


# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y  
ALIMENTOS

## TESIS PROFESIONAL

EFECTO DE LA DISPOSICIÓN DE  
ACOLCHADO DE LAS HOJAS DE *E.*  
*GUINEENSIS* SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN  
EL RANCHO SAN CARLOS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN AGROALIMENTOS

PRESENTAN

CARLOS ALBERTO VILLANUEVA BALBOA

DIRECTOR DE TESIS

M.C. EMANUEL RIVAS ROBLES

Villa de Acapetahua, Chiapas

NOVIEMBRE 2022



# AGRADECIMIENTOS

## A Dios

Por permitirme vivir este gran momento y por todas las bendiciones que me ha dado para poder llegar tan lejos con su bendición para lograr todas mis metas.

## A mis padres

Sr. José Alberto Villanueva Gómez porque siempre ha estado conmigo para guiarme por el lado bueno, por darme los mejores consejos que un padre le puede brindar a un hijo, siempre te voy agradecer todo lo que has hecho por mí.

Sra. Josefa balboa de león, sabes que eres lo mejor que tengo, eres mi gran motor por lo cual sigo adelante para demostrarte que podremos salir bien con la bendición de Dios sabes perfectamente que eres la mejor mamá del mundo y la mejor amiga.

A mí amorcito por apoyarme siempre, alentarme a seguir adelante día con día, por creer en mí por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas y ser mi confidente en todo, amor de todo corazón te agradezco lo que has hecho por mí, sabes que eres muy importante en vida y con la bendición de dios vamos a salir adelante y cumplir todas nuestras metas.

Mi mejor amigo como olvidarte de ti mi hermano sabes que llegaste en el mejor momento sabes perfectamente que eres el mejor cuate que tengo sé que contigo puedo contar para todo porque sé que nunca me vas a dejar y siempre estarás en los peores momentos te agradezco tanto mi hermano y sabes que deseo lo mejor para ti.

A mis amigos María Elena, Leandro, Gemita y Nazareth les agradezco tanto porque hemos pasado los mejores momentos de la vida nos divertimos juntos y hemos convivido y pasado también los peores momento pero aun así siempre sabes salir adelante que diosito me los bendiga mucho.

Carlos Alberto Villanueva Balboa



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
SECRETARÍA GENERAL  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Villa de Acapetahua, Chiapas  
07 de noviembre del 2022

C. Carlos Alberto Villanueva Balboa

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Agroalimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:  
Efecto de la disposición de acolchado de las hojas de *E. guineensis* sobre las características  
fisicoquímicas del suelo en el rancho San Carlos

En la modalidad de: Tesis profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

M.C. Mario Alberto Morales Ovando

Ing. Cristian Arévalo Pérez

M.C. Emanuel Rivas Robles

**Firmas:**

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

Ccp. Expediente



Pág. 1 de 1  
Revisión 4

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
MARCO TEÓRICO.....	6
Antecedentes.....	6
Palma de aceite en Chiapas.....	11
Distribución de la palma de aceite en el estado de Chiapas.....	12
Condiciones óptimas para el desarrollo de la planta.....	12
Temperatura.....	12
Precipitación pluvial.....	12
Suelos para el cultivo de la palma.....	13
Fisiografía y drenaje.....	14
Las raíces.....	14
El tronco, tallo o estípite.....	15
Las hojas.....	16
Inflorescencias, flores o estructuras reproductivas.....	17
Los racimos y frutos.....	18
La palma en las épocas secas.....	19
Fertilización de suelos en cultivos de palma de aceite.....	20
Nutrientes esenciales en el cultivo de la palma de aceite.....	21

Plantas anormales .....	22
Hojas normales.....	22
Hojas amarillas .....	22
Hojas anaranjadas .....	23
Hojas rojizas .....	23
Hojas secas.....	24
Hojas cortas .....	25
Hojas dobladas hacia abajo.....	26
Hojas retorcidas .....	27
HIPÓTESIS .....	28
METODOLOGÍA.....	29
Diseño de la investigación.....	29
Población.....	29
Muestra.....	30
Muestreo.....	30
Variables.....	30
Instrumentos de medición .....	30
Descripción de las técnicas utilizadas .....	31
Determinación del contenido de humedad.....	31
Toma de temperatura de suelo .....	31
Cuantificación de conteo de raíces:.....	32
Análisis nutricional fisicoquímico de suelo del rancho San Carlos .....	32
Descripción del análisis estadístico.....	32
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
a) Porcentaje de humedad del suelo con palma de aceite del Rancho San Carlos.....	34

b) Variabilidad de temperatura del suelo en el Rancho San Carlos .....	35
c) Conteo de raíces del suelo en el Rancho San Carlos .....	36
d) Composición nutricional fisicoquímico del suelo del Rancho San Carlos .....	37
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES.....	44
GLOSARIO .....	45
REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	47
ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Palma de aceite.....	11
Figura 2. Textura del suelo.....	14
Figura 3. Raíces de la palma de aceite.....	15
Figura 4. El tallo o estípite.....	16
Figura 5. Hojas con raquis y foliolos.....	17
Figura 6. Inflorescencias: masculina y femenina.....	18
Figura 7. Racimo y fruto.....	19
Figura 8. Palma con enruanamiento.....	20
Figura 9. Palma con todo el follaje amarillo.....	22
Figura 10. Detalle de foliolos de color naranjadas.....	23
Figura 11. Palmas con hojas rojizas en el tercer inferior.....	23
Figura 12. Palma con hojas quebradas en los tercios inferior y medio.....	24
Figura 13. Hoja nueva del tercio superior con secamiento.....	25
Figura 14. Palmas con hojas cortas.....	25
Figura 15. Detalles de los foliolos de un ahoja adulta rizada.....	26
Figura 16. Palma con hojas dobladas hacia abajo.....	26
Figura 17. Palma con hojas retorcidas.....	27
Figura 18. Ejido Colombia, Acapetahua, Chiapas (Googlemaps, 2022).....	29
Figura 19. Porcentaje de humedad de suelo del cultivo del rancho San Carlos.....	34
Figura 20. Evaluación de variabilidad de temperatura de suelo.....	35
Figura 21. Homogenización de muestra de suelo.....	50
Figura 22. Toma de temperatura de suelo del Rancho San Carlos.....	50
Figura 23. Acolchado de residuos de hojas.....	50
Figura 24. Cuantificación de raíces.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuantificación de raíces de palma africana. ....	37
Tabla 2. Composición nutricional de suelo con cultivo de palma africana del rancho San Carlos. ....	38

# INTRODUCCIÓN

Acapetahua Chiapas es uno de los municipios pioneros en producción de *Elaeis guineensis* siendo en la zona Soconusco el primer lugar en producción con 32,798 hectáreas de palma de aceites en cultivo, trayendo consigo importantes atractivos a la economía de las familias productoras de la región, sin embargo, se ha olvidado de la capacidad de fertilidad de suelo y los productores se han enfocado en producir sin atender lo antes mencionado, tal es el caso del rancho San Carlos ubicado en el Ejido Colombia en el que se busca estrategias bondadosas como el acolchado de hojas de *E. guineensis* para contribuir en la capacidad de recuperación del suelo para obtener mejores resultados. Martínez (2016), indica que el análisis de suelos es un procedimiento de laboratorio mediante el cual se determinan la textura y diferentes parámetros químicos relacionados con la fertilidad, la disponibilidad de los nutrientes que contiene el suelo y el comportamiento de dichos nutrientes o de los fertilizantes que se le apliquen. El análisis químico de suelos está diseñado para extraer los nutrientes disponibles para las plantas en una forma similar a como lo hacen las raíces. El análisis periódico del suelo es útil para monitorear la salud del suelo a largo plazo, para determinar si se está agotando o mejorando la fertilidad de suelo por efecto de las prácticas agrícolas implementadas y los nutrientes aplicados.

La presente investigación corresponde al paradigma cuantitativo puesto que busca cuantificar los parámetros físicos y químicos del suelo en el que se establece el cultivo de la palma de aceite, se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teoría, por otro lado, la investigación es de tipo descriptivo experimental ya que busca especificar patrones, características y rasgos importantes de cualquier fenómenos que se analicen y a su vez es experimental por que se ocasionan situaciones de control en el cual se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efecto).

Para la determinación de porcentaje de humedad se realizó un estudio de bloques al azar en donde se recolecto submuestras de cada área de estudios en forma de zic zac. Así mismo para la variabilidad de temperatura se tomó temperatura de campo igual en forma de zic zac donde se obtuvo un promedio por cada área de estudio. Por otro para la cuantificación de raíces de

extrajeron bloques de tierra a una profundidad de 0–30 cm en donde se le realizó observaciones de las condiciones en las que se encontraban. Finalmente para la composición nutrimental fisicoquímica se realizó bajo la guía de la (NOM-021-RECNAT, 2002), para posteriormente ser enviado al laboratorio AL en la ciudad de Guadalajara Jalisco.

Recopilando la información general del análisis realizado en esta investigación se llega a la conclusión que el tratamiento T<sub>1</sub> obtuvo mejores rendimientos en cuanto a los análisis de humedad con un promedio de 10.88% y temperatura (26.18°C) haciendo hincapié es oportuno mencionar que la palma de aceite entre más distancia tenga entre una planta y otra, así como también entre menos residuos de hojas tenga el cultivo mayor será la captación, retención de agua y temperaturas estables. En cuanto a la aplicación de acolchado de residuo de hojas con los foliolos en V invertida y despedazado (T<sub>3</sub>) presentó mejores características en cuanto a abundancia de raíces, primaria (14.75 a), secundarias (12.25 a), terciaria (12.62 a) y cuaternarias (23.50 a). Finalmente en el análisis de la composición nutricional fisicoquímico del suelo predominó el análisis compuesto.

Es de importancia mencionar que un buen acolchado de residuo de hoja de palma africana le brinda a la planta una mejor aireación, proporciona al cultivo una mejor captación, retención, manejo y administración de agua, es de vital importancia en la medición de temperatura de suelos ya que esta influye significativamente en el crecimiento de las plantas, si se tiene una temperatura óptima las reacciones químicas del suelo suceden más rápidas, se acelera la germinación y existe un crecimiento favorable en las plantas.

## JUSTIFICACIÓN

La presente investigación enfocada a conocer el efecto de acolchonado de hojas de *E. guineensis* en el suelo de cultivo de palma africana trae diversos beneficios para los palmicultores por mencionar se encuentra la productividad ya que si el suelo tiene mejores rendimientos en nutrientes el cultivo nos brindara mejor producción, se promueve que las hojas de la palma africana sea aprovechada como adherente, además, de contribuir a generar ingresos económicos que ayudan a mejorar la calidad de vida de las familias que dependen de esta actividad.

De acuerdo con los datos del Instituto de Reconversión Bioenergéticos (IRBIO) uno de los principales municipios cultivadores de Palma Africana en el Estado de Chiapas es Acapetahua, el cual cuenta con 10,263 hectáreas, (Mazariegos-Sánchez, 2014).

El Rancho San Carlos tiene como finalidad proporcionar información más actualizada del estado en que la encuentra el suelo de este cultivo, implementando así nuevas técnicas de acolchado y aumentó en la producción de su cosecha.

