



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración Curricular previa
la obtención del Grado Académico de
Ingeniero Agropecuario

Proyecto de Investigación:

“FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA
DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE RAÍCES DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis
guineensis* Jacq) EN LA ÉPOCA LLUVIOSA”

Autor:

Cristhian Javier Rivas Matias

Director de Proyecto de Investigación:

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Cristhian Javier Rivas Matias declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Cristhian Rivas

Cristhian Javier Rivas Matias

C.C. 094137188-2



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, **CERTIFICA** que el estudiante Cristhian Javier Rivas Matias, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE RAÍCES DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN LA ÉPOCA LLUVIOSA”** previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.

El suscrito **Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE RAÍCES DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN LA ÉPOCA LLUVIOSA”**, perteneciente al estudiante de la Carrera Agropecuaria **Sr. Crithian Javier Rivas Matias**, CERTIFICA: el cumplimiento de parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 7%.

URKUND	
Documento	Cristhian Javier Rivas Matias.pdf (D170084919)
Presentado	2023-06-08 10:44 (-05:00)
Presentado por	Gregorio Vásconez (gvasconez@uteq.edu.ec)
Recibido	gvasconez.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Cristhian Javier Rivas Matias Mostrar el mensaje completo
7% de estas 16 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.	

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA DINÁMICA
DEL CRECIMIENTO DE RAÍCES DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq)
EN LA ÉPOCA LLUVIOSA”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Camilo Mestanza Uquillas.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Francisco Espinosa Carrillo. PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Milena Acosta Farias.

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecerle a Dios quien me ha guiado durante este transcurso, y reconocer de mis padres quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional y me han permitido alcanzar todas mis metas académicas. Ellos son quienes con cariño siempre me han animado a perseguir mis metas y nunca rendirme ante ninguna adversidad. Ellos también mi pilar fundamental en lo material y económico para que pueda dedicarme en mis estudios y nunca rendirme.

Estoy muy agradecido con mi tutor el Dr. Gregorio Vásquez por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas, no podría haber llegado a esto tan esperado. Gracias por tu orientación y todos los consejos que siempre llevaré en mi corazón a lo largo de mi carrera. Durante el trayecto académico hubo muchos maestros involucrados en mi viaje de la universidad la cual quiero agradecerles infinitamente a todos ellos por brindarme el conocimiento que necesitaba para llegar a donde estoy hoy. Sin ti, los conceptos serían solo palabras, y ya sabemos quién se llevó las palabras, el viento.

Gracias a todos mis compañeros, muchos de los cuales se han convertido en mis amigos, colaboradores y hermanos. Gracias por el tiempo que comparten, el trabajo que hacen juntos y las historias para darle vida

DEDICATORIA

Dedico los frutos de este trabajo investigativo a Dios por ser el que me ha inspirado a darme fuerza para continuar y así obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres que me han patrocinado en los malos y buenos momentos, gracias por enseñarme cómo afrontar con las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. Me han enseñado a ser una persona con principios, valores, constancia y dedicación. Todo esto es un conjunto de hechos realizados con amor, sin pedir nada a cambio.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa académica.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todas mis compañeras que durante la etapa universitaria estuvieron brindando siempre apoyo y extender sus manos en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevare en mi corazón.

Cristhían.

RESUMEN

La palma aceitera (*Elais guineensis* Jacq.) es un cultivo que se ha ganado un lugar de privilegio en el mercado agrícola del país, generando empleos directos e indirectos entre la industria y la parte agrícola volviéndose una alternativa rentable para los agricultores. La presente investigación se desarrolló en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, donde se evaluó tres metodologías de fertilización que consistieron en el fraccionamiento de una dosis única de fertilizante (sin fraccionamiento, 2 aplicaciones cada 30 días y 3 aplicaciones cada 20 días) más un testigo sin fertilizar con el fin de medir el efecto a nivel del sistema de raíces. Se empleó un diseño de bloques completos al azar distribuido en cinco bloques de 4 parcelas con dos plantas cada una como unidades experimentales. Se evaluó las variables dasométricas del sistema de raíces (área superficial, volumen radicular y diámetro ponderado) gracias al software agrícola Safira EMBRAPA, el cual consistió en el análisis de fotografías de las muestras de raíces extraídas a diferentes distancias a partir de la base del estípite. Se evaluó además el peso seco de las muestras de raíces sometidas a deshidratación solar. Los resultados alcanzados demostraron que el tratamiento con 2 aplicaciones alcanzó los mayores parámetros dasométricos y pesos radiculares permitiendo establecer como la mejor alternativa de fertilización eficiente.

Palabras clave: dasométricas, raíces, palma de aceite, safira

ABSTRACT

Oil palm (*Elais guineensis* Jacq.) is a crop that has gained a privileged place in the agricultural market of the country, generating direct and indirect jobs between the industry and the agricultural part, becoming a profitable alternative for farmers. The present research was carried out in the area of Mocache, Los Ríos province, where three fertilization methodologies were evaluated, consisting of the fractionation of a single dose of fertilizer (without fractionation, 2 applications every 30 days and 3 applications every 20 days) plus a control without fertilization in order to measure the effect at the root system level. A randomized complete block design was used, distributed in five blocks of 4 plots with two plants each as experimental units. The dasometric variables of the root system (surface area, root volume and weighted diameter) were evaluated using Safira EMBRAPA agricultural software, which consisted of the analysis of photographs of root samples taken at different distances from the base of the stipe. The dry weight of root samples subjected to solar dehydration was also evaluated. The results showed that the treatment with 2 applications achieved the highest dasometric parameters and root weights, allowing it to be established as the best alternative for efficient fertilization.

Keywords: dasometric, roots, oil palm, sapphire,

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	¡Error! Marcador no definido.
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación de proyecto de investigación.....	iii
Certificado de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.	iv
Certificado de aprobación por miembros de tribunal	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Índice de contenido	x
Índice de tablas	xiii
Índice de anexos	xiv
Código dublin	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEX0TUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de Investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	4
1.1.1.1. Diagnóstico.....	4
1.1.1.2. Pronóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.	8
2.1.1. Fórmula del fertilizante	8

2.1.2. Fertilidad del suelo.....	8
2.1.3. Fertilizante	8
2.1.4. Suelo	8
2.2. Marco Referencial	8
2.2.1. Generalidades de la palma aceitera.....	8
2.2.1.1. Taxonomía.	9
2.2.2. Palma aceitera en Ecuador.....	10
2.2.3. Importancia económica y distribución geográfica	11
2.2.4. Distribución del sistema radicular en la palma aceitera	11
2.2.4.1.Efectos del déficit hídrico en la fisiología y rendimiento en la palma aceitera	12
2.2.5. La fertilización en el cultivo de palma aceitera	13
CAPÍTULO III	14
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
3.1. Localización	15
3.1.1. Condiciones agroclimáticas.....	15
3.2. Tipo de investigación.....	15
3.3. Métodos de investigación	16
3.3.1. Método inductivo.....	16
3.3.2. Método analítico.....	16
3.4. Fuentes de recopilación de información	16
3.5. Diseño de la investigación	16
3.5.1. Manejo del experimento.....	17
3.5.1.1. Condiciones de la plantación experimental	17
3.5.1.2. Aplicación de los tratamientos.....	18
3.6. Instrumentos de investigación.....	18
3.6.1. Volumen, Área superficial y Diámetro Medio Ponderado (DMP) de las raíces	18
3.6.2. Peso de la raíz.....	18
3.7. Tratamientos de datos	18
3.8. Recursos humanos y materiales	19
3.8.1. Materiales	19
CAPÍTULO IV	20
RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1. Volumen radicular.....	21

