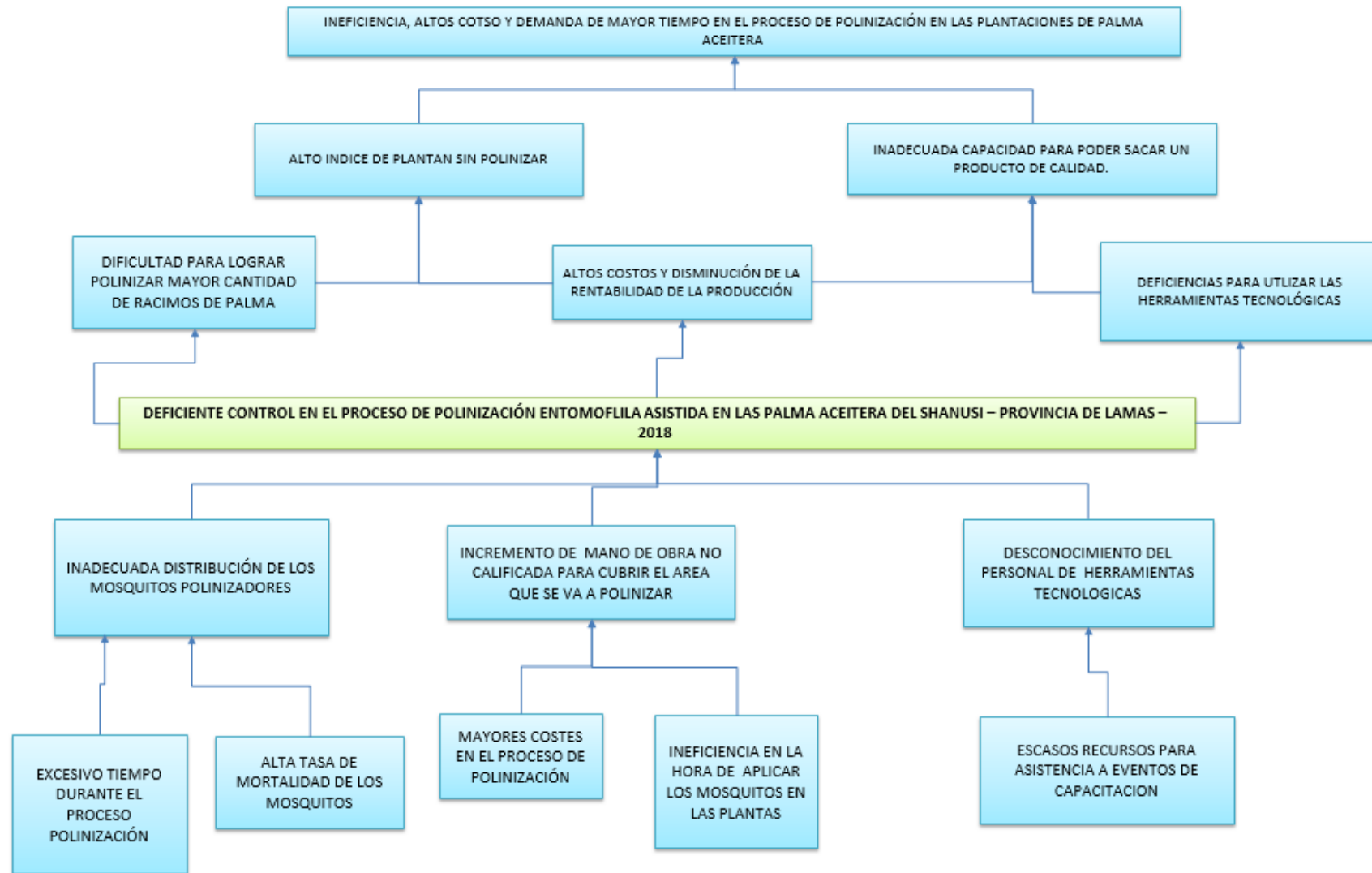
4. ¿Cuál es el número de racimos y la producción en quilos por planta de las palmas aceiteras?

Parcelas	# de racimos (plantas/hectáreas)	Racimos normales	Racimos Malformados	Producción (kilos/planta)
1				
2				
3				
...				

5. ¿Cuál es el porcentaje inflorescencia que se logra polinizar y cuál es la que queda sin polinizar?

Parcelas	Inflorescencia polinizada (%)	Inflorescencia sin polinizar polinizada
1		
2		
3		
...		

Árbol de problema





## Visita a campo



Aplicación del instrumento.





*Elaeidobius kamerunicus*





Flores Masculinas





Folres Femeninas





Antesis





Frutos



Cosecha