La investigación presente promueve el desarrollo económico y ambiental; con relación a lo económico aumento de producción creando así más ingresos económicos; ambiental en aspecto que se darán mejores tratamientos al suelo proporcionándole una mejor oxigenación, absorción de nutrientes al cultivo, obteniendo plantas más saludables.

Como Ingeniero en Agroalimentos se demuestra destrezas experimentales y manejo de métodos adecuados de trabajo en el laboratorio o industria, contribuyendo en la implementación de nuevas técnicas de acolchados de residuos de hojas de *E. guineensis*, así también inculcar a realizar análisis periódicos nutricionales del suelo. Participando en equipos multidisciplinarios y transdisciplinarios en proyectos de investigación y desarrollo, así como en proyectos de desarrollo sustentable en el área de mi especialidad, conociendo y aplicando las bases del marco legal en el ámbito de la industria agroalimentaria.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el rancho San Carlos ubicado en el ejido Colombia del municipio de Acapetahua, Chiapas cuenta con un total de 64 hectáreas de palma de aceite el cual está dividido en 3 secciones. Se presenta que la mala gestión de residuos orgánicos provenientes del mismo cultivo hace que se desperdicien residuos de interés, ocasionando pérdidas de humedad, retención de nutrientes y una mala oxigenación del suelo. Debido a la falta de información del estado nutricional del suelo en la que se encuentran los cultivo, la falta de un análisis nutricional del suelo con lleva a una pérdida de producción, surgimiento de enfermedades y plagas al cultivo creando así una pérdida económica para el rancho San Carlos, sin embargo, los productores deben saber que algunos problemas nutricionales solo se pueden diagnosticar y corregir apoyándose en los análisis de suelos, como consecuencias de no atenderse la problemática que se está dando dentro cultivo podría generarse mayores deficiencias de producción, reducción de ingresos económicos, enfermedades, plagas, agentes macro biológicos y suelos secos.

Como soluciones para el mejoramiento del cultivo podría implementarse manejos integral del cultivo, aplicación de nutrientes, análisis periódicos de suelo, implementación de técnicas de acolchado, implementación de sistemas de riego.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Evaluar el efecto de acolchado con las hojas de *Elaeis guineensis* sobre las características del suelo del Rancho san Carlos. Con la finalidad de obtener mejores rendimientos de producción, así también brindar al suelo una mejor retención de humedad, temperatura y nutrientes.

## Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje de humedad del suelo en el Rancho San Carlos
- b) Explicar la variabilidad de temperatura del suelo en el Rancho San Carlos
- c) Cuantificar la proporción de raíces presentes en el suelo en el Rancho San Carlos
- d) Describir la composición nutricional fisicoquímico del suelo del Rancho San Carlos

# MARCO TEÓRICO

## Antecedentes

Palacio (2017), evaluó el efecto del cultivo de palma de aceite sobre las propiedades físicas del suelo y su relación con la producción y la pudrición de cogollo, cuantificando la afectación física que se presenta en los suelos dedicados al cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*), para lo cual se llevó a cabo una campaña de mediciones, observaciones y muestreos en la plantación Guaicaramo C.V., ubicada en el municipio de Barranca de Upía, departamento del Meta, Colombia, sobre un área cultivada de aproximadamente 1890 hectáreas. Los resultados presentaron densidades aparentes del orden de  $1.59 - 1.61 - 1.57 \text{ g/cm}^3$  y  $1.64 - 1.65 - 1.62 \text{ g/cm}^3$  para las zonas de calle, plato y palera a las profundidades 0-30 y 30-60 cm respectivamente obtenidos permitieron identificar el desarrollo de fenómenos de compactación en las distintas zonas del cultivo, pudrición de Cogollo (PC) se observó que en los primeros 30 cm de profundidad incidencias de PC bajas se asocian a suelos con Dap menores o iguales a  $1.54 \text{ g/cm}^3$  y valores de  $1.58 \text{ g/cm}^3$  pueden ser críticos para que las palmas se predispongan fácilmente a contraer la enfermedad.

Moreno *et al.*, (2013), realizaron estudios básicos de caracterización de suelo con fines de riesgo, de la calidad de agua, de topografía y requerimiento de riego del cultivo de palma de aceite en un predio de 10 hectareas de un productor cooperante en el municipio de Villa Comaltitlan, Chiapas. Por lo que elaboró, analizó y comparó los proyectos de sistemas de riesgo por aspersión subfoliar y de microaspersión aplicados al cultivo de palma de aceite para el mismo predio de 10 hectareas. Como resultado obtuvo que la palma de aceite desarrolla un sistema de raíces adventicias esencialmente superficial, pero se puede extender relativamente hasta 20 metros del tronco por lo que un sistema de riesgo de cobertura total como la aspersión subfoliar es muy recomendable, sin embargo, el costo económico para su implementación resulta mas alto que el de microaspersión.

Mejía *et al.* (2010), determinaron la variabilidad espacial de las características químicas de suelo sembrado con palma africana (*Elaeis guineensis* L.) con un muestreo sistemático de 79 muestras en sitio fertilizado y 79 en sitio no fertilizado, en la plantación Alespalma, ubicada en la región chocó pacífica del Ecuador, cantón de San Lorenzo (60 msnm, 28°C, y 85% de humedad relativa). Se encontró que en el suelo predominan las deficiencias de fósforo, potasio y boro; el calcio es relativamente alto e influye en forma adversa sobre el magnesio y potasio. Los resultados obtenidos se determinó que se requieren 80 puntos de evaluación, de esta forma, se procedió a establecer las distancias de muestreo a través de un diseño grid regular (100 x 50m), ubicado en forma sistemática 79 palmas correspondientes a punto de muestreo, diferenciado topográficamente estos puntos acorde a la ubicación de la palma en al pendiente así; zona alta, media y baja; cada punto se georeferenció con un GPS (Magellan Meridian Gold.).

Nolver y Múnevar (2004), caracterizaron la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia, con el objeto de conocer la variabilidad de las características de fertilidad de los suelos, adelantando un estudio que incluyó diez plantaciones, de las cuales se tomaron muestras de suelo de tres profundidades y tres localizaciones con respecto a las palmas. El total de muestras analizadas fue de 324. Para la interpretación de los resultados la zona bajo estudio se dividió en dos áreas: la región de Puerto Wilches y la región del Sur del Cesar. Los resultados mostraron que en la región de Puerto Wilches los suelos son ácidos, de baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), y baja saturación de bases. El magnesio (Mg) fue el nutriente más deficiente y sobresalió la alta saturación de aluminio (Al). Los suelos del Sur del Cesar se caracterizaron como moderadamente ácidos, de baja CIC y alta saturación de bases, baja disponibilidad de potasio (K) y alta saturación de calcio (Ca).

Ariza y Merchán (2012), realizaron un reconocimiento y clasificación en biotipos de las melazas asociadas con la palma de aceite, en dos plantaciones, ubicada en los municipios de Villanueva, Casanare y Barranca de Upia para la realización del trabajo visitaron las dos fincas y procedió a recoger muestras y fotografías a las melazas que se encontraban dentro del cultivo. La indentificación y descripción se realizó siguiendo la metodología binaria latina expuesto por Linneo y especificada en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (CINB), para la agrupación de las melazas en biotipos (lianas, herbáceas, arbustos y árboles) se tuvieron en cuenta las características morfológicas de las plantas. Como resultado obtuvieron que en la zona

del Bajo Upía se encontraron 195 especies de melezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite, correspondientes a 43 familias botánica, de las que sobresalen *Fabaceae* (29 especies), *Cyperaceae* (13 especies), *Euphorbiaceae* (11 especies).

Torres *et al.* (2018), identificaron y evaluaron síntomas asociados a problemas de marchitez en la plantación Puerto Nuevo del municipio de San pablo, Sur del Bolívar y cuenta con 7200 hectáreas cultivadas con palma de aceite, se planteó un análisis cualitativo realizando un seguimiento a 30 palmas en estado de producción, con aparición de síntomas iniciales verificando desde el inicio el avance de los síntomas y el tiempo de duración de cada uno de ellos, realizando una evaluación de los síntomas cada semana hasta que las palmas se afecten completamente, se llevaron a cabo pruebas de tinción de savia para verificar o descartar la presencia de protozoarios flagelados en palmas enfermas, como agente causal de la marchitez sorpresiva. Como resultado se descartó la presencia de protozoarios flageados como agente causal de la marchitez sorpresiva en palma de aceite, además se establecieron los síntomas internos y externos asociados al nuevo caso de marchitez en la zona sur del departamento Bolívar.

Córdova *et al.* (2017), evaluaron experimentalmente el efecto de diferentes tratamientos de fertilización Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K) sobre el rendimiento y concentración foliar en una plantación comercial del híbrido DelixAvros, de ocho años de edad, establecida en Palenque, Chiapas. Mediante el Modelo San Cristóbal se generaron 12 tratamientos de fertilización, mismos que se probaron bajo un diseño de bloques completos al azar. Los niveles probados fueron N: 60, 90, 120, 150 kg  $ha^{-1}$ ,  $P_2O_5$ : 30, 60, 90, 120 kg  $ha^{-1}$  y  $K_2O$ : 120, 180, 240, 300 kg  $ha^{-1}$ . Los efectos sobre el rendimiento de racimos de fruto fresco (RFF) y la concentración foliar de N, P y K se evaluaron durante cuatro ciclos. Los resultados mostraron que a nivel de parcela el rendimiento de RFF aumentó en el segundo año, pasando de 19.8 t  $ha^{-1}$  a 40.8 t  $ha^{-1}$ , mientras que en el tercer año se cuadruplicó, llegando hasta 77.8 t  $ha^{-1}$  de RFF. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos probados, se sugiere adoptar la dosis 60-90-120 N,P,K, ya que esta satisface la demanda del cultivo a bajo costo, se obtienen rendimientos de racimo fruto fresco (RFF) elevados y se mantiene la fertilidad del suelo.

Velázquez *et al.* (2013), evaluaron el impacto del cultivo de la palma de aceite sobre el suelo en la localidad de La Alianza, municipio de Mapastepec, Chiapas, México. Los tratamientos considerados fueron palma adulta (T1); palma con cultivo (T2); palma sin cultivo (T3); acahual (T4). Tomando cuatro muestras de cada suelo, las muestras fueron tamizadas y almacenadas para su posterior uso. Posteriormente analizó las propiedades físicas y químicas, así como los macro y micronutrientes. Como resultado obtuvo que en T1 y T3 se mostró un contenido bajo y alto de macro y micronutrientes respectivamente; en T2 es menor el impacto y los niveles de nutrientes se encuentran dentro de los límites óptimos, mientras que T4 se considera un suelo sin impacto, rico en materia orgánica y nitrógeno, con concentraciones de nutrientes por arriba del límite óptimo y pH ligeramente ácido.