4.2.	Área superficial	22
4.3.	Diámetro medio ponderado.....	23
4.4.	Peso seco de las raíces	24
CAPÍTULO V.....		26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		26
5.1.	Conclusiones	27
5.2.	Recomendaciones	28
CAPÍTULO VI		29
BIBLIOGRAFÍA		29
6.1.	Referencias bibliográficas.....	30
CAPÍTULO VII.....		34
ANEXOS.....		34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de la palma aceitera (E. guineensis)</i>	9
Tabla 2 <i>Condiciones agroclimáticas del ensayo</i>	15
Tabla 3 <i>Tratamientos evaluados</i>	17
Tabla 4 <i>ANOVA del experimento</i>	17
Tabla 5 <i>Volumen radicular (cm^3/L) de plantas de palma aceitera, zona Mocache, 2023...</i>	21
Tabla 6 <i>Área superficial (cm^2/cm^3) de las raíces de plantas de palma aceitera</i>	22
Tabla 7 <i>Diámetro medio ponderado (DMP) (mm) de las raíces de plantas de palma</i>	23
Tabla 8 <i>Peso seco de las raíces (g/L) de plantas de palma aceitera</i>	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis experimental	35
Anexo 2. Evidencia fotográfica	36
Anexo 3. Análisis de varianza(ANOVA).....	38

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Fraccionamiento de la fertilización y su efecto en la dinámica del crecimiento de raíces de la palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i> jacq) en la época lluviosa.			
Autor:	Cristhian Javier Rivas Matias			
Palabras clave:	Dasometricas	Raices	Palma	Zafira
Fecha de publicación:	2023			
Editorial:				
Resumen:	La palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) es un cultivo que se ha ganado un lugar de privilegio en el mercado agrícola del país, generando empleos directos e indirectos entre la industria y la parte agrícola volviéndose una alternativa rentable para los agricultores. La presente investigación se desarrolló en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, donde se evaluó tres metodologías de fertilización que consistieron en el fraccionamiento de una dosis única de fertilizante (sin fraccionamiento, 2 aplicaciones cada 30 días y 3 aplicaciones cada 20 días) más un testigo sin fertilizar con el fin de medir el efecto a nivel del sistema de raíces (...)			
Abstract:	Oil palm (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) is a crop that has gained a privileged place in the agricultural market of the country, generating direct and indirect jobs between the industry and the agricultural part, becoming a profitable alternative for farmers. The present research was carried out in the area of Mocache, Los Ríos province, where three fertilization methodologies were evaluated, consisting of the fractionation of a single dose of fertilizer (without fractionation, 2 applications every 30 days and 3 applications every 20 days) plus a control without fertilization in order to measure the effect at the root system level (...)			
Descripción:	62 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

Introducción

La palma aceitera (*Elais guineensis* Jacq.) es un cultivo originario del continente africano, desde donde se introduce a América como una planta ornamental, posteriormente los pobladores indígenas adquieren la costumbre de cultivarla para aprovechar su fruto para la extracción de aceite, iniciando gradualmente su industrialización con el avance de la tecnología. En Ecuador este cultivo ha ganado gran aceptación debido al impacto social que genera, creando fuentes de empleo directos e indirectos distribuidos entre la industria y la parte agrícola (1).

Ecuador ocupa el segundo lugar en Latinoamérica, después de Colombia, en la producción de aceite crudo de palma y es el séptimo productor a nivel mundial, aún con rendimientos más bajos comparados con Colombia y Costa Rica, sin embargo, la mayor disposición de la superficie cultivada se encuentra en los productores pequeños de menos de 50 hectáreas (has) que tienen el liderazgo en la industria de la palma con el 87% de participación; esto a pesar de las críticas que las fincas de palma africana han recibido por estar involucradas en la deforestación y por promover la precarización del trabajo, a pesar de esto, sectores del gobierno ven las compañías de palma de aceite como una fuente de empleo y desarrollo para la región (2).

Para el año 2021, la superficie cosechada de palma africana en Ecuador fue de 152.529 has, abarcando una producción de 2'418.855 t, siendo la provincia de Los Ríos la zona que presentó la mayor participación con el 34% del área total nacional, seguido de Esmeraldas con el 28% y Santo Domingo con el 15%. Las empresas relacionadas al sector palmicultor están distribuidas en 76 empresas que se dedicaron a las actividades relacionadas al cultivo, generando 3.256 empleos directos, siendo la mayor concentración de empresas en Santo Domingo (23%), Guayas (21%), Pichincha (20%) y Esmeraldas (20%); mientras que para las actividades relacionadas a la manufactura existieron 27 empresas situadas principalmente en Esmeraldas (26%), Guayas (18%), y Manabí (15%) demostrando el enorme impacto económico de este rubro agrícola (3).

La palma de aceite posee un sistema radical fasciculado compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, esto gracias a los estudios con radioisótopos e

indicadores de óxido reducción han demostrado que sólo las raíces cuaternarias y los extremos terminales de las secundarias y terciarias son absorbentes, aunque las extremidades de las primarias lo pueden hacer antes de lignificarse (4).

Conocer la distribución y dinámica de crecimiento del sistema radicular de la palma aceitera según su edad, es de gran importancia para la correcta ejecución de prácticas agronómicas tales como: aplicación localizada de fertilizantes y sistemas de dosificación, monitoreo de daños radiculares con el fin de cuantificar y controlar parásitos rizófagos consiguiendo una mayor eficacia en los tratamientos con fungicidas e insecticidas de absorción radicular, evaluando el movimiento de agua, la infiltración, percolación y escurrimiento desde el punto de vista práctico, tomando en cuenta el tipo de suelo donde se encuentre la plantación (5).

La adecuada fertilización de la palma de aceite resulta necesaria no sólo desde el punto de vista de su efecto directo sobre los rendimientos de fruto y de aceite, sino que la nutrición eficiente y balanceada juega un papel importante en la prevención de enfermedades y ataques de plagas que afectan el cultivo y que finalmente inciden también en los rendimientos (6).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

La problemática se centra en el desconocimiento que existe en los productores de palma aceitera sobre la dinámica del sistema radical y su relación directa con la fertilización edáfica, ya que esto influye mucho en los rendimientos esperados, especialmente en las plantaciones jóvenes. Las marcadas estaciones de invierno y verano en la zona, trazan una ruta específica para los productores en cuanto al momento específico de fertilizar sus plantaciones, al inicio y al final de la temporada lluviosa con el fin de aprovechar la humedad del suelo especialmente aquellas plantaciones donde no existe riego, no obstante, no siempre se puede esperar un aprovechamiento total de los fertilizantes aplicados, por esta razón es importante conocer la dinámica y distribución del sistema de raíces en la palma que permitan fertilizar de manera correcta y tener un mejor aprovechamiento nutricional en la planta.

1.1.1.1. Diagnóstico.

En el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) se tiene poco conocimiento de fertilizaciones y a la vez el desarrollo del sistema radicular al momento de realizar estas labores de campo los compuestos nutricionales de una planta deben ser adecuada y así tener un aumento en la productividad y excelencia en los frutos.

1.1.1.2. Pronóstico.

En la dinámica del crecimiento de las raíces en la palma aceitera con aplicaciones fraccionadas durante días establecidos de fertilización, se espera obtener variables óptimas en el rendimiento de la planta y así tener calidad de frutos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la dinámica del crecimiento de raíces de la palma aceitera con aplicaciones de fertilizantes fraccionadamente en época lluviosa?

1.1.3. *Sistematización del problema*

¿Cuál será el efecto de las dosis de fertilización sobre el volumen de las raíces en palma aceitera utilizando un software analítico durante la época lluviosa?

¿Cuál será el efecto de las dosis fraccionadas sobre el área y diámetro en la raíz en palma aceitera durante la época lluviosa?

¿Qué observaciones se tendrán en relación a peso de las raíces mediante las aplicaciones fraccionadas de fertilizante de la palma aceitera en la época lluviosa?

