



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA



CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente practico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Efecto de la fertiirrigación en la nutrición del cultivo de palma aceitera
(*Elaeis guineensis. Jacq*).

AUTOR:

Rodrigo Isaías Gaviláñez Lascano

TUTORA:

Ing. Agr. Victoria Rendon Ledesma. MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

En el desarrollo de esta investigación basada en el “Efecto de la fertiirrigación en la nutrición del cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis*. Jacq).” en el cual se planteó como objetivo, describir los efectos de la fertiirrigación en la absorción de nutrientes en el cultivo de palma aceitera, enfocados en el crecimiento y rendimiento a través de revisiones bibliográficas. La metodología, se determina que se basó en un tipo de investigación básico, donde se desarrolló bajo un enfoque descriptivo-analítico, con un diseño de investigación cualitativo, en su desarrollo de determino, la importancia de la palma aceitera en el Ecuador, las características botánicas, características reproductivas, los requerimientos nutricionales de la palma aceitera, requerimiento de agua en el cultivo, la importancia de diferentes tipos de análisis agrícola en el cultivo, y por qué hacer el análisis de suelos para la fertiirrigación. En cuanto a los resultados, que el Nitrato de amonio, Nitrato de potasio, Fosfato Monoamónico, Sulfato de potasio son los principales fertilizantes solubles utilizados en la fertiirrigación para el cultivo de palma aceitera; con esta técnica, se pueden ajustar las dosis de fertilizantes de acuerdo con las necesidades específicas de las plantas en diferentes etapas de crecimiento, lo que permite optimizar el uso de recursos y maximizar la productividad. En conclusión, se demostró que estos fertilizantes solubles brindan micronutrientes y macronutrientes importantes, como nitrógeno, fósforo y potasio, que son esenciales para el crecimiento óptimo de las palmas.

Palabras Claves: Fertiirrigación, Fertilizantes, Solubilidad, Palma, Producción

SUMMARY

In the development of this research based on the “Effect of fertiirrigation on the nutrition of oil palm crops (*Elaeis guineensis*. Jacq).” in which the objective was set to describe the effects of fertiirrigation on the absorption of nutrients in oil palm cultivation, focused on growth and performance through bibliographic reviews. The methodology is determined to be based on a type of basic research, where it was developed under a descriptive-analytical approach, with a qualitative research design, in its development it determined, the importance of oil palm in Ecuador, the characteristics botany, reproductive characteristics, nutritional requirements of oil palm, water requirement in cultivation, the importance of different types of agricultural analysis in cultivation, and why do soil analysis for fertiirrigation. Regarding the results, Ammonium Nitrate, Potassium Nitrate, Monoammonium Phosphate, Potassium Sulfate are the main soluble fertilizers used in fertiirrigation for oil palm cultivation; With this technique, fertilizer doses can be adjusted according to the specific needs of plants at different stages of growth, allowing the use of resources to be optimized and productivity to be maximized. In conclusion, these soluble fertilizers were shown to provide important micronutrients and macronutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, which are essential for optimal palm growth.

Keywords: Fertiirrigation, Fertilizers, Solubility, Palm, Production

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN..... | II |
| SUMMARY | III |
| INDICE DE CONTENIDO..... | III |
| INDICE NDE TABLA | V |
| 1.CONTEXTUALIZACIÓN..... | 1 |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5. Líneas de investigación..... | 4 |
| 2. DESARROLLO | 5 |
| 2.1 Marco conceptual | 5 |
| 2.1.1. Importancia de la palma aceitera en la agricultura mundial. | 5 |
| 2.1.2. Importancia de la palma aceitera en el Ecuador. | 5 |
| 2.1.3. Características botánicas..... | 6 |
| 2.1.3.1. Morfología..... | 6 |
| 2.1.3.2. Ciclo de vida. | 6 |
| 2.1.3.3. Características reproductivas. | 6 |
| 2.1.4. Requerimientos nutricionales de la palma aceitera. | 7 |
| 2.1.5. Requerimiento de agua en el cultivo..... | 7 |
| 2.1.6 Importancia de diferentes tipos de análisis agrícola en el cultivo. | 7 |
| 2.1.6.1. Análisis de suelos para la fertiirrigación. | 8 |
| 2.1.6.2. Análisis foliar para la fertiirrigación..... | 8 |
| 2.1.6.3. Análisis de agua para la fertiirrigación..... | 9 |
| 2.1.7. Fertiirrigación en palma aceitera..... | 9 |
| 2.1.8. Ventajas y desventaja de la fertiirrigación. | 9 |
| 2.1.8.1. Ventajas..... | 9 |
| 2.1.8.2. Desventajas..... | 10 |
| 2.1.9. Solubilidad de los fertilizantes en fertiirrigación. | 10 |
| 2.1.10. Factores de afectan la solubilidad. | 10 |
| 2.1.11. Compatibilidad e incompatibilidad de los fertilizantes en fertiirrigación. | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.13. Impacto de la fertiirrigación en el rendimiento de la palma aceitera..... | 13 |
| 2.1.14. Eficiencia del uso del agua y nutrientes en la fertiirrigación en el cultivo. | 13 |
| 2.2. Marco metodológico | 15 |
| 2.3. Resultados..... | 15 |
| 2.4 Discusión de resultados..... | 16 |
| 3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 17 |
| 3.1. Conclusiones | 17 |
| 3.2. Recomendaciones | 18 |
| 4.REFERENCIAS Y ANEXOS | 19 |
| 4.1. Referencias bibliográficas..... | 19 |
| 4.2. Anexos..... | 23 |