Kiang *et al.* (2007), describieron las necesidades de fertilizantes para mantener un máximo rendimiento económico y entregar los nutrientes que permitan satisfacer las necesidades de la planta y ésta es la base para un manejo eficiente de los fertilizantes. El concepto de potencial de rendimiento en el sitio (PRS) permite establecer objetivos y metas de rendimiento realistas y además fomentar un enfoque multidisciplinario para alcanzar rendimientos máximos. El enfoque del equilibrio de nutrientes brinda una base lógica y cuantitativa para estimar las necesidades de fertilizantes al igual que un marco para el manejo de fertilizantes, de forma específica, por sitio. Se ha elaborado Infers, un sistema de recomendación integrado, específico por sitio, que integra el concepto PRS con el enfoque del equilibrio de nutrientes. Un manejo eficiente y equilibrado de los nutrientes requiere que cada uno de ellos se suministre en una cantidad suficiente y se aplique en una forma que permita una máxima recuperación (en términos de tasas, oportunidad, aplicación, frecuencia, etcétera). El concepto del potencial de rendimiento del sitio (PRS) permite establecer una meta de rendimiento objetiva y realista y además ayuda a promover el enfoque multidisciplinario para lograr el máximo rendimiento.

Martínez-González, *et al.* (2010), evaluaron el comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal. Realizaron un muestreo aleatorio considerando cuatro estratos en función del tipo de vegetación, con seis réplicas cada uno: sitios con encinos (*Quercus sp*), con arbustos dominados por jarilla (*Senecio sp*) y uña de gato (*Mimosa sp*), con eucaliptos (*Eucalyptus sp*) y sin vegetación. Se colectaron muestras de suelo de marzo a septiembre, para determinar la humedad y analizar las diferencias entre cada sitio y cada estrato vegetal, correlacionando la

humedad con las variables altitud, pendiente, orientación, textura del suelo, número de árboles en el sitio, hojarasca en el suelo y grosor de los horizontes “O” y “A”. El estudio mostró que, durante la temporada de secas, el porcentaje de humedad fue menor para sitios con arbustos (8.3%) y encinos (8.7%), y mayor para sitios con eucaliptos (10.6%) y sin vegetación (9.9%); la pérdida de humedad fue mayor para sitios sin vegetación (3.4%) y menor para sitios con eucaliptos (-0.8%). Durante la temporada de lluvias, el porcentaje de humedad fue mayor para sitios con encinos (16.6%) y menor para sitios con eucaliptos (15.4%); los sitios con encinos (7.9%) y arbustos (7.2%) tuvieron mayor incremento de humedad.

## **Palma de aceite en México**

La palma africana o palma de aceite es originaria de Guinea Occidental, en el continente africano, y pertenece a la familia *Arecaceae*. Es una especie monoica porque tiene flores femeninas y masculinas en una misma planta; su tallo es único y esbelto, rara vez ramificado, puede ser liso o áspero y se cubre de fibras y espinas. Las palmeras jóvenes van desarrollando, durante sus primeros años, una yema apical o palmito y su sistema radicular, sus hojas se desarrollan cada vez más grandes, y sólo cuando han adquirido su grosor definitivo empiezan a crecer en altura, manteniendo siempre un diámetro constante a lo largo de todo el tallo. El nombre científico de la palma de aceite es *E. guineensis*, y así se le denominó por *elaion*, que en griego significa aceite, y por el lugar de donde se considera originaria, la región de Guinea en África. Es una planta perenne, ya que puede vivir por muchos años; existen palmas con una edad mayor a 80 años; pero como cultivo en producción, se estima que el promedio de vida útil es de 28 años, debido a que la altura que alcanza con la edad dificulta la cosecha de los racimos García-Mata (2014). El cultivo de palma de aceite, está creciendo debido a dos usos principales: como aceite comestible para la alimentación humana (aproximadamente 70% de la producción se utiliza como aceite comestible para la alimentación humana) y como materia prima para la producción biodiesel. Una palma produce por año 24 hojas y cada hoja tiene el potencial para producir un racimo, factores de estrés como tiempo seco, desbalance nutricional o mal mantenimiento, etc. reducen el número de los racimos por palma. La reducción en la productividad de los racimos se evidencia por menos flores por palma por año, más flores masculinas y más racimos abortados y resultará en una producción entre 12 y 16 racimos por palma por año. La diferencia entre el rendimiento potencial (24 racimos por palma/ año) y el rendimiento actual es de 8-12

racimos por palma por año. Las buenas prácticas no pueden cerrar las brechas completamente pero pueden minimizarlas. Factores limitantes y que no se pueden cambiar con las buenas prácticas son por ejemplo el clima, la precipitación y la variedad sembrada, pero con las buenas prácticas se puede optimizar el manejo en las plantaciones para cosechar el máximo de racimos posibles con el clima existente y la variedad sembrada (Bernd-Ditschar, 2006).



**Figura 1. Palma de aceite.**

### **Palma de aceite en Chiapas**

La producción de palma de aceite en México inició en una unidad productiva ubicada en el municipio de Pueblo Nuevo Comaltitlán, perteneciente a la región del Soconusco. Desde ese entonces Chiapas ocupa el primer lugar de superficie plantada de oleaginosa; datos del Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas (CEIEGCh) indican que existen en dicha entidad 43 444 hectáreas plantadas, de las cuales se cosechan aproximadamente 34 815, que aportan 4% del valor de la producción total del sector de Chiapas y ocupa el octavo lugar (Santacruz, 2018).

## **Distribución de la palma de aceite en el estado de Chiapas**

Actualmente las producciones de palma de aceite en Chiapas se encuentra distribuida en 22 municipios: Acacoyagua, Acapetahua, Benemérito de las Américas, Catazajá, Chilón, Escuintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Huixtla, La Libertad, Mapastepec, Marqués de Comillas, Mazatán, Ocosingo, Palenque, así como Pijijiapan, Salto de Agua, Suchiate, Tapachula, Tonalá, Tuzantán y Villacomaltitlán. De los cuales 11 se localizan en la región del Soconusco (Santacruz, 2018).

## **Condiciones óptimas para el desarrollo de la planta**

Algunas de las características de las zonas en las cuales la palma alcanza niveles altos de producción siempre coinciden con altas temperaturas ambientales, adecuado suministro de agua, suficiente luz y radiación solar. Es deseable que tales condiciones sean estables a lo largo del año y de todo el proceso productivo. Entre las características medio ambientales bajo las cuales se desarrolla la palma aceitera, podemos citar, que requiere de un clima propio o característico del trópico húmedo (Figuroa-Oscar, 2012).

## **Temperatura**

La palma de aceite es una planta de origen tropical, y por ello las mejores condiciones para su desarrollo se encuentran en regiones con clima tropical húmedo; también tiene buena adaptación en regiones del trópico subhúmedo, siempre y cuando se tenga la posibilidad de disponer de agua para riego. Las temperaturas óptimas mensuales de 25 a 28°C, en promedio, son favorables para el cultivo; menores de 15°C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas (García-Mata, 2014).

## **Precipitación pluvial**

Las condiciones favorables de precipitación para esta especie están determinadas por la cantidad y distribución de las lluvias. Las zonas se ubican en rangos oscilantes entre 1,800 y 2,300 mm al año, sin embargo, se puede presentar el caso de regiones con precipitaciones superiores a los 2,300 mm, pero con largas épocas de sequía, razón por la cual los rendimientos no se corresponden con el régimen hídrico de la zona (García-Mata, 2014).

## **Suelos para el cultivo de la palma**

Los suelos para el cultivo de la palma deben ser planos o ligeramente ondulados, ya que pendientes mayores al 12% exponen el suelo a la erosión y los costos de producción se incrementan por requerir más caminos, terrazas o curvas de nivel, y se dificulta el manejo de la plantación. El suelo debe ser fértil, con un horizonte superficial de 80 a 120 centímetros, de textura franca y un subsuelo arcilloso no pesado que retenga humedad. Los suelos con estas características pueden abastecer de agua y nutrimentos al cultivo, pero los suelos someros, poco profundos o con drenaje deficiente, reducen la capacidad de producción de la palma. Los suelos arenosos (texturas gruesas) y los extremadamente arcillosos, no son recomendados para este cultivo. Para la siembra de palma se recomiendan los suelos tropicales de mayor fertilidad, como los aluviales jóvenes asociados a “vega de río”, sin embargo, también se pueden utilizar los abundantes en ácidos, antiguos, de menor fertilidad, donde la aplicación de fertilizantes químicos es una práctica necesaria. En resumen, los suelos óptimos para el cultivo de la palma aceitera son los profundos, con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, de preferencia con buen contenido de materia orgánica, con topografía de plana a ligeramente ondulada y con un nivel de fertilidad de medio a alto (García-Mata, 2014).

Las características físicas más consideradas son principalmente la textura y el drenaje. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, por lo que su consistencia es insuficiente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, por la dificultad para drenarlos y por la facilidad con la que se compactan, por tanto, los suelos óptimos para el cultivo de la palma aceitera, son suelos profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, con buen contenido en materia orgánica, topografía de plana a ligeramente ondulada con pendientes inferiores al 2% y con un nivel de fertilidad de medio a alto (Figuerola-Oscar, 2012).



**Figura 2. Textura del suelo.**

### **Fisiografía y drenaje**

Los terrenos con pendientes pronunciadas representan mayores costos para la siembra, cosecha, vías de transporte y de mantenimiento en general, por lo que deben preferirse los terrenos de topografía plana o de pendientes ligeras. La productividad de la palma, en terrenos de mucha pendiente, se ve afectada, ocasionando que disminuya la producción de racimos de fruto fresco; también, son menos rentables por los altos costos de maniobrabilidad y de mantenimiento. Por ello es necesario que el suelo tenga un grado adecuado de porosidad para garantizar el drenaje. Por todo esto, los mejores suelos para el cultivo de la palma son aquellos que presentan una buena porosidad y disponibilidad de los nutrientes, es por ello que se tiene que asegurar un sistema de drenaje que permita la evacuación de los excesos de agua de la lluvia que se empoza en las depresiones del terreno, mediante la limpieza de los caños naturales y realizando obras de drenaje eficientes (Figueroa-Oscar, 2012).

### **Las raíces**

Las raíces de la palma de aceite se expanden a partir del tallo, de donde crecen las más gruesas, conocidas como primarias. De éstas salen las secundarias, de donde crecen a su vez las terciarias y, al final, las denominadas cuaternarias siendo las pertenecientes al tercer y cuarto orden son

las más importantes para la absorción de agua y nutrientes. Así también otra de las funciones de las raíces es proporcionar anclaje a la planta y facilitar la toma de agua y nutrientes que se encuentran en la solución del suelo. Las raíces de la palma son relativamente superficiales, pues se concentran principalmente en los primeros 50 cm de la capa superior del suelo, y tienen la capacidad de crecer tanto hacia arriba como hacia abajo, sin embargo, una raíz de palma puede llegar a profundizar hasta tres metros, si las condiciones del suelo son adecuadas; no obstante, alrededor del 80% del total de las raíces se ubican en los primeros 50 cm de profundidad en el suelo, que es la mínima requerida para establecer su cultivo (García-Mata, 2014). Por otro lado es de importancia conocer la distribución y la dinámica de crecimiento del sistema radical de la palma de aceite con respecto a su edad es de gran importancia para una adecuada ejecución de prácticas agronómicas, tales como: Sistemas de ubicación y dosificación de fertilizantes; vigilancia, cuantificación de daños y control de plagas rizófagas y obtención de una mayor eficiencia en tratamientos con fungicidas e insecticidas por medio de la absorción radicular (Reyes-Cuesta, 2000).