1.2. *Objetivos*

1.2.1. *Objetivo general*

Determinar fraccionamiento de la fertilización y su efecto en la dinámica del crecimiento de raíces de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en la época lluviosa.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar el efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el volumen de las raíces en palma aceitera durante la época lluviosa.
- Evaluar el efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el área superficial y el diámetro de las raíces en palma aceitera durante la época lluviosa.
- Conocer el peso de las raíces mediante las aplicaciones fraccionadas de fertilizante de la palma aceitera en la época lluviosa.

1.3. Justificación

El enfoque de manejo integrado de suelos (MIS) puede aminorar estos efectos negativos al destacar las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo para mejorar la fertilidad, disponibilidad de lluvias, y optimizar los ciclos de nutrientes, producción de los cultivos y las técnicas de conservación de recursos, sobre todo, cuando se estiman necesidades de fertilizantes, al requerimiento directo del cultivo es necesario sumar los nutrientes que se pierden por lavado y, en algunos casos, por volatilización o cualquier otro factor que disminuya la eficiencia del fertilizante (7).

Los nutrientes que absorbe la palma de aceite pueden reciclarse, tal como ocurre con aquellos contenidos en las hojas podadas y las inflorescencias masculinas, las cuales generalmente no se remueven del campo. De todas formas, la mayor parte de los nutrientes contenidos en los racimos cosechados se remueven del sistema y requieren ser restituidos. Con base en lo anterior, el conocimiento de las cantidades de nutrientes presentes en los racimos cosechados y aquellas utilizadas para el crecimiento vegetativo se ha considerado como una información muy útil para el manejo nutricional del cultivo (6).

Las raíces primarias casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las primarias, y tienen la particularidad de crecer hacia arriba, con su carga de raíces terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes. Este conocimiento es importante para la aplicación de fertilizantes (8).

Cuando hablamos de fertilizante, el equilibrio es fundamental: si aplicamos la cantidad adecuada en el momento oportuno, los cultivos crecerán y ayudarán a alimentar a la creciente población mundial; demasiado fertilizante, sin embargo, puede resultar perjudicial para las plantas, contaminar el suelo y el agua y perpetuar el calentamiento global. ¿Cómo se logra este equilibrio? Por ejemplo, con la ayuda de técnicas isotópicas a fin de optimizar la utilización de fertilizante y combatir sus efectos como agro contaminante y fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (9).

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. *Fórmula del fertilizante*

Se define como fórmula o concentración a la cantidad de nutrientes presente en el fertilizante que se aplica al cultivo y cuya expresión viene dado como porcentaje (%) (10).

2.1.2. *Fertilidad del suelo*

La fertilidad como parte de la calidad del suelo es una evaluación de la capacidad típica de un material del suelo para apoyar el crecimiento de las plantas (11).

2.1.3. *Fertilizante*

Fertilizante es cualquier sustancia natural o sintético, tanto orgánico como inorgánico, que es suministrado al suelo con el propósito de suplir la deficiencia de determinados elementos esenciales que las plantas y cultivos requieren para su crecimiento y desarrollo (12).

2.1.4. *Suelo*

El suelo constituye un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en forma de escurrimiento y erosión (13).

2.2. Marco referencial

2.2.1. *Generalidades de la palma aceitera*

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), es una especie nativa del oeste de África, es una oleaginosa de ciclo perenne, considerado como el cultivo de mayor rendimiento en la actualidad con el 10% de la producción, y al ser originaria de la parte occidente y centro del continente africano, se desarrolla en más de 40 países incluso en Indonesia, Malasia, Nigeria, y entre los principales productores en el continente americano se encuentran Colombia, Ecuador, Costa Rica y Honduras (14).

El origen de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) se ubica en las costas del Golfo de Guinea en el África occidental, de allí su nombre, introduciéndola a la América Tropical por los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, en los viajes transatlánticos del siglo XVI, estableciéndose en San Salvador Brasil. Esta especie tarda cuatro años en alcanzar la madurez fisiológica, después produce racimos de frutos rojos, los cuales pueden procesarse para obtener aceite que se utiliza en la industria en el proceso de producción de productos como jabón, maquillaje, margarina, dulces, algunos alimentos procesados y biodiesel. La demanda mundial de aceite de palma al año está en 165 millones de toneladas y se estima que para el año 2050 esta cantidad se duplique (15).

Para los países tropicales, la palma de aceite representa una alternativa de excelentes perspectivas para el futuro, puesto que, este cultivo produce 10 veces más del rendimiento de aceite proporcionado por la mayoría de los otros cultivos oleaginosos (16). Este cultivo es uno de los sectores agrícolas que más debate ha generado a nivel mundial debido a sus consecuencias ambientales, efectos que han sido bien documentados en el Sudeste Asiático e incluyen devastadoras cifras de pérdida y transformación de ecosistemas, liberación de carbono a la atmósfera y aumento del riesgo de extinción de especies endémicas y amenazadas como los orangutanes (17).

2.2.1.1. Taxonomía.

El origen etimológico de la especie deriva del vocablo griego “elaion” que significa aceite y “Guineensis” que significa guinea, haciendo referencia al lugar de origen en la costa de Guinea, la denominación común es palmera de aceite o palma africana (18).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la palma aceitera (E. guineensis)

Clase	Liliopsida
Orden	Arecale
Familia	Arecaceae
Género	<i>Elaeis</i>
Especie	<i>E. guineensis</i>

Fuente: (18)

2.2.2. *Palma aceitera en Ecuador*

Ecuador ocupa el segundo lugar en Latinoamérica en la producción de aceite crudo de palma y es el séptimo productor a nivel mundial, aún con rendimientos más bajos comparados con Colombia y Costa Rica. A pesar de que los productores de más de 1 000 hectáreas tienen el liderazgo en la industria de la palma, el 87% produce menos de 50 ha. El aceite de palma (*Elaeis guineensis* Jacq) es uno de los commodities más importantes del mundo (2).

Según el último censo palmero realizado en 2017 por la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera (ANCUPA) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se determinó que los productores de palma se encuentran distribuidos en 13 provincias a nivel nacional, ocupando 58 cantones y 144 parroquias; donde el 51.41% es representada por las fincas de hasta 10 hectáreas, mientras que el menor porcentaje está representado por el rango de superficies mayores a 1000 hectáreas, con el 0.22% en plantaciones (19).

En la actualidad, se ha constituido en uno de los principales rubros agroindustriales del Ecuador mostrando, desde su introducción al país, un crecimiento sostenido debido, entre otros factores, a ser muy redituable y a la alta demanda del mercado de productos y subproductos de la palma aceitera. Así, en el año 1993 la producción nacional fue de 152.5371, que cubrió las necesidades de aceite para el mercado local y, a partir de 1991, se exportó un excedente del 6% de la producción nacional (19).

En el año 2012, se produjeron 2'697.490 t, que representó un valor de USD 431 598.400, con una obtención de aceite crudo de 593.498 t que, con un precio promedio de USD 941 por tonelada generó, en valor bruto, USD 507'489.584, que significó un aporte del 4,53 % al producto interno bruto agropecuario (PIB) y el 0,79 % del PIB total, confirmando la importancia de este cultivo en la economía nacional, pudiéndose afirmar que nuestro país, de importador de aceite de palma y grasas comestibles, pasó a ser exportador de estos productos. Es importante tener en cuenta las diferencias del desarrollo palmero dentro del mismo país. La historia del cambio de uso del suelo para la plantación de palma de aceite varía según la región y se ha transformado a lo largo de la historia del cultivo (20).

2.2.3. *Importancia económica y distribución geográfica*

La palma africana ha sido utilizada desde la antigüedad para la obtención de aceite. Produce dos tipos de aceite, el del fruto y el de la semilla, respectivamente. El aceite alimentario se extrae del fruto y se comercializa como aceite comestible, margarina, cremas, etc., y el aceite industrial es utilizado para la fabricación de cosméticos, jabones, detergentes, velas, lubricantes, etc. El aceite de palma africana representa casi el 25 % de la producción de aceites vegetales en el mundo y es considerado como el segundo aceite más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soja (21).