**Figura 3. Raíces de la palma de aceite.**

### **El tronco, tallo o estípite**

El tronco, también llamado estípite o estipe, es la estructura que comunica las raíces con las hojas. Por el tallo circulan toda el agua y los nutrientes que desde las raíces avanzan hacia las

hojas y las inflorescencias de la planta. En el cogollo de la palma se encuentra la yema o “meristemo”, que es el punto de crecimiento de la palma. El tronco de la palma crece alrededor de 30 a 60 centímetros por año, dependiendo del manejo del cultivo, de las condiciones ambientales, de la fertilidad y de la densidad de siembra de la plantación. En cultivos con escaso manejo, la palma tiende a presentar un menor crecimiento y también una menor producción (García-Mata, 2014).



**Figura 4. El tallo o estípite.**

## **Las hojas**

Las hojas tienen tres partes; están compuestas por un peciolo (espinoso), enseguida está la penca (raquis) y en el raquis se encuentran adheridos los folíolos (hojas). Como los peciolos tienen espinas, deben ser tratados adecuadamente para evitar accidentes al ejecutar las labores de manejo del cultivo. Parte del peciolo o penca queda adherido en el tallo al momento de cortar la hoja; a esta porción se le conoce como base peciolar. Las bases peciolares permanecen adheridas al tallo durante 13 a 15 años, por lo menos, y luego se desprenden de forma natural. Los folíolos transforman la energía del sol y, con el agua y los nutrientes, se produce la energía necesaria para el crecimiento y producción de la palma. Una hoja de palma adulta tiene alrededor de 300 folíolos, 150 a cada lado del raquis. El color de los folíolos debe ser verde, ya que eso significa que se encuentran activos y generando energía para la planta. Folíolos amarillos,

anaranjados o de color café, indican que las plantas presentan “estrés” causado por diversos factores, que disminuye la producción por deficiente nutrición de la palma (García-Mata, 2014).



**Figura 5. Hojas con raquis y foliolos.**

Hasta los siete años, una palma debe producir y contener hasta 56 hojas; del séptimo al décimo año, alrededor de 40 hojas y, después de los 10 años hasta la renovación del cultivo, se reduce a 32 hojas por palma. Para manejar el número de hojas adecuado con la edad del cultivo, se realiza la práctica de poda de hojas viejas. Un mayor o menor número de hojas implicará pérdida de potencial de producción de la palma.

### **Inflorescencias, flores o estructuras reproductivas**

La palma de aceite produce en forma separada flores masculinas (machos) y flores femeninas (hembras). Ambos tipos de inflorescencias se pueden encontrar en una misma palma. La inflorescencia macho posee varias espigas en forma de dedos. Cada uno de estos “dedos” posee gran cantidad de flores (de 700 a 1,200), encargadas de producir el polen para fecundar las flores femeninas. A su vez, las flores femeninas, una vez fecundadas, producirán los frutos que se llevarán a la planta extractora de aceite. Los “insectos polinizadores” cumplen con la función de transportar o llevar el polen desde las flores macho hasta las flores hembra (adherido o pegado a su cuerpo), lo cual es muy importante, ya que ayudan a que los racimos se desarrollen adecuadamente y produzcan mayor peso y mayor cantidad de aceite. Las inflorescencias

femeninas también tienen espigas, las cuales poseen las estructuras que recibirán el polen y que producirán los frutos de donde se extraerá el aceite de la palma los frutos de donde se extraerá el aceite de la palma (García-Mata, 2014).

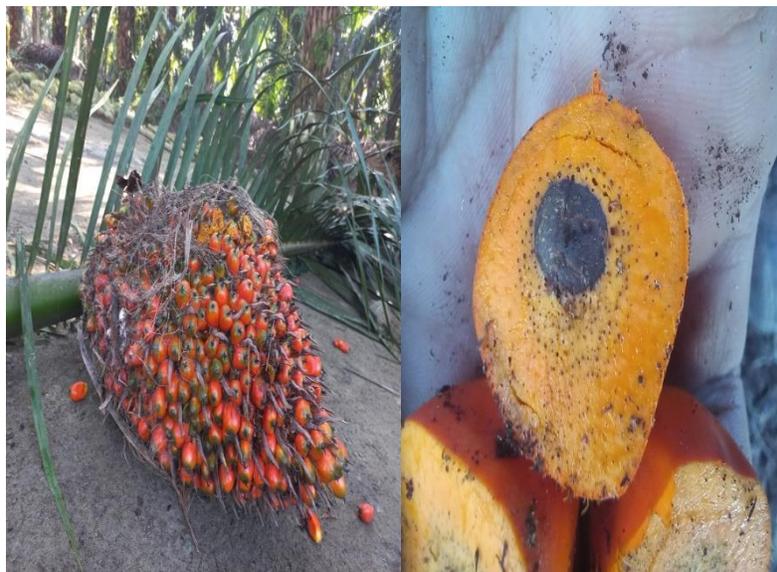


**Figura 6. Inflorescencias: masculina y femenina.**

### **Los racimos y frutos**

Los racimos de la palma son el resultado de la fecundación de las inflorescencias femeninas y están conformados por varios cientos de frutos. Desde el momento en que la flor es fecundada hasta que el fruto se encuentra maduro pueden llegar a transcurrir entre cinco y seis meses, dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente de las lluvias. En épocas lluviosas, el periodo de maduración es más corto, con respecto a épocas secas. Los racimos que se cosechan en el segundo año de la siembra pueden llegar a pesar unos 500 gramos, mientras que un racimo de una palma adulta puede alcanzar hasta 70 kg. Tienen forma redondeada en palmas jóvenes y, en las adultas, tienen forma alargada y pueden llegar a medir hasta 70 cm en su lado más largo. Al llegar a su madurez, los frutos o coyoles empiezan a desprenderse en forma natural. Poseen tres partes: una externa o cáscara, que es delgada, lisa y brillante; una media, llamada mesocarpio o pulpa, de donde se extrae el aceite crudo de palma, y una parte interna, llamada almendra, semilla o endocarpio, de donde también se extrae aceite y se le llama aceite de

palmiste. Los frutos “a la vista”, es decir, aquellos que observamos en la parte externa de los racimos y que se caen indicando su madurez, son los que pueden llegar a tener la mayor cantidad de aceite (hasta 50% con respecto a su peso). De ahí la importancia de recolectarlos y también llevarlos a la planta extractora. Normalmente, de un racimo se extrae 20% de su peso en aceite, es decir, si un racimo pesa 10 kg, se extraen alrededor de 2 kg de aceite crudo de palma, para ello, el racimo debe encontrarse en un estado óptimo de madurez, es decir, que haya desprendido en forma natural por lo menos un fruto. Los racimos que se cosechan verdes no han acumulado todo su potencial para producir aceite (García-Mata, 2014).



**Figura 7. Racimo y fruto.**

### **La palma en las épocas secas**

Una de las primeras reacciones de la palma de aceite ante la falta de agua, es que “deja de trabajar” durante el periodo más caluroso, lo cual ocurre entre las 12:00 y las 15:00 horas del día durante la época seca. Cuando se presenta déficit hídrico en los cultivos de palma de aceite, se observa “enruanamiento” (las hojas aún verdes, se doblan y cubren el tallo) y clorosis de las hojas; las “flechas” no se desarrollan y, si persiste el déficit por largo tiempo, las plantas inician su propio proceso de marchitez. En casos extremos, las hojas se secan completamente. Aunque es poco lo que se conoce sobre el efecto de las temperaturas extremas sobre el crecimiento y

desarrollo de la palma de aceite, se ha observado que exposiciones breves a temperaturas superiores de 38°C o a menores de 8°C, no son notables, sin embargo, la exposición prolongada a temperaturas bajas o a temperaturas altas puede ejercer diversos efectos negativos en la producción de frutos. La palma aceitera requiere por lo menos de cinco a seis horas de luz cada día, durante todo el año (García-Mata, 2014). Un parámetro clave en las buenas prácticas es el clima. Tres meses sin precipitación (menos de 100mm lluvia por mes) resultan causantes de un menor potencial de rendimiento. Las sequías son comunes en la costa atlántica (febrero hasta principio de mayo) y en la costa del pacífico (diciembre hasta abril). En las temporadas de lluvia con altas precipitaciones mensuales, el trabajo puede ser limitado por el acceso al campo (inundaciones) y limitaciones en la aplicación de fertilizantes, el manejo del agua implica manejo de las inundaciones, drenajes y control del nivel de agua (Bernd-Ditschar, 2006).



**Figura 8. Palma con enruanamiento.**

### **Fertilización de suelos en cultivos de palma de aceite**

La fertilización es la práctica por la cual se trata de devolver al suelo los nutrientes que son extraídos por las cosechas, es decir, que esta labor está en función de las características del cultivo y del suelo que van a influir en la eficiencia de los fertilizantes aplicados. La palma africana es una planta con elevado potencial de producción y es debido a su alta productividad

que se genera grandes volúmenes de biomasa en forma de hojas, inflorescencias, racimos, raíces y desarrollo del estipe. Esta producción de biomasa y del producto comercial demanda una gran cantidad de nutrientes, por lo que la práctica de la fertilización es determinante. Los objetivos que se persiguen con la fertilización son el suministro de nutrientes para promover el desarrollo vegetativo y la resistencia a plagas y enfermedades y el reemplazamiento de los nutrientes exportados por los racimos en la cosecha. Es por ello que un muestreo de suelo es determinante (Figueroa-Oscar, 2012).

## **Nutrientes esenciales en el cultivo de la palma de aceite**

### **Nitrógeno (N):**

Rápido crecimiento, color verde intenso a las hojas y mejora la calidad de las mismas. Aumenta el contenido de proteínas, la producción de frutos y semillas. Un suministro adecuado de nitrógeno y balanceado con otros nutrientes es importante para el buen desarrollo y producción del cultivo.

### **Fósforo (P):**

Las palmas de aceite son usualmente muy eficientes en la utilización del fósforo, tanto del suelo como en el fertilizante aplicado, teniendo una marcada influencia en el desarrollo del sistema radicular la floración y por ende en la producción.

### **Potasio (K):**

Incrementa la resistencia a la sequía y a las enfermedades en las palmas e influyen sobre el tamaño y número de racimos producidos.

### **Magnesio (Mg):**

El Mg cumple numerosas funciones vitales en el metabolismo de la planta, como un componente esencial de la fotosíntesis ocupando la posición central de la clorofila, realizando la fijación de CO<sub>2</sub> en el metabolismo de energía y en la síntesis de carbohidratos, proteínas y aceite.

### **Azufre (S):**

Es un ingrediente esencial de las proteínas. Ayuda a mantener el color verde intenso de las hojas. Estimula la producción del fruto y las semillas y el crecimiento vigoroso de las plantas.

### **Boro (B):**

El boro es uno de los nutrientes que está relacionado con la actividad del tejido de crecimiento meristemático), dentro de los siguientes procesos: regulación del metabolismo de los carbohidratos; floración y fructificación. La formación del grano del polen, metabolismo del nitrógeno, absorción de agua y nutrientes (Figuroa-Oscar, 2012).