2.2.4. *Distribución del sistema radicular en la palma aceitera*

El sistema radical de las plantas es comúnmente denominado como la mitad oculta de la agricultura en virtud de que no es fácilmente visible y su estudio tiende a presentar mayor dificultad con respecto al seguimiento de otras variables vegetativas de las plantas, y la palma de aceite no es la excepción (22).

Las raíces de la palma permiten el anclaje al suelo y el soporte estructural, la absorción de agua y nutrientes, minerales, compuestos orgánicos, xenobióticos y otras sustancias, la generación de presión de raíz capaz de reparar la cavitación, el almacenamiento de agua, minerales, carbohidratos y actividades biosintéticas como la producción de hormonas, vitaminas, enzimas, metabolitos secundarios y de numerosas señales radicales involucradas en la respuesta al estrés es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción (23) (24).

Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias; estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta, donde las raíces secundarias tienen

la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes (21).

2.2.4.1. Efectos del déficit hídrico en la fisiología y rendimiento en la palma aceitera

De acuerdo con Corley y Tinker (25) manifiestan que cuando la evapotranspiración del sistema suelo-planta excede la lluvia o el agua aplicada mediante riego, el contenido de agua en el suelo decrece, lo cual puede llevar a un punto en donde la planta no puede extraer agua del suelo lo suficientemente rápido para que pueda transpirar. Lo anterior conlleva a que se presente una deficiencia de agua en la planta.

Taiz & Zeiger (26) indican que otras respuestas al estrés hídrico se relaciona con el cierre de estomas, que son las estructuras de la hoja responsables de la transpiración e intercambio gaseoso. El cierre estomático impide la absorción de CO_2 , lo cual afecta la fotosíntesis y, con ello, la producción de asimilados necesarios para la formación y el llenado de los frutos. Finalmente, también se presenta respuestas nivel celular como el ajuste osmótico o molecular, situación que se traduce en la modificación de la expresión de genes y proteína.

Mejía (27) indica que los efectos de la sequía en la palma aceitera se presentan hasta dos años después de ocurrir la situación estresante. Esto, debido al largo periodo que existe entre la iniciación floral y la formación de un racimo; proceso que toma aproximadamente 40 meses. Entonces, una deficiencia de agua durante este periodo afecta la diferenciación de inflorescencias, estimulando la formación de inflorescencias masculinas y reduciendo la formación de inflorescencias femeninas.

Adicionalmente, esta situación puede favorecer el aborto floral tal como indican Corley & Tinker, (25). Desde este punto de vista, en el mundo hay áreas en cultivo de palma de aceite que carecen de las condiciones óptimas, del rendimiento en términos de producción de racimos de fruta fresca y de aceite (28) (29).

2.2.5. *La fertilización en el cultivo de palma aceitera*

La fertilización es fundamental en el cultivo de palma y antes de programarla, es necesario realizar un análisis de suelos y de las hojas. Con sus resultados, se podrá emitir un diagnóstico, el cual ayudará a establecer las necesidades nutricionales del cultivo. De esta manera se harán las determinaciones de la fertilización requerida por el cultivo. Para el cultivo de palma de < de 6 años y de > de 6 años de edad, los cuales servirán de guías para la interpretación del estado de la nutrición del cultivo (20). La fertilización y las dosis de fertilizantes en los cultivos, están basadas en términos generales en los requerimientos del cultivo, la fertilidad del suelo, en el análisis químico y en el análisis foliar. En cultivos jóvenes (hasta 3 años), se acepta universalmente la aplicación de N, P, K, Mg, B (21).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en una plantación de palma aceitera propiedad del Sr. Víctor Franco, ubicado en la vía al Cantón Mocache, provincia de los Ríos, en las coordenadas 1°09'05" sur y 79°30'52" oeste.

3.1.1. Condiciones agroclimáticas

El predio se encuentra en una zona climática tropical húmeda y el suelo presenta una topografía plana. Las condiciones agroclimáticas del ensayo se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Condiciones agroclimáticas del ensayo

Dato Metereológico	Valores promedios
Temperatura promedio	25.4 °C
Precipitación anual	2274.2 mm
Humedad relativa	88.0 %
pH del suelo	5.5
Tipo de suelo	Franco – Limoso

FUENTE: (30).

3.2. Tipo de investigación

La investigación pertenece al área de la agricultura con aplicaciones fraccionadas de fertilizantes en plantas de palma aceitera en época lluviosa para determinar la dinámica de crecimiento de las raíces y así verificar el volumen, área superficial y diámetro medio ponderado (DMP) y peso.

Se realizaron aplicaciones de fertilización en el cultivo de palma mediante una investigación experimental con evaluaciones de campo y evaluación de variables que estuvieron determinadas por el fraccionamiento de las dosis de fertilización programadas para la época lluviosa, para así determinar el desarrollo de raíces mediante el uso de un cilindro metálico con bordes afilados para la colección de muestras y un software para el análisis.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método inductivo

Este método permitió obtener el conocimiento general, con la finalidad de evaluar distintas fracciones de fertilizaciones en un cultivo de palma en la época lluviosa, para así determinar la dinámica del crecimiento en el sistema radículas de las plantas. Este enfoque integral proporciona una mejor comprensión de los mecanismos de las respuestas metabólicas de las plantas de palma aceitera ya que esto va a permitir observar si se obtienen óptimos resultados con los fraccionamientos de fertilizantes y así obtener rendimientos en la planta y calidad de frutos.

3.3.2. Método analítico

Este sistema permitió realizar análisis de variables como dinámica del crecimiento de las raíces, además, se evaluó longitud y diámetro en un software llamada Safira un programa utilizado para determinar fibras de raíces y el peso realizado en una balanza analítica, para posterior realizar los análisis estadísticos.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Hay dos tipos de fuentes; La primera fuente es la información recopilada durante la investigación. La segunda fuente es la información recopilada de directorios disponibles en Internet y otros medios, como tesis doctorales, documentales, libros, revistas y artículos científicos.

3.5. Diseño de la investigación

Se empleó para esta investigación un Diseño de bloques completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos distribuidos en cinco bloques, los cuales estuvieron determinados por el fraccionamiento de dosis de fertilización programada para la época lluviosa según se describe en la Tabla 3. Se formaron 20 parcelas experimentales constituida cada una de dos plantas dando un total de 40 plantas.

Tabla 3*Tratamientos a utilizar*

Tratamiento	Dosis	Aplicación
T1	Sin fertilización	-
T2	1666 g	Una sola sin fraccionar
T3	833 g	Dos aplicaciones / 30 días
T4	555 g	Tres aplicaciones / 20 días

FUENTE: Autor

Se empleó un análisis de varianza (ANOVA), que permitió comparar la varianza entre las medias obtenidas de las fuentes de variación de acuerdo al diseño seleccionado. El esquema del análisis de varianza se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4*ANOVA del experimento*

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	$(t - 1)$	3
Bloques	$(b - 1)$	4
Error experimental	$(t - 1)(b - 1)$	12
Total	$t \cdot b - 1$	19

FUENTE: (31)

3.5.1. Manejo del experimento

3.5.1.1. Condiciones de la plantación experimental

El cultivo empleado dispuso de diferentes plantas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en etapa fenológica adulta y en producción, presentando un promedio de 5 m de altura. Estas plantas fueron identificadas y no se le aplicó ningún producto o bioestimulante adicional que pudiera incidir en los resultados finales.

Se realizó un control de malezas de forma mecánica (motoguadaña) y manual para la realización de la respectiva corona, la que se realizó a un radio de 2 m.

3.5.1.2. *Aplicación de los tratamientos*

Se aplicaron las diferentes fertilizaciones de forma fraccionada de acuerdo a los diferentes tratamientos evaluados y al programa establecido.

Para la toma de muestras, se empleó un cilindro metálico que permitió extraer las muestras de raíces y posteriormente fueron llevadas al laboratorio y proceder a realizar las mediciones correspondientes a la longitud, diámetro y peso.