## **Plantas anormales**

### **Hojas normales**

Las hojas en sus primeros estados de crecimiento se les llaman "flechas", una flecha es normal cuando está erecta y su color varía de blanco cremoso a verdoso, y cuando se mantiene completamente cerrada y erguida, sin presentar doblamiento, plegamiento, ni fractura. Las hojas maduras y normales tienen sus folíolos completamente abiertos y separados, son de color verde oscuro, y presentan una curvatura hacia los extremos y hacia abajo (Franco-Pedro, 2002).

### **Anormalidades de la hoja según su color**

#### **Hojas amarillas**

Se trata de hojas bien conformadas pero que presentan una coloración amarillo limón o amarillo. Causa probable: deficiencias de magnesio o nitrógeno, drenajes deficientes o eventualmente enfermedades de tipo sistémico en la palma, figura 9 (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 9. Palma con todo el follaje amarillo.**

### **Hojas anaranjadas**

Son hojas bien conformadas que presentan foliolos con coloración anaranjada en una parte o en la totalidad de su área, aunque es más notorio desde la mitad de la hoja hacia el ápice. Algunas de las causas probables: deficiencia de potasio o ataque y presencia de ácaros, figura 10 (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 10. Detalle de foliolos de color naranjadas.**

### **Hojas rojizas**

Son hojas bien conformadas que presentan foliolos con coloración rojiza en una parte o en la totalidad de su área. Algunas de las causas probables: la marchitez sorpresiva o la respuesta de la hoja a un golpe o a un daño mecánico, figura 11 (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 11. Palmas con hojas rojizas en el tercer inferior.**

## **Anormalidades de las hojas según la apariencia**

### **Hojas quebradas**

Se trata de hojas bien conformadas pero fracturadas en alguna parte del raquis. Justo en el punto de fractura, la parte o punta de la hoja permanece colgado. Su color puede ser verde, amarillento o rojizo, puede estar del todo seca, o solo seca en la parte suspendida. Algunas de las causas probables: efecto directo o indirecto de un rayo, un golpe, un daño mecánico, envejecimiento de las hojas o eventualmente una enfermedad, figura 12 (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 12. Palma con hojas quebradas en los tercios inferior y medio.**

### **Hojas secas**

Son hojas bien conformadas, que se han secado progresivamente. Pueden presentar una parte o la totalidad de la hoja seca. Algunas de las causas probables: enfermedad del añublo foliar o *Pestalotiopsis*, ataques de *Cephaloleia*, deficiencias nutricionales avanzadas, drenaje deficiente, veranos prolongados y enfermedades como la marchitez letal y la marchitez sorpresiva, entre otras. Es importante aclarar que el secamiento ocurre cuando alguna de las causas señaladas se encuentra en estado avanzado; el resultado es la muerte del tejido, figura 13, (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 13. Hoja nueva del tercio superior con secamiento.**

### **Hojas cortas**

Las hojas nuevas maduras presentan una reducción en su longitud, eventualmente pierden la curvatura normal de la hoja y se ven más verticales. Algunas de las causas probables: deficiencia de boro, síntomas de una enfermedad como el anillo rojo, o una anomalía de tipo genético, figura 14, (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 14. Palmas con hojas cortas.**

### **Hojas rizadas**

Un grupo pequeño o grande de folíolos presenta arrugamiento o plegamiento de la superficie, particularmente en la punta de la hoja o desde la mitad de la hoja hacia el ápice. Algunas de las causas probables: deficiencia de boro, figura15, (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 15. Detalles de los folíolos de un ahoja adulta rizada.**

### **Hojas dobladas hacia abajo**

Las hojas pierden su curvatura natural hacia abajo y están como colgadas de la corona, aparentemente obligadas por su peso a permanecer en esta posición. Algunas de las causas probables: déficit hídrico. En algunos casos, ocurre como respuesta a una enfermedad sistémica de la palma, figura 16, (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 16. Palma con hojas dobladas hacia abajo.**

### **Hojas retorcidas**

Las hojas muestran retorcimientos, particularmente, las más jóvenes. Algunas de las causas probables: mal de juventud y efecto tóxico de herbicidas sistémicos, figura 17, (Potes-Sánchez, 2000).



**Figura 17. Palma con hojas retorcidas.**

## **HIPÓTESIS**

Implementar tres técnicas de acolchado de residuos de hoja de palma africana en el rancho San Carlos con la finalidad de proporcionarle al suelo un mejor rendimiento de humedad, temperatura de suelo óptimo, mayor presencia de raíces y describir la composición nutricional del suelo.

## METODOLOGÍA

### Diseño de la investigación

El presente trabajo se diseñó bajo el paradigma de investigación cuantitativa porque se hizo la recolección de datos para probar hipótesis y establecieron valores de comportamiento en función a variables en condiciones controladas las cuales dieron como resultados valores numéricos, que posteriormente se analizaron en el paquete estadístico JMP. En la investigación descriptiva y experimental. La investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos (Tamayo-Tamayo, 2003), por otro lado, en la investigación experimental permitió la evaluación, registro y análisis, donde se empleó un diseño de bloques al azar, que se consideraron los tratamientos de acolchado de hojas evaluando la humedad, temperatura y raíces del cultivo cada 15 días, de igual forma se realizaron análisis nutricionales fisicoquímicos.

### Población

La investigación se realizó en el Rancho San Carlos ubicado en el ejido Colombia municipio de Acapetahua, Chiapas, que cuenta con 64 hectáreas de cultivo de palma de aceites de una edad de entre 15 a 25 años, la producción máxima de fruto fresco al día varea de 4 a 12 toneladas, cuenta con un personal de 18 personas los cuales se encargan de realizan diferentes actividades dentro de la plantación como es el corte, saneamiento de hojas, limpieza de maleza. Este rancho encuentra ubicada en las coordenadas geográficas  $15^{\circ}13'29.6''N92^{\circ}40'19.9''O$ , figura 18.

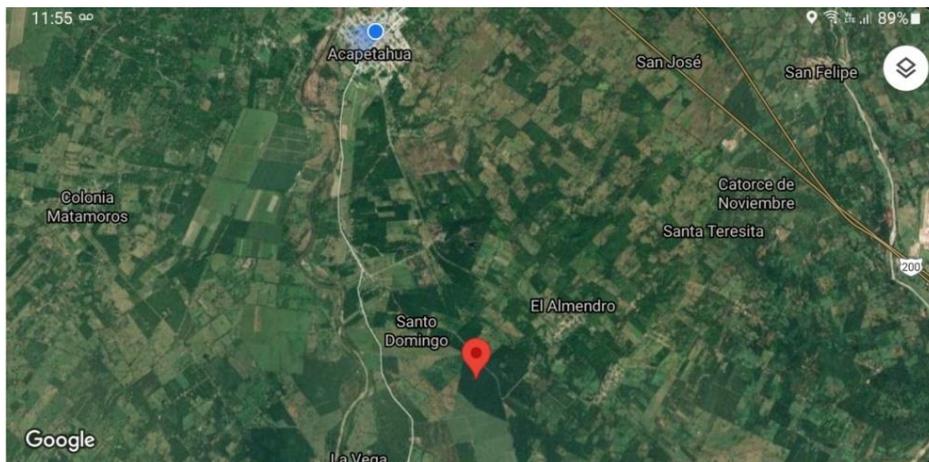


Figura 18. Ejido Colombia, Acapetahua, Chiapas (Googlemaps, 2022).

## **Muestra**

Para la determinación de porcentaje de humedad se realizó una repetición por cada área de 20 g cada muestra. La temperatura se tomó en tres puntos al azar por cada área sacando un valor promedio de temperatura por área. En la cuantificación de raíces se tomó solo una muestra por área cada 15 días. Para el análisis de la composición nutricional fisicoquímico del suelo se sometieron a peso constante, muestras de 2 kg de suelo por cada área de estudio. La presente investigación se realizó en una sola área de estudio la cual estaba dividida en tres secciones.

## **Muestreo**

La investigación se realizó en lapso de tiempo que abarco desde 15 de noviembre del 2021 al 26 de febrero del 2022, para el análisis nutricional fisicoquímico se realizó dos evaluaciones uno en el mes de noviembre y el otro culminando en el mes de febrero. Para la determinación de porcentaje de humedad, temperatura y raíces se hicieron dos evaluaciones por mes.

## **Variables**

Para el desarrollo de la presente investigación los análisis de la muestras se realizaron en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, subsede Acapetahua, ubicada en el segundo piso del edificio A. En relación a ellos se consideraron algunas variables y se realizó una división de ellas de tal forma que se agruparan en variables dependientes e independientes:

Variabes dependientes: contenido de humedad de suelo, análisis nutricional fisicoquímico.

Variabes independientes: temperatura, conteo de raíces.

## **Instrumentos de medición**

Para la determinación del contenido de humedad de suelos se utilizó un horno de secado marca NOVATECH. En el conteo de raíces se utilizó una pala plana marca TRUPPER, bolsas de plásticos, cinta maxtic, plumones, un flexómetro. Para la toma de temperatura de suelo se utilizó un termómetro marca HANNA instruments.

## Descripción de las técnicas utilizadas

### Determinación del contenido de humedad

Para la determinación de humedad se extrajeron muestras de suelo al azar en forma de zig zag a una profundidad de 0 a 30 cm con una pala plana marca TRUPER, se homogenizo en un plástico esterilizado aplicando un cuarteo diagonal hasta extraer 1,000 g de suelo, las muestras fueron depositadas en bolsas de plástico esterilizadas, etiquetadas, conservadas y transportadas, posteriormente se llevaron a la universidad de ciencias y artes de Chiapas ( UNICACH), subsede Acapetahua, en donde se realizó el análisis de porcentaje de humedad, se volvieron a homogenizar en un tamiz número 10, para determinar el contenido de humedad de suelo en el laboratorio de alimentos se llevó acabo el siguiente procedimiento: a) se pesaron 20g de muestra en la balanza analítica OHAUS en charolas echas de aluminio seco y previamente tarado, b) se colocó las charolas en un horno de secado marca NOVATECH a una temperatura de 105°C hasta peso constante, es decir aproximadamente 24 horas, c) después de que las muestra alcanzo peso constante se transfirió la charola con muestra a un desecador por 30 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente en seguida se pesó la charola con muestra seca (NOM-021-RECNAT, 2002). Los cálculos del porcentaje de humedad se realizaron con la siguiente ecuación:

$$\%humedad = (M1 - M2)/MX100$$

Dónde:

M1= peso de charola más muestra húmeda

M2= peso de la charola más muestra seca

M= peso de la muestra

### Toma de temperatura de suelo

Para la toma de temperatura se utilizó un termómetro HANNA instruments la temperaturas se toma en tres puntos al azar dentro del área de estudio las cuales se dividieron en tres para la determinación de una temperatura promedio del área (NOM-021-RECNAT, 2002).

### **Cuantificación de conteo de raíces:**

Para el conteo de raíces se utilizó una pala plana marca TRUPPER la cual se escavo a una profundidad de 0-30cm con un corte de forma “V”. Se extrajo una tajada de 30\*18\*10 cm. Se depositó en una cubeta para poder realizar el conteo de raíces (NOM-021-RECNAT, 2002).

### **Análisis nutricional fisicoquímico de suelo del rancho San Carlos**

Para la toma de muestra de suelo se realizó bajo la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000 publicada en el diario oficial de la federación el 31 de diciembre del 2002. La extracción de submuestras se hizo con una pala plana recta marca truper a una profundidad de 0-90cm con un corte en forma de “v”, se extrajeron tres submuestras en forma de zic zac, se depositaron en un plástico de 1m<sup>2</sup>, una vez colectadas todas las submuestras se mezclaron cuidadosamente, se empleó el método de cuarteos diagonales para la elaboración de la muestra compuesta se vació sobre un plástico esterilizado y se mezcló cuidadosamente para homogenizar; en seguida se distribuyó en forma de círculo que se dividió en cuatro cuadrantes. Eliminan los cuadrantes supuestos y los otros dos se vuelen a mezclar. El procedimiento se repitió hasta reducir la muestra a 2 kg. La muestra compuesta se llevó a la universidad de ciencias y artes de Chiapas en donde se metió en un horno de secado marca NOVATECH a una temperatura ambiente de 35°C por 48 horas. Ya estando seca la muestra se tamizo en un tamiz número 10 para eliminar cualquier residuo como raíces, hojas y piedras, ya estando listas las muestras se empaquetaron en bolsas de plásticos esterilizadas y etiquetadas describiendo el análisis que se le iba a emplear a la muestra. Fueron enviadas al laboratorio A-L de México, S.A. de C.V.

### **Descripción del análisis estadístico**

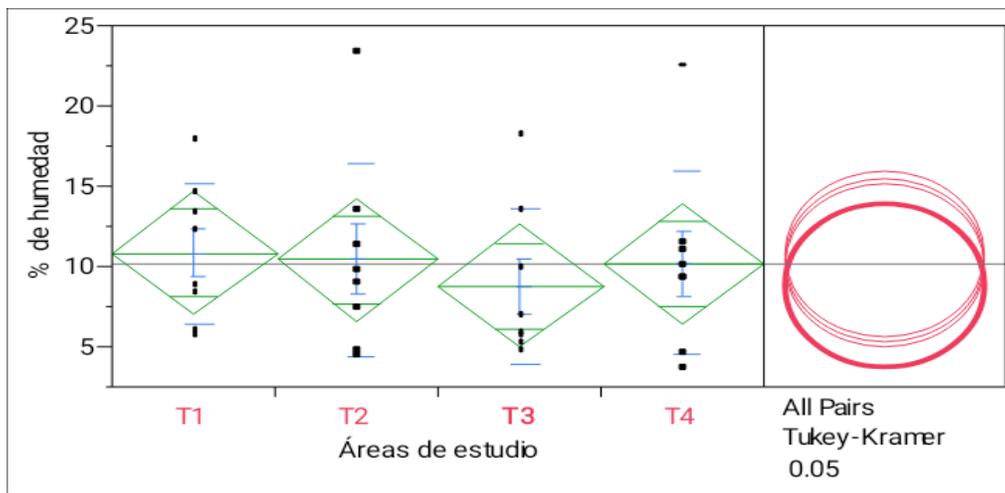
Para la evaluación estadística de las propiedades físicas y químicas del suelo se aplicó el diseño de bloques completamente al azar con 8 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos correspondieron a palma adulta con una edad entre de 15 a 25 años, en la que se dividió por áreas, los que equivalen a 4 tratamientos: t1= testigo, t2 (acolchado con foliolos en v invertida), t3 (acolchado con hojas picadas) y t4 (acolchado con hojas desordenadas). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Los resultados fueron

analizados con el procedimiento de análisis de varianza utilizando el software de análisis estadístico JMP Ver. 7.0 by SAS. Así también, en la presente investigación se utilizó la estadística descriptiva ya que el objetivo es resumir o describir las características importantes de un conjunto de datos (Triola, 2009). Está a la vez se divide en la medida de tendencia central de la cual se usó únicamente la medida aritmética debido a que para obtener resultados de las variables se implementó la cinética de humedad para la determinación de porcentaje de humedad.

## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### a) Porcentaje de humedad del suelo con palma de aceite del Rancho San Carlos

Se determinó el porcentaje de humedad de suelo en cultivos de palma africana en el que se efectuaron 8 etapas de evaluaciones de las cuales cada etapa se realizó en un rango de 15 días. No se encontró diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey al 5%. El porcentaje de humedad promedio en el suelo fue de 10.67%. Se observó que las mejores características para retención de humedad se puede encontrar en  $T_1$  y  $T_2$  con 10.88% y 10.46% respectivamente, pero no existe diferencia alguna, figura 19.



Nota: T1= testigo, T2 (acolchado con foliolos en v invertida), T3 (acolchado con hojas picadas) y T4 (acolchado con hojas desordenadas).

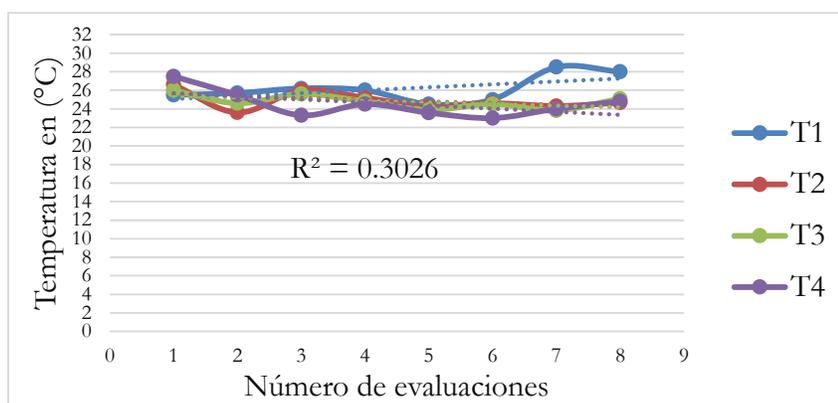
### Figura 19. Porcentaje de humedad de suelo del cultivo del rancho San Carlos.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas de humedad a suelos de cultivos de palma de aceite en el rancho San Carlos se encontró alto valor en este parámetro posicionándose en primer lugar el tratamiento  $T_1$  con 10.88%, después el tratamiento  $T_2$  (10.46%), para el tratamiento  $T_4$  (10.21%) y finalmente con menor grado de humedad el tratamiento  $t_3$  (7.55%). De acuerdo a lo anterior Martínez-González, *et al.*, (2010) registró un valor promedio de humedad en sitios de arbustos de 16.4% lo cual se encuentra 34.93% por arriba del resultado obtenido en esta investigación. Los datos de los tratamientos de  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$  se le puede atribuir al tipo de suelo, vegetación que se encuentre posicionada en el área, además de los procesos de las cuencas hidrológicas relacionadas a las época de lluvia en la zona, es decir, procesos hidrológicos que se llevan a cabo dentro de las cuencas hidrológicas, éstas son consideradas unidades básicas para la captación,

retención, manejo y administración del agua. De manera natural, en estos ecosistemas se da una serie de relaciones entre sus diversos componentes: agua, suelo, vegetación y atmósfera (Martínez-González, *et al.*, 2010). De las consideraciones anteriores es oportuno hacer incapie que el elemento agua es uno de los elementos más vitales para la generación de la vida, así como para la generación de alimentos y el correcto desarrollo de los mismos, este elemento es la variable principal al momento de llevar el manejo de cultivos, es por esta razón que el manejo de la humedad en cultivos a través del uso de tecnología es de gran relevancia (Ocut Technologies, 2019), asimismo, la tendencia en bajos porcentajes debe atenderse con métodos de humedad volumétrica o por ende humedad aprovechable con la finalidad de que los frutos de palma de aceite obtenga los rendimientos que se espera, por lo que el rancho San Carlos no cuenta con un sistema de riego que cumpla con cierta necesidad en cuanto a abastecimiento de agua a sus cultivos.

#### b) Variabilidad de temperatura del suelo en el Rancho San Carlos

Se midió la variabilidad de temperatura de suelo en cultivos de palma africana en el que se efectuaron 8 etapas de evaluaciones de las cuales cada etapa se realizó en un rango de 15 días, por lo que resulta oportuno mencionar que, el tratamiento T<sub>1</sub> presentó mejores características con respecto a su temperatura de suelo con un promedio (26.18°C), con respecto a los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> no hubo diferencia alguna obteniendo un valor promedio de 24.78°.



**Figura 20. Evaluación de variabilidad de temperatura de suelo.**

De acuerdo a las evaluaciones realizadas de variabilidad de temperatura de suelo de cultivo de palma de aceite en el rancho San Carlos se encontró un alto valor en este parámetro posicionándose en primer lugar el tratamiento T<sub>1</sub> con un promedio de 26.18°C, después el tratamiento T<sub>2</sub> (24.9°C) para el tratamiento T<sub>3</sub> (24.79°C) y finalmente con menor promedio de temperatura el tratamiento T<sub>4</sub> (24.65°C). De acuerdo a lo anterior Mejía (2006), menciona que la temperatura óptima mensual de suelos con cultivo de palma de aceite es de 23 a 27°C en promedio, comparando con el resultado de esta investigación los valores se encuentran en un rango favorable. García, (2014), menciona que las temperaturas menores de 15°C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas. Cuando las plantas son sometidas a temperaturas, por lo menos 5°C arriba de su temperatura óptima de crecimiento, una señal de estrés por calor es activado, lo que disminuye la síntesis de proteínas normales y acelera la trascrición de las proteínas de choque térmico (*heat shock proteins*, HSP). Los niveles de estas proteínas pueden aumentar en circunstancia temporales y de desarrollo, con resultado como cese de crecimiento, daño de órganos y hasta la muerte de la planta. En el campo en condiciones naturales de alta irradiación y en plántulas germinadas en suelo caliente la transcripción de HSP puede aumentar en hojas, lo cual disminuye las transpiraciones y se produce cierre estomático (Hall, 2001). Los datos de los tratamientos de T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y testigo se le puede atribuir al tipo de suelo, vegetación que se encuentre posicionada en el área, cambios climáticos, lluvias, un mal drenaje, inclinación del suelo, además de los procesos de las cuencas hidrológicas relacionadas a las época de lluvia en la zona, es decir, procesos hidrológicos que se llevan a cabo dentro de las cuencas hidrológicas, éstas son consideradas unidades básicas para la captación, retención, manejo y administración del agua. Es de vital importancia la medición de temperatura de suelos ya que esta influye significativamente en el crecimiento de las plantas, si se tiene una temperatura óptima la reacciones químicas del suelo sucede más rápidas, se acelera la germinación y existe un crecimiento favorable en las plantas.