3.6. Instrumentos de investigación

Para el análisis de los resultados alcanzados se evaluaron los siguientes parámetros.

3.6.1. *Volumen, Área superficial y Diámetro Medio Ponderado (DMP) de las raíces*

Para el análisis de estas variables se empleó el software Zafira desarrollado por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), mediante el escáner de las muestras de raíces mediante fotografía realizada para la obtención de datos.

3.6.2. *Peso de la raíz*

Se determinaron los respectivos pesos de las muestras con las raíces obtenidas de plantas a evaluar la cual se conseguirá con un cilindro metálico con bordes afilados para la extracción de las muestras del suelo, se procede a lavarlas y ya sin partículas de suelo se inicia el secado respectivo al aire libre bajo radiación solar. Una vez realizado este proceso y determinando la pérdida de humedad, las muestras fueron pesadas en una balanza analítica en gramos (g).

3.7. Tratamientos de datos

Los datos se obtuvieron mediante medición directa y además gracias al empleo del software llamado Zafira desarrollado por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Se empleó un análisis de varianza (ADEVA), con un nivel de significancia de 0.05, para determinar las diferencias significativas.

Se empleó la prueba de comparaciones de Tukey ($p < 0.05$) para comparar las medias entre los tratamientos.

3.8. Recursos humanos y materiales

El recurso humano necesario para la realización de la presente investigación fue conformado por Cristian Javier Rivas Matías en calidad de autor del proyecto de investigación y el Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montufar, en calidad de director del proyecto de investigación.

3.8.1. Materiales

A continuación, se mencionan materiales, equipos e insumos que se utilizaron para la investigación:

- Cultivo de palma aceitera
- Fertilizante compuesto inorgánico (FertiPALMA PLUS 14 -3-28-5MgO-6S-0.3B-0.1Zn)
- Cilindro metálico con bordes afilados (20cm de largo y un diámetro de 2 pulg. (5.08 cm))
- Cinta métrica
- Machete
- Balanza analítica (g)
- Bolsas plásticas.
- Tamiz.
- Marcador permanente.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Volumen radicular

En la Tabla 5 se puede observar el volumen radicular obtenido expresado en (cm^3/L) de acuerdo a los tratamientos evaluados y a las distancias a partir del estípite obtenidas, donde se aprecia que los volúmenes de raíces no siguen una tendencia de acuerdo a la distancia de muestreo, sin embargo se evidencia que el tratamiento T1 (Sin fertilización) obtuvo los mayores volúmenes de raíces en los primeros 0.5 m, siendo a partir de 1.00 m de distancia donde se observa que el tratamiento T3 (2 aplicaciones fraccionadas) alcanzó mayor volumen radicular, siendo significativamente diferentes a los otros tratamientos T2 (Fertilización sin fraccionamiento) y T4 (3 aplicaciones fraccionadas). Los coeficientes de variación alcanzados están dentro de los rangos aceptables para esta investigación.

Tabla 5

Volumen radicular (cm^3/L) de plantas de palma aceitera de acuerdo a los tratamientos aplicados, zona Mocache, 2023.

Distancia del estípite	Tratamientos				Media	C.V. (%)
	T1	T2	T3	T4		
0.50 m	11.47 a	6.13 c	7.04 b	5.55 b	7.55	2.12
1.00 m	12.29 b	11.65 c	13.64 a	10.20 d	11.94	1.82
1.50 m	9.46 b	2.25 c	10.00 a	9.16 b	7.71	2.41
2.00 m	6.62 b	7.55 a	7.07 ab	4.17 c	6.35	5.69
2.50 m	9.21 c	9.72 b	12.73 a	7.36 d	9.76	1.88
3.00 m	5.86 a	5.36 b	5.38 b	3.79 c	5.10	4.31
3.50 m	5.44 b	3.98 c	6.22 a	4.20 c	4.96	3.05
4.00 m	11.25 a	2.14 d	10.01 b	8.93 c	8.08	2.73

Promedio con letras diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey a 5% ($p>0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

Estos resultados demuestran que la fertilización fraccionada incide directamente sobre el desarrollo del sistema radicular, exponiendo que es un cultivo que responde bien a la fertilización edáfica, estos datos concuerdan con los resultados presentados por Cristancho et al., (32) donde demuestra que el sistema de raíces de la palma aceitera es altamente sensible a los cambios físico y químicos del suelo, en respuesta a la fertilización, además de demostrar una correlación positiva entre la distancia de muestreo y el volumen de raíces.

Se observó además que existen bajos volúmenes de raíces a menor distancia que 1.00 m, debido principalmente al desbalance entre cationes en el suelo propio de las aplicaciones de fertilizantes, corroborando los resultados presentados por Chinchilla y Durán (33), determinando que cuando el K es bajo o hay un alto contenido de Ca o Mg, adicional a la fertilización nitrogenada en exceso causa disminución de los volúmenes radiculares.

4.2. Área superficial

En la Tabla 6 se puede observar los resultados obtenidos en la evaluación del área superficial del sistema de raíces, expresado en (cm^2/cm^3) de las plantas de palma aceitera, donde se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en los diferentes sitios de muestreo. Dentro del primer metro se observa que la mayor área radicular se observó en el tratamiento T4 (3 aplicaciones fraccionadas), sin embargo, a partir de aquí la mayor área superficial se observó en el tratamiento T3 (2 aplicaciones fraccionadas), siendo superior a los demás tratamientos. La fertilización fraccionada permitió alcanzar mayor área radicular dentro del primer metro de corona que es donde comúnmente se realizan las fertilizaciones en la zona. Se puede observar además que los coeficientes de variación están dentro de los parámetros idóneos.

Tabla 6

Área superficial (cm^2/cm^3) de las raíces de plantas de palma aceitera de acuerdo a los tratamientos aplicados, zona Mocache, 2023.

Distancia del estípite	Tratamientos				Media	C.V. (%)
	T1	T2	T3	T4		
0.50 m	0.41 a	0.26 d	0.28 c	0.38 b	0.33	0.66
1.00 m	0.25 d	0.31 c	0.45 b	0.57 a	0.39	0.9
1.50 m	0.25 c	0.07 d	0.29 a	0.26 b	0.22	1.7
2.00 m	0.22 d	0.24 c	0.38 a	0.32 b	0.29	1.98
2.50 m	0.25 d	0.26 c	0.38 a	0.33 b	0.31	1.39
3.00 m	0.20 d	0.22 c	0.28 a	0.24 b	0.23	2.08
3.50 m	0.19 c	0.17 d	0.38 a	0.32 b	0.26	1.63
4.00 m	0.31 b	0.07 d	0.20 c	0.34 a	0.23	2.31

Promedio con letras diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey a 5% ($p>0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

Se pudo evidenciar un mayor crecimiento radicular en respuesta a la fertilización aplicada, estos resultados concuerdan con lo expuesto por Munévar (6), donde evaluó los requerimientos y asimilación de nutrientes en palma aceitera, logrando mayor eficiencia al aplicar entre los 1.00 y 1.50 m a partir de la base del estípite, alcanzando mayor asimilación. Zakaria (34), refuerza los resultados alcanzados en la presente investigación al determinar en su investigación que para alcanzar buenos rendimientos en palma de aceite en una amplia gama de suelos es indispensable adoptar buenas prácticas de manejo del suelo técnicas apropiadas de fertilización, con el fin de establecer el área adecuada para la asimilación eficiente e incentivar a la conservación de la fertilidad propia del suelo.

4.3. Diámetro medio ponderado

En la Tabla 7 se puede observar el diámetro medio ponderado de las raíces de palma aceitera de acuerdo a los sitios de evaluación y los tratamientos estudiados, donde se observan diferencias significativas en la mayoría de las evaluaciones, demostrando que el tratamiento T3 (2 aplicaciones fraccionadas) fue superior a los demás tratamientos evaluados, se puede evidenciar además que los coeficientes de variación están dentro de los parámetros idóneos para la presente investigación.