### **c) Conteo de raíces del suelo en el Rancho San Carlos**

Se cuantificó la proporción de raíces presentes en el suelo con cultivos de palma africana en el que se efectuaron 8 etapas de evaluaciones de las cuales cada etapa se realizó en un rango de 15 días, cabe mencionar que el tratamiento T<sub>3</sub> presento mayor proporción de raíces primarias

(15.75a), en cuanto a las raíces secundarias, terciarias y cuaternaria no se encontró diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 1. Cuantificación de raíces de palma africana.**

Tratamientos	Tipo de raíz				
	Primaria	Secundaria	Terciaria	Cuaternaria	Raíces Total
T2	6.37 b	8.25 a	11.37 a	23.62 a	397
T3	14.75 a	12.25 a	12.62 a	23.50 a	505
T4	9.62 ab	10.00 a	11.37 a	20.87 a	415

De acuerdo a las evaluaciones realizadas de cuantificación de raíces del suelo de cultivo de palma de aceite en el rancho San Carlos se encontró alto valor en este parámetro obteniendo primer lugar el tratamiento T<sub>3</sub> con un total de 505 raíces, seguido del tratamiento T<sub>4</sub> (415 raíces) y finalmente el tratamiento T<sub>2</sub> (397 raíces). De acuerdo a lo anterior Hartley (1983), menciona que la mayor cantidad de raíces está en los primeros 15 o 30 cm del perfil de suelo, además, las raíces de todas las clases muestran un tropismo positivo hacia las mejores condiciones de abastecimiento de agua y de nutrientes, hacia donde haya material vegetal en descomposición. Las raíces desempeñan funciones esenciales para el crecimiento, la sobrevivencia de las plantas en los ecosistemas naturales. Estas funciones incluyen el anclaje para proporcionarles una estabilidad a la planta, la absorción de agua, nutrientes presentes en el suelo, compuestos orgánicos, respiración (Stokes, 2000). Las raíces de la palma africana se clasifican en: raíces primarias (de anclaje), secundarias (de anclaje), terciarias y cuaternarias las cuales son más finas consideradas las más importantes para la absorción de agua y nutrientes (Juordan, 2000). Cabe mencionar que el resultado obtenido en esta investigación da a conocer que el tratamiento T<sub>3</sub> brindó una abundancia de raíces tanto primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, esto debido a la técnica de acolchado de residuo de hojas de palma africana con la espiral (foliolo) hacia abajo y despedazado brindándole al suelo una mejor captación y absorción de agua.

#### **d) Composición nutricional fisicoquímico del suelo del Rancho San Carlos**

En función a la composición nutricional del suelo de cultivo de palma africana que se ubica en el Rancho San Carlos en el que se evaluó las características físicas (textura, Capacidad de int.

Catiónico), de reacción (pH del suelo, conductividad) y de fertilidad (Materia orgánica Fosforo(P), Potasio(K), Calcio(Ca), Magnesio(Mg), Azufre(S-S04), Boro(B), Cobre(Cu), Hierro(Fe), Manganeso(Mn), Zinc(Zn), Sodio (Na). Por otro lado se encontró que con respecto a la característica física cabe mencionar que la evaluación compuesta fue uno de los que más predominó con (4.9 Meq/100g). Así mismo con respecto a la característica de reacción cabe mencionar que el análisis de pH de suelo se encontró un alto valor en la evaluación 2 siendo el tratamiento T<sub>3</sub> el más alto con (7.3). Finalmente con respecto a la característica de fertilidad la evaluación compuesta se posicionó en primer lugar registrando valores de calcio (Ca) con (738 ppm), así mismo, para el análisis de hierro (Fe) con (158 ppm) y finalmente el análisis de magnesio con (90 ppm).

**Tabla 2. Composición nutricional de suelo con cultivo de palma africana del rancho San Carlos.**

Características	Análisis	Unidad	Evaluación compuesta 1	Evaluación 2		
				T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Físicas	Textura		Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
	Capacidad de int. Catiónico	Meq/100g	4.9	4.7	3.1	3.7
Reacciones	pH Suelo		6.7	6.7	7.3	7.1
	conductividad	dS/m	0.12	0.08	0.06	0.07
Fertilidad	Materia orgánica	ENL 61	0.9%	0.8% ENL 59	0.4% ENL 54	0.5% ENL 55
	Fosforo(P)	ppm	24	19	18	15
	Potasio(K)	ppm	67	50	41	41
	Calcio(Ca)	ppm	738	730	487	603
	Magnesio(Mg)	ppm	90	81	64	67
	Azufre(S-S04)	ppm	10	4	4	7
	Boro(B)	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1
	Cobre(Cu)	ppm	3.0	2.6	1.7	1.9
	Hierro(Fe)	ppm	158	120	99	105
	Manganeso(Mn)	ppm	40	42	27	33
	Zinc(Zn)	ppm	1.3	1.0	0.8	0.9
Sodio(Na)	ppm	28	13	11	14	

De acuerdo a las evaluaciones realizadas de la composición nutricional del suelo con cultivo de palma de aceite en el rancho San Carlos se realizó una caracterización en donde se clasificó en análisis físicos, reacciones y fertilidad del suelo:

Respecto a la característica física (textura y capacidad de intercambio Catiónico) en la evaluación compuesta hubo una presencia de textura de suelo franco arcilloso, mientras que en la evaluación 2 se encontró en el área T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, una textura de suelo franco arenoso. De acuerdo a lo antes mencionado, Casanova-Pinto, (2004), describe que los suelos franco arenoso tiene una mayor cantidad de partículas de arena, lo cual significa que este tiene partículas más grande que aquellos que son menos arenosos por lo que es oportuno mencionar que tasa de drenaje de los suelos arenosos puede hacer que algunas plantas se marchiten aunque también son menos propenso a inundarse, lo cual causa que las raíces se pudran, los suelos con mucho drenaje como los franco arenosos tienden a tener una buena aireación lo cual ayuda a los organismo presente en el suelo a sobre vivir, es un suelo que absorbe muy fácilmente los nutrientes pero no tienen una retención de nutrientes y una retención de agua. Por lo que es oportuno recomendar agregar abonos para mejorar los niveles presente en el suelo y también aplicar sistemas de riego por aspersión.

Así mismo se encontró alto valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) en donde predomino la evaluación compuesta con (4.9 meq/100g), seguido de la evaluación 2 en donde se encontró en el tratamiento t<sub>2</sub> un valor de (4.7 meq/100g), después el T<sub>4</sub> con (3.7 meq/100g) y finalmente el T<sub>3</sub> (3.1). De acuerdo a lo anterior, López-Báez, (2019) registro un valor de CIC en cultivos de maíz de 11.4 ( $\pm 16.8$ ) meq/100g por que se encuentra por arriba del resultado obtenido por esta investigación. De acuerdo a la NOM-021-RECNAT, (2002) es relevancia mencionar que el resultado obtenido en esta investigación está catalogado en un nivel muy bajo de capacidad de intercambio catiónico. Es por ello que conocer la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo es fundamental, pues este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes. Además la CIC afecta directamente la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

Con respecto a la característica de reacciones (pH del suelo, conductividad) se encontró un alto valor de pH en la evaluación 2 donde predomino el tratamiento T<sub>3</sub> con un pH de (7.3) seguido

del T<sub>4</sub> con (7.1 pH), el t<sub>2</sub> con (6.7) y finalmente la evaluación compuesta con (6.7). De acuerdo a los resultados antes mencionados, Velázquez-Gonzalez,(2013) registro valores en sus evaluaciones de cultivo de palma de aceite (6.4, 6.3 y 6.0) de pH, esto significa que los resultados obtenidos en esta investigación se encuentra en un rango óptimo para el cultivo de palma de aceite, los límites permisibles de pH son entre 4.5-7.5, Lopéz-Sáenz, (2006). El pH es una de las mediciones más comunes e importante en los análisis químicos rutinarios de suelos, ya que controla reacciones químicas y biológicas en el suelo. La determinación de pH es afectada por varios factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales en la solución, la relación suelo: solución, a precisión parcial de carbono y el efecto de la suspensión asociado con el potencial de unión NOM-021-RECNAT, (2002).

Así mismo, se encontró un alto valor de conductividad en la evaluación compuesta con (.12 dS/m), seguido de la evolución 2 en donde predomino el T<sub>2</sub> con (.08 dS/m), después el T<sub>4</sub> con (.07 dS/m) y finalmente el T<sub>3</sub> (.06 dS/m). De acuerdo a lo anterior Gonzales-Pedraza, (2011) registro un valor de conductividad de 0,17 dS/m, la NOM-021-RECNAT, (2002), establece que los valores de conductividad <1 son considerados como efectos despreciables de la salinidad. La conductividad eléctrica es una medida de capacidad de un material para transportar la corriente eléctrica, si se encuentra por encima del valor óptimo para el cultivo, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes. Lo que conlleva un gasto adicional de energía que influirá negativamente en el rendimiento productivo.

Finalmente con respecto a las características de fertilidad se encontró un alto valor de calcio en la evaluación compuesta (730 ppm), seguido de la evaluación T<sub>2</sub> (730 ppm), después T<sub>4</sub> (603 ppm) y finalmente T<sub>3</sub> (487 ppm). De acuerdo a lo antes mencionado, Arias-Arias, (2004) registro un valor de 121.2 ppm de calcio, comparado con los resultados obtenidos este valor se encuentra por debajo del resultado registrado en esta investigación. Luiz-Partelli, (2019) describe que los rangos óptimos de calcio presente en el suelo deben estar entre 586.5-2,737 ppm. El calcio es un nutrimento importante en la formación y mantenimiento de las membranas celulares y de las estructuras lipicadas. Pequeñas cantidades del elemento son necesarias para la mitosis, habiéndose observado diferentes anomalías cromosómicas y del aparato miótico en células

deficientes en calcio. También es activador enzimático en las amilasas, fosfolipasas, arginaquinasa, adenosintrifosfatasa, adelinatoquinasa, (Lora-Silva, 2001).

Así mismo se encontró valores altos de magnesio donde cabe resaltar la evaluación compuesta con un resultado (90 ppm), posteriormente la evaluación T<sub>2</sub> (81 ppm), seguido T<sub>4</sub> (67 ppm) y finalmente T<sub>3</sub> (64 ppm). En relación con Arias-Arias, (2004) registro un valor de 50.8 ppm de magnesio, comparando con la presente investigación se encuentra por debajo del resultado registrado en este análisis. Castellanos, (1987), establece los límites permisibles de magnesio son de 60-180 ppm. La función más prominente del magnesio en la planta es su papel como el átomo central de la molécula de clorofila. Sin embargo, la cantidad ligada a la clorofila (15% del total) es relativamente pequeña y depende en gran parte del suministro. Además de ser una parte integral de la clorofila, el magnesio participa en la reacción de carboxylasa de la fotosíntesis, como una coenzima en la fijación de CO<sub>2</sub>. Como un catión bivalente cargado, el magnesio está involucrado en el balance catión-anión, es responsable de la regulación de pH y del ajuste de turgencia de las células de la planta. Entre 5 y 10% del magnesio está ligado al pectato y allí sirve como elemento estructural de la pared celular. El resto del magnesio, no fijado en estructuras como la clorofila y paredes celulares, presenta alta movilidad dentro de la planta y fácilmente se trasloca entre tejidos y hojas viejas y jóvenes, como por ejemplo granos, frutos, etc. Esta es una de las razones por las que los síntomas visuales de deficiencia de magnesio siempre ocurren primero en las hojas más viejas, (Ross, 2004).

En el análisis de hierro es oportuno mencionar que la evaluación compuesta obtuvo mejores rendimientos registrando un valor de 158 ppm, seguido del T<sub>2</sub> (120 ppm), después T<sub>4</sub> (105 ppm) y finalmente T<sub>3</sub> (99 ppm). Velázquez-Gonzalez,(2013) registro un valor de Hierro ( Fe) de 92 ppm, por lo cual se encuentra por debajo del resultado obtenido en esta investigación. Así mismo Velázquez-Gonzalez,(2013) describe que el rango óptimo de Fe es de 50-80 ppm, los datos obtenidos en esta investigación se encuentran por arriba de los límites permisibles. El hierro(Fe) es esencial en la formación de la clorofila, en la fotosíntesis y en las enzimas de la respiración; sirve para la transferencia de energía y actúa en la formación de algunas proteínas, la deficiencia de Fe en la planta produce pérdida del color verde de las hojas. Muchas veces la

disponibilidad natural del hierro(Fe) es insuficiente por lo que es necesario complementarlo con aplicaciones vía foliar o vía radical, (Valdés-Fabres, 2017).

## CONCLUSIONES

- a) Los datos de la determinación de porcentaje de humedad se encontró valores óptimos para el cultivo es por ellos que la implementación de una técnica de acolchado de residuos de hoja de palma africana le proporciona la cultivo una mejor captación, retención, manejo y administración de agua. Así mismo la tendencia en bajos porcentajes debe atenderse con métodos de humedad volumétrica con la finalidad de que los frutos de palma de aceite obtengan los mejores rendimientos que se esperan en las empresas aceiteras.
- b) En conclusión de la variabilidad de temperatura del suelo con cultivo de palma de aceite no se encontró diferencia alguna en los tres tratamientos de acolchado de hojas, es relevancia mencionar que un buen acolchado de hoja o no exista acolchado es de vital importancia en la medición de temperatura de suelos ya que esta influye significativamente en el crecimiento de las plantas, si se tiene una temperatura optima la reacciones químicas del suelo sucede más rápidas, se acelera la germinación y existe un crecimiento favorable en las plantas.
- c) Los resultados obtenidos en cuanto a la cuantificación de raíces es de vital importancia mencionar que la implementación de un buen acolchado de residuo de hoja penqueado y despedazado, la planta tiende a desarrolla un sistema radical más abundante.
- d) En la determinación de fertilidad cabe mencionar que la evaluación compuesto destaco en cuanto a mejores valores optimo en presencia de Magnesio (Mg) y Calcio (Ca), seguido de la evaluación 2 donde es de gran relevancia exponer que el tratamiento T<sub>2</sub> y T<sub>4</sub> presentaron mejores resultados de fertilidad, en cuanto a los demás elementos ( Fosforo(P), Potasio (K), Azufre, Boro (B), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc ( Zn) y Sodio (Na),es oportuno mencionar que existen deficiencia de nutrientes en el cultivo de palma africana en el rancho San Carlos.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar análisis de composta orgánica, además de conocer los microorganismos benéficos que se encuentran dentro de dicha composta.
- Implantar propuestas de mejora en sistema de riego o de lo contrario rediseñar los sistemas de riego para mejorar las condiciones de humedad en las plantaciones y de esta manera mejorar la producción.
- Se recomienda realizar una caracterización de raíces para evaluar las propiedades físicas radicales de la palma africana.
- Considerar la implementación de más cuencas hidrológicas dentro del cultivo para obtener mejores rendimientos en cuanto a la retención de agua y nutrientes.

## GLOSARIO

**Taxonomía:** es una ciencia que agrupa ordenadamente a los organismos vivos de acuerdo a lo que se presume son sus relaciones naturales, partiendo de sus propiedades más generales a las más específicas.

**Edafología:** Es una rama científica que se desprende de Geología. Concretamente se encarga de evaluar, estudiar y comparar los suelos y determinar si su composición afecta a la naturaleza y a los organismos que se desarrollan sobre y dentro de este.

**Cuencas hidrológicas:** Es una cavidad natural en la que se acumula agua de lluvia.

**Homogeneización:** Es la separación de compuesto entre si eliminando el material contenido en ello.

***Pestalotiopsis:*** Es una enfermedad fungosa considerada generalmente una enfermedad menor.

***Cephaloleia:*** Es un género de escarabajos de la familia Chrysomelidae

**Meristemático:** Es un tejido embrionario formado por células indiferenciadas, capaces de originar, mediante divisiones continuas, otros tejidos y órganos especializados.

**Mesocarpio:** Es la capa intermedia del pericarpio, esto es, la parte del fruto situada entre endocarpio y epicarpio.

**Lixiviación:** Dividir las partes solubles y las partes insolubles de una sustancia apelando al uso de un disolvente.

**Micronutrientes:** Son sustancias nutritivas que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para protegerse de algunas enfermedades y que se encuentran en los alimentos.

***Euphorbiaceae:*** Son plantas monoicas y se caracteriza por inflorescencias en las que la unidad básica es el ciatio.

***Cyperaceae***: Son una familia de plantas monocotiledóneas parecidas a los pastos, muchas de ellas polinizadas por viento.

***Fabaceae***: son una familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas.

**Pericarpio**: Es en botánica, la parte del fruto que recubre su semilla y consiste en el ovario fecundado.

**Fructificación**: Son las partes generativas de la planta. A veces se aplica más ampliamente a las partes generativas de gimnospermas, helechos, colas de caballo y lycophytes, aunque no producen frutos ni flores.

## REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Aldana-de La Torre, R. C. (2009). *Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia*. Bogotá D. C., Colombia: Cuarta edición.
- Almanza-Merchán, P. J. (2012). Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite. *Ciencia y Agricultura*, 87-96.
- Angeles-Hernández, J. M. (2013). El riego suplementario en el cultivo de palma de aceite en el trópico húmedo. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, 1-7.
- Arias-Arias, N. A. (2006). Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceites. *tercera edición*, 1-69.
- Arias-Arias, N. e. (2004). Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia. *Cenipalma*, 137-147.
- Bernd-Ditschar. (2006). Las buenas practicas de manejo en palma de aceite-cerrando brechas para obtener mayor productividad. *GREPALMA*, 1-20.
- Casanova-Pinto, M. e. (2004). Edafología. *Universidad de Chile*, 1-74.
- Castellanos, J. Z. (1987). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. *Agrolab*, 1-15.
- Córdova-Sanchez, A. e. (2017). fertilización química para el cultivo de palma de aceite(*elaeis guineensis*) en chiapas, mexico. *fertilización química para el cultivo de palma de aceite*, 1-8.
- Durán-Nolberto. (2000). Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en costa rica. *facultad de agronomia*, 1-12.
- Fernández-Collado, C. e. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGRAW-HILL.
- Figueroa-Oscar, L. (2012). Analisis de suelos y fertilización en cultivo de palma aceitera. *Agrobanco*, 4-25.
- Franco-Bautista, P. N. (2016). Guia general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. *tercera edición*, 7-68.
- Franco-Pedro, N. (2002). *Selección y descarte de plantas anormales de palma de aceite*. Bogotá colombia: Ápice.
- García- Mata, B. (2014). *Palma de aceite en México*. México: 1-114.
- Gonzales-Pedraza, A. J. (2011). Efecto del cultivo de palma aceitera y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos. *Rev. Fac. Agron*, 478-491.

- Googlemaps. (18 de septiembre de 2022). Recuperado el 05 de Marzo de 2022, de Googlemaps:  
<https://www.googlemaps.com>
- Hall-A., E. (2001). Crop responses to environment. *CRC press LLC*, 232.
- Hartley-C. (1983). La palma de aceite. *Editorial continental*, 21-45.
- Juordan., N. M.-F. (2000). Root system architecture and gravitropism in the oil palm. *Annals of botany*, 861-868.
- Kiang, K. K. (2007). Manejo integrado de la nutrición en la palma de aceite. *Manejo de suelos y nutrición* , 1-18.
- López-Báez, W. e. (2019). Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz. *Ciencias agrícolas*, 897-910.
- López-Sáenz, M. E. (2006). Cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*). *Nicaragua*, 27.
- Lora-Silva, R. e. (2001). Efectos de la aplicación de calcio sobre la calidad y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *UDCA*, 36-43.
- Luiz-Partelli, F. e. (2019). Diagnostico integrado y rangos de nutrientes en el suelo para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la region de Cerrado. *inca*, 1-14.
- Mario, F. T. (2009). *Estadística*. México: PEARSON Educación.
- Martínez-González, F., Sosa-Pérez, F., & Ortiz-Medel, J. (2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. *SciELO*.
- Mazariegos-Sánchez, A. e. (2014). La industria de la palma de aceite en Acapetahua, Chiapas: el caso de propalma. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 1052-1064.
- Mejía, L. E. (2006). Cultivo de la palma africana. *Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura*, 1-27.
- Mejía-Mejía, A. E. (2010). Distribucion Espacial de los suelos de un area productiva de palma de aceite (*Elaeis guineensis* L.) en San Lorenzo, Ecuador. *Alepalma*, 1-13.
- Morales-Ipuz, L. C. (2016). Guía de bolsillo para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades e insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite. *Cenipalma*, 5-38.
- Munévar-Martínez, F. e. (2000). Fertilización de la palma de aceite para obter altos rendimientos. *Control de calidad de los resultados analíticos*, 92-98.
- NOM-021-RECNAT. (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Diario oficial*, 1-73.

- Ñaupas-Paitán, H. e. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Octt Technologies. (2019). *Manual para uso y manejo de la humedad en cultivos agrícolas con sensores de humedad*. Octt Technologies.
- Padilla-Cortés, M. T. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Trillas.
- Palacio-Gutiérrez, G. N. (2017). Efecto del cultivo de palma de aceite sobre las propiedades físicas del suelo y su relación con la producción y la pudrición del cogollo. *Lámpsakos*, 20-28.
- Pereira-Morales, C. A. (2011). *Edafología 1*. Colombia: Universidad del campo.
- Potes-Sánchez, A. (2000). Enfermedades de la palma de aceite en América Latina. *Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería*, 1-32.
- Rangel-Torres, Y. e. (2018). Descripción y evaluación de casos por problemas de marchitez en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jack) en San Pablo sur de Bolívar. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 1-70.
- Reyes-Cuesta, R. (2000). Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia. *El mira*, 49-57.
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en la palma de aceite. *Fedepalma*, 98-104.
- Santacruz-de León, H. e. (2018). Las políticas públicas para el cultivo de palma de aceite. El caso de la región Soconusco, Chiapas, México. *Revista de Geografía Agrícola*, 60-81.
- Stokes, A. (2000). The supporting roots of trees and other woody plants: form, function and physiology. *Kluwer Academic Publishers, the Netherlands*, 1-25.
- Tamayo-Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México D.F: Limusa .
- Valdés-Fabres, A. J. (2017). Características nutricionales y edáficas de principales frutales en Chile. *The Worldwide Business Formula*, 1-206.
- Velázquez-González, I. U. (2013). Impacto de cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en la localidad de la alianza mapastepec, Chiapas. *revista forestal baracoa*, 85-91.

## ANEXOS



**Figura 22.** Toma de temperatura de suelo del Rancho San Carlos.



**Figura 21.** Homogenización de muestra de suelo.



**Figura 24.** Cuantificación de raíces.



**Figura 23.** Acolchado de residuos de hojas.