Tabla 7

Diámetro medio ponderado (DMP) (mm) de las raíces de plantas de palma aceitera de acuerdo a los tratamientos aplicados, zona Mocache, 2023.

Distancia del estípite	Tratamientos				Media	C.V. (%)
	T1	T2	T3	T4		
0.50 m	0.63 a	0.57 b	0.61 a	0.53 c	0.59	2.53
1.00 m	0.69 a	0.62 b	0.70 a	0.47 c	0.62	3.91
1.50 m	0.72 b	0.76 a	0.79 a	0.69 b	0.74	2.97
2.00 m	0.71 a	0.55 c	0.66 b	0.72 a	0.66	3.44
2.50 m	0.85 b	0.65 c	0.97 a	0.64 c	0.78	3.41
3.00 m	0.65 a	0.66 a	0.64 a	0.67 a	0.66	2.37
3.50 m	0.73 a	0.63 b	0.76 a	0.64 b	0.69	2.73
4.00 m	0.68 a	0.51 c	0.56 b	0.46 d	0.55	4.55

Promedio con letras diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey a 5% ($p > 0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

Esta variable permite evaluar la distribución de los sistemas radiculares entre las partículas del suelo, dando a conocer como las raíces se relacionan con el sustrato y permitiendo definir la eficiencia en la disposición en la absorción de los nutrientes. Los resultados alcanzados en la presente investigación concuerdan con los resultados alcanzados por Meza y Geissert (35), en su investigación de los sistemas forestales y cultivados con relación al origen del suelo, donde los sistemas agrícolas se encuentran dentro del rango entre 0.50 y 1.00 mm, valores similares a los presentados en la tabla anterior.

Reyes *et al*, (36), en su investigación demostró que la palma de aceite desarrolla un sistema radical que acumula materia seca y se extiende horizontalmente al avanzar la edad de la plantación, concentrando la mayor cantidad y peso de 0.00 a 1.50 m para palmas adultas en edad productiva, resultados que concuerdan con los datos presentados en esta investigación.

4.4. Peso seco de las raíces

Se presenta en la tabla 8 los resultados alcanzados en peso radicular sometido a secado al sol hasta su deshidratación. Se puede evidenciar que los coeficientes de variación están dentro de los parámetros idóneos para la presente investigación.

Tabla 8

Peso seco de las raíces (g/L) de plantas de palma aceitera de acuerdo a los tratamientos aplicados, zona Mocache, 2023.

Distancia del estípite	Tratamientos				Media	C.V. (%)
	T1	T2	T3	T4		
0.50 m	4.73 a	4.54 a	6.43 a	6.81 a	5.63	11.32
1.00 m	7.38 a	4.54 a	7.57 a	6.81 a	6.58	14.94
1.50 m	5.49 ab	4.73 b	7.95 a	6.62 ab	6.20	13.42
2.00 m	6.06 ab	4.73 b	7.95 a	7.95 a	6.67	10.25
2.50 m	4.92 a	4.92 a	6.06 a	6.43 a	5.58	14.23
3.00 m	5.11 ab	4.54 b	7.57 a	5.11 ab	5.58	11.99
3.50 m	5.11 a	4.35 a	5.68 a	5.11 a	5.06	10.43
4.00 m	5.49 ab	4.73 b	7.76 a	5.11 ab	5.77	12.89

Promedio con letras diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey a 5% ($p > 0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

Los pesos radicales obtenidos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos evaluados dentro de 0.00 a 1.00 m de la base del estípite, sin embargo, a mayor distancia se observó que el tratamiento T3 (2 aplicaciones fraccionadas) fue superior a los demás tratamientos evaluados, siendo este tratamiento el que mayor peso seco de raíces registró en todos los sitios de muestreo.

Los datos obtenidos no siguen una tendencia diminutiva conforme se aleja de la base del estípite, por lo que estos resultados difieren a los datos obtenidos por Aldana *et al.*, (37), donde en su investigación al evaluar determinó que el peso seco de las raíces a diferente distancia y profundidad se observa que éste disminuye a medida que se aleja del estípite y a medida que aumenta la profundidad, sin embargo, cabe destacar que el peso de las raíces de las palmas sanas y bien nutridas es mayor comparado con el de las raíces de las palmas estresadas

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó que el efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre las características dasométricas de las raíces en palma aceitera durante la época lluviosa fue significativo, siendo el tratamiento con el fraccionamiento de la fertilización en 2 aplicaciones con intervalo de 30 días el que mayor área y volumen radicular obtuvo sobre los demás tratamientos evaluados.

El diámetro ponderado de las raíces en palma aceitera durante la época lluviosa permitió conocer la distribución de las raíces en el sistema del suelo, donde se concluyó que el tratamiento con el fraccionamiento de la fertilización en 2 aplicaciones con intervalo de 30 días obtuvo resultados superiores a los demás tratamientos.

Se determinó que los tratamientos evaluados no incidieron de manera significativa en el peso de las raíces de la palma aceitera en la época lluviosa, sin embargo, se pudo establecer que con el fraccionamiento de la fertilización en 2 aplicaciones con intervalo de 30 días se logró obtener mayor peso seco de las raíces.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda el fraccionamiento de las aplicaciones de fertilizantes en el cultivo de palma aceitera debido a la respuesta positiva del sistema de raíces a la aplicación de nutrientes en forma segmentada, mejorando la eficiencia de los recursos y optimizando la inversión.

Se recomienda realizar análisis complementarios como análisis de suelos y foliares, a fin de establecer relaciones entre variables que permitan afinar los conceptos de nutrición y alcanzar altos rendimientos.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas

1. Rosero J. Caracterización del sector de la palma aceitera en Ecuador. Tesis de pregrado. Zamorano, Honduras: Universidad Zamorano; 2018.
2. Potter L. La industria del aceite de palma en Ecuador: ¿Un buen negocio para los pequeños agricultores? Eutopía. Revista De Desarrollo Económico Territorial. 2019 octubre;(2): p. 39-54.
3. CFN. Cultivo de palmas de aceite (palma africana), Elaboración de aceites crudos vegetales (sin refinar) de: oliva, soya, palma, semilla de girasol, semilla de algodón, colza, repollo o mostaza, linaza, etcétera. Ficha Sectorial. Quito: CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL B. P., SUBGERENCIA DE ANÁLISIS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS; 2022.
4. Macías J. Evaluación del manejo de las prácticas agrícolas en el rendimiento y rentabilidad de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.), segundo año de ejecución. Santo Domingo de los Colorados. Santo Domingo, Ecuador: ESPE Universidad de las Fuerzas Armadas; 2020.
5. Sánchez J. Riego en el cultivo de palma de aceite: consideraciones técnicas para alcanzar el potencial productivo. La palma. 2020 septiembre; 16: p. 1-14.
6. Munévar F. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. Revista Palmas. 2001; 22(4): p. 9-17.
7. Lazo Y, Morales A, García Y, Arteaga Y, Ramos M. Manejo integrado del suelo para mejorar la producción del cultivo de *Elaeis guineensis* (palma africana) en tres fincas de Quinindé, Ecuador. Ciencia Y Tecnología. 2020 junio; 13(1): p. 1-8.
8. Yauyos J. Cartilla de difusión palma. , MIDAGRI; 2018.
9. Mikhailova N. Ciencia y tecnología nucleares: Abordar los obstáculos actuales y nuevos en materia de desarrollo. Boletín del OIEA. 2018 Noviembre.

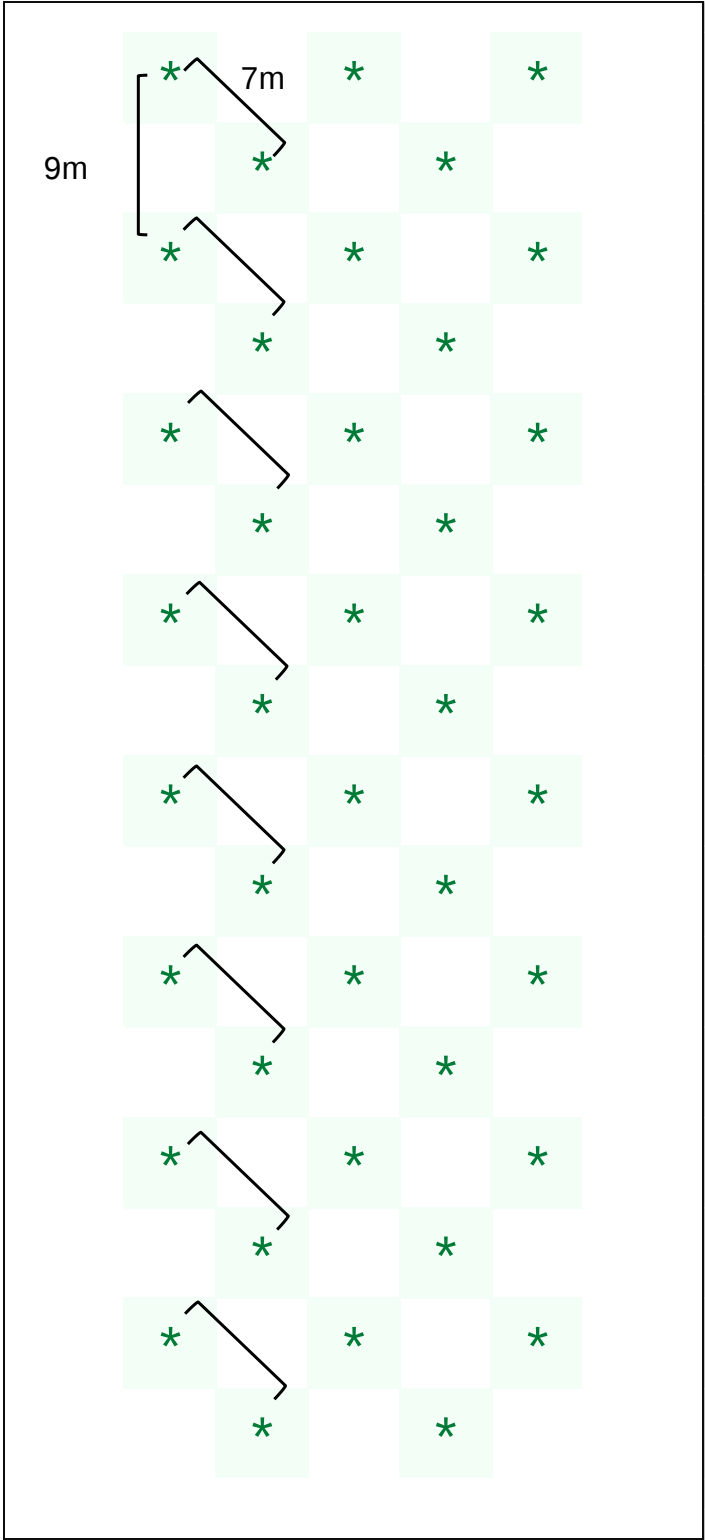
10. Sela G. Como calcular las tasas de aplicación de fertilizantes. CROPAIA, Agricultura y Nutrición Vegetal; 2021 Junio 4.
11. Márquez K, Vega L, Alvarez L. Glosario de términos agronómicos. Primera ed. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco; 2021.
12. AEFA. Glosario de términos útiles en agronutrición. Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes, Nutrición Vegetal; 2021.
13. Cotler H, Sotelo E, Domínguez J. La conservación de suelos: Un asunto de interés público. Revista Gaceta Ecológica. 2019 Abril-Junio; 83: p. 5-71.
14. Moreno A, Camperos J, Rivera Y, Romero H. Cambios fisiológicos y bioquímicos en genotipos de palma de aceite como respuesta a dos saturaciones de aluminio en el suelo. Revista Palmas. 2014; 35(2): p. 11-21.
15. Gómez T. Cinco claves sobre el cultivo de palma africana en América Latina. MONGABAY. 2020 Julio; 1(2): p. 1-6.
16. Saénz L. Cultivo de la palma africana. Managua, Nicaragua; 2018.
17. Pardo L, Ocampo N. Contexto actual del impacto ambiental de la palma de aceite en Colombia. Palmas. 2019; 40(3): p. 79 - 88.
18. U.S. National Plant Germplasm System. Taxon: *Elaeis guineensis* Jacq.. Maryland, USA: Germplasm Resources Information Network. (N. G. Laboratory, Ed.); 2019.
19. ANCUPA. Censo palmero 2017: Palma la voz del pamicultor. Suplemento institucional. Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera; 2018.
20. Carrillo M, Cevallos V, Cedeño C, Guanoloto W, Mite F, Navarrete M, et al. Manual de cultivo de palma aceitera. Manual Técnico. Santo Domingo: INIAP-Estación Experimental Santo Domingo; 2021.
21. Raygada R. Manual técnico para el cultivo de palma de aceitera. Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza – PRODATU. ; 2005. Report No.: ISBN: 9972-2715- 0-1.

22. Arias N. Sistema radical de la palma de aceite: conocimiento y manejo. FEDEPALMA. 2020 noviembre;(15).
23. Stokes A. The supporting roots of trees and other woody plants: Form, function and physiology. Primera ed.: Springer Dordrecht; 2010.
24. Landino G, Arias N. Comportamiento del desarrollo radicular y vegetativo de la palma de aceite bajo diferentes condiciones de compactación en la Zona Norte. Revista Cenipalma. 2019 septiembre;; p. 1.
25. Corley R, Tinker P. La palma aceitera. Cuarta ed. Wiley, Hoboken; 2022.
26. Taiz L, Ziger E. Plant physiology. Cuarta ed. Sundeland, USA: Sinauer Associates; 2022.
27. Mejía J. Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. Revista Palmas. 2018; 21(1): p. 51-58.
28. Cornaire B, Daniel C, Zuily F, Lamade E. Comportamiento de la palma de aceite. Revista Palmas. 1994; 15(3): p. 61-70.
29. Alvarez O, Ruíz E, Mosquera M, Silva J. Evaluación económica de sistemas de riego para plantaciones de palma aceitera en la Zona Norte de Colombia. Revista Palmas. 2017 Septiembre; 39(1): p. 69-85.
30. INAMHI. Plan Anual Terminado Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; 2018.
31. Erazo H. Análisis estadístico de las propiedades mecánicas a tracción, flexión e impacto del material híbrido con fibra de vidrio y abacá en matriz polimérica de resina poliéster, para determinar la mejor configuración Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2019.
32. Cristancho J, Munévar F, Acosta A, Santacruz L, Torres M. The relationship between edaphic soil characteristics and the development of the root system in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). Palmas. 2007; 28(1): p. 21 - 39.

33. Chinchilla C, Durán N. Manejo de problemas fitosanitarios en palma de aceite: una perspectiva agronómica. *Palmas*. 1998; 19(Especial): p. 242-256.
34. Zakaria Z. Soil and fertilizer management in oil palm plantations in Malaysia. *Palmas*. 1998; 19(Especial).
35. Meza E, Geissert D. Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre De Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 2003; 5(2): p. 57-60.
36. Reyes R, Bastidas S, Peña E. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia. *Palmas*. 1997; 18(3): p. 49 - 57.
37. Aldana R, Calvache H, Zambrano J. Determinación del daño de *Sagilassa valida* Walker (Lepidóptera: Glyphipterigidae) en el sistema radical de la palma de aceite. *Palmas*. 2000; 21(Especial): p. 174 - 180.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexo 1. Croquis experimental



7.2. Anexo 2. Evidencia fotográfica



Fotografía 1 Preparación del área para realizar el proyecto investigativo



Fotografía 2 Medición del área radicular a trabajar



Fotografía 3 Mezcla física que se utilizó (fertiPALMA plus)



Fotografía 4 Peso del fertilizante en gramos



Fotografía 5 Aplicación del fertilizante



Fotografía 6 Obtención de muestras



Fotografía 7 Separación de raíces para ser analizadas



Fotografía 8 Secado de las muestras a temperatura (ambiente)



Fotografía 9 Análisis de raíces en el software Safira (EMBRAPA).



Fotografía 10 Trabajo de campo culminado en excelentes condiciones

7.3. Anexo 3. Análisis de varianza

Tabla 1

ANOVA Volumen de raíces de palma a 0.5 m del estípite

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	30222857.9	3	10074286	1404.03	<0.001
Bloque	58573.17	4	14643.29	2.04	0.1524
Error	86103	12	7175.25		
Total	30367534	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 2

ANOVA Volumen de raíces de palma a 1.0 m del estípite

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	8543019.76	3	2847673.25	216.98	<0.001
Bloque	41510.04	4	10377.51	0.79	0.5532
Error	157487.72	12	13123.98		
Total	8742017.52	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 3

ANOVA Volumen de raíces de palma a 1.5 m del estípite

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	56174936.9	3	18724979	1934.7	<0.001
Bloque	40142.07	4	10035.52	1.04	0.428
Error	116142.04	12	9678.5		
Total	56331221	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 4*ANOVA Volumen de raíces de palma a 2.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	9454352.5	3	3151450.83	86.23	<0.001
Bloque	89946	4	22486.5	0.62	0.6599
Error	438572.43	12	36547.7		
Total	9982870.93	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 5***ANOVA Volumen de raíces de palma a 2.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	20799600.6	3	6933200.21	739.53	<0.001
Bloque	33159.71	4	8289.93	0.88	0.5022
Error	112502.31	12	9375.19		
Total	20945262.7	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 6***ANOVA Volumen de raíces de palma a 3.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3397519.21	3	1132506.4	83.85	<0.001
Bloque	12280.04	4	3070.01	0.23	0.9178
Error	162067.03	12	13505.59		
Total	3571866.27	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 7***ANOVA Volumen de raíces de palma a 3.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4677282,11	3	1559094,04	243,35	<0,001
Bloque	32319,14	4	8079,78	1,26	0,338
Error	76881,1	12	6406,76		
Total	4786482,34	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 8*ANOVA Volumen de raíces de palma a 4.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	69524571.6	3	23174857.2	1700	<0.001
Bloque	37053.6	4	9263.4	0.68	0.6192
Error	163587.14	12	13632.26		
Total	69725212.3	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 9***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 0.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	22260.99	3	7420.33	5419.35	<0.001
Bloque	18.5	4	4.63	3.38	0.0453
Error	16.43	12	1.37		
Total	22295.92	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 10***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 1.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	86834.49	3	28944.83	8310.67	<0.001
Bloque	22.36	4	5.59	1.6	0.2364
Error	41.79	12	3.48		
Total	86898.64	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 11***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 1.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	42445.29	3	14148.43	3748.11	<0.001
Bloque	26.17	4	6.54	1.73	0.2073
Error	45.3	12	3.77		
Total	42516.75	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 12*ANOVA Área superficial de raíces de palma a 2.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	22729.95	3	7576.65	819.85	<0.001
Bloque	54.06	4	13.52	1.46	0.2738
Error	110.9	12	9.24		
Total	22894.91	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 13***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 2.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	15738.06	3	5246.02	1029.31	<0.001
Bloque	44.9	4	11.22	2.2	0.1302
Error	61.16	12	5.1		
Total	15844.12	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 14***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 3.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	5196.28	3	1732.09	261.65	<0.001
Bloque	26.94	4	6.73	1.02	0.4369
Error	79.44	12	6.62		
Total	5302.66	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 15***ANOVA Área superficial de raíces de palma a 3.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	42614.89	3	14204.96	2738.48	<0.001
Bloque	26.53	4	6.63	1.28	0.3319
Error	62.25	12	5.19		
Total	42703.67	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 16*ANOVA Área superficial de raíces de palma a 4.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	65603.6	3	21867.87	2802.95	<0.001
Bloque	148.07	4	37.02	4.74	0.0158
Error	93.62	12	7.8		
Total	65845.3	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 17***ANOVA DMP de raíces de palma a 0.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.030	3	0.0102	46.303	<0.001
Bloque	0.00048	4	0.0001	0.5455	0.7058
Error	0.0026	12	0.0002		
Total	0.03	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 18***ANOVA DMP de raíces de palma a 1.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.16996	3	0.0567	94.55	<0.001
Bloque	0.00113	4	0.0003	0.47	0.7559
Error	0.00719	12	0.0006		
Total	0.17828	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 19***ANOVA DMP de raíces de palma a 1.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.02652	3	0.0088	18.35	0.0001
Bloque	0.0005	4	0.0001	0.26	0.898
Error	0.00578	12	0.0005		
Total	0.0328	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 20*ANOVA DMP de raíces de palma a 2.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.09772	3	0.0326	62.74	<0.001
Bloque	0.00057	4	0.0001	0.27	0.8888
Error	0.00623	12	0.0005		
Total	0.10452	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 21***ANOVA DMP de raíces de palma a 2.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.36132	3	0.1204	170.43	<0.001
Bloque	0.0046	4	0.0012	1.63	0.2309
Error	0.00848	12	0.0007		
Total	0.3744	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 22***ANOVA DMP de raíces de palma a 3.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.00214	3	0.0007	2.94	0.0762
Bloque	0.00437	4	0.0011	4.51	0.0188
Error	0.00291	12	0.0002		
Total	0.00942	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 23***ANOVA DMP de raíces de palma a 3.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.06498	3	0.0217	61.15	<0.001
Bloque	0.00267	4	0.0007	1.88	0.1779
Error	0.00425	12	0.0004		
Total	0.0719	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 24*ANOVA DMP de raíces de palma a 4.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.1372	3	0.0457	72.68	<0.001
Bloque	0.0003	4	0.0001	0.13	0.968
Error	0.0075	12	0.0006		
Total	0.1451	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 25***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 0.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	5.6375	3	1.8792	4.16	0.031
Bloque	2.675	4	0.6687	1.48	0.2691
Error	5.425	12	0.4521		
Total	13.7375	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 26***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 1.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	8.1375	3	2.7125	2.62	0.0988
Bloque	4.675	4	1.1687	1.13	0.3886
Error	12.425	12	1.0354		
Total	25.2375	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 27***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 1.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	8.2375	3	2.7458	3.79	0.0402
Bloque	2.8	4	0.7	0.97	0.4613
Error	8.7	12	0.725		
Total	19.7375	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 28*ANOVA Peso seco de raíces de palma a 2.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	10.3375	3	3.4458	6.51	0.0073
Bloque	1.55	4	0.3875	0.73	0.5872
Error	6.35	12	0.5292		
Total	18.2375	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 29***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 2.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2.55	3	0.85	1.19	0.3551
Bloque	3.325	4	0.8313	1.16	0.3747
Error	8.575	12	0.7146		
Total	14.45	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 30***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 3.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	7.65	3	2.55	4.55	0.0238
Bloque	3.075	4	0.7688	1.37	0.301
Error	6.725	12	0.5604		
Total	17.45	19			

*SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada***Tabla 31***ANOVA Peso seco de raíces de palma a 3.5 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.2375	3	0.4125	1.38	0.2949
Bloque	5.325	4	1.3313	4.47	0.0193
Error	3.575	12	0.2979		
Total	10.1375	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada

Tabla 32*ANOVA Peso seco de raíces de palma a 4.0 m del estípite*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	7.75	3	2.5833	3.8154	0.0394
Bloque	3.575	4	0.8938	1.32	0.3178
Error	8.125	12	0.6771		
Total	19.45	19			

SC: Suma de cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher calculada