Índice de tabla.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la palma de aceite 7

1.CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción.

La producción de palma aceitera (*Elaeis guineensis.Jacq*), en los últimos años obtuvo un aproximado de 77 millones de toneladas a nivel mundial, convirtiéndose como uno de los cultivos más importantes a nivel global, este crecimiento es especialmente significativo en países de sudeste asiático, como Indonesia y Malasia, que en conjunto representan cerca del 85% de la producción total; la importancia económica de la palma aceitera radica en su alta rentabilidad y su diversidad, debido que el aceite radica en su alta rentabilidad y su versatilidad (FedePlama 2023).

En el Ecuador en el año 2022, produjo 600 mil toneladas de aceite de palma, dando así una producción elevada en los últimos 10 años, a nivel nacional, este cultivo tiene alrededor de 300 hectáreas dedicadas a la explotación, siendo unos de los principales cultivos de exportación; este cultivo es generador de significativos ingresos por exportaciones, sino que también es una fuente crucial de empleo para miles de familias en regiones rurales, que van desde de su germinación en viveros hasta épocas de cosechas (Jaimes *et al.* 2023).

La fertirrigación, es la combinación de fertilización y el riego, es una técnica agrícola que permite una aplicación precisa y eficiente de nutrientes directamente al sistema radicular de la planta, esta práctica optimiza el uso de recursos, mejora la absorción de nutrientes y reduce el impacto ambiental al minimizar la lixiviación y la escorrentía de fertilizantes; muchos estudios demuestran que este sistema de fertilización en el cultivo de palma obtienen excelente resultados al proporcionar de una manera equilibrada los macros y micros nutrientes que requiere el cultivo (RawData 2024).

Entre los cultivos perennes más importantes a nivel nacional se encuentra la palma aceitera, que destaca por su capacidad de generar empleo en distintas áreas, impulsando significativamente la economía local y regional; en este estudio, se analizará la importancia y la implementación de la fertirrigación, que combina el riego con la aplicación de fertilizantes solubles, y su impacto en la producción y los

costos asociados, además este enfoque permitirá un manejo más preciso y eficiente de los insumos agrícola.

1.2. Planteamiento del problema.

Los fertilizantes convencionales a menudo contiene químicos sintéticos a largo plazo que pueden degradar la calidad del suelo, el uso excesivo de estos fertilizantes por parte de profesionales con poco experiencia no consideran que estos fertilizantes pueden provocar la acumulación de sales y otros compuestos tóxicos alterando la estructura del suelo y reduciendo su capacidad para retener agua y nutrientes, esto no solo afecta la salud del suelo, sino también las fuentes de aguas cercanas (González 2019).

La baja productividad de la palma de aceite es un problema significativo por un sin número de factores entre ellos con el uso de fertilizante convencionales, estos fertilizantes pueden no proporcionar un equilibrio adecuado de nutriente necesario para el crecimiento óptimo de la palma, como resultado las plantas pueden sufrir de deficiencia nutricionales, lo que lleva un crecimiento reducido y menores rendimiento de frutos, debido a esto la productividad limitado afecta la rentabilidad de las plantaciones, haciendo que la inversión en fertilizantes no resulten en los aumentos de producción esperados (MAG 2023).

Cuando existe una productividad con una escala baja, en este caso en el cultivo de palman aceitera tiende a tener impacto negativo a productores y trabajadores, donde enfrentarían menores ingresos debido a la reducción en los rendimiento, lo que pueden llevar a dificultades financieras y una menor capacidad para reinvertir en prácticas agrícolas sostenibles, los trabajos agrícolas también sufren ,debido que la disminución de la productividad pueden resultar en menos empleos y salarios más bajos.

1.3. Justificación.

El estudio de caso se realizará para analizar el impacto de la fertiirrigación en el cultivo de palma, debido que la deficiencia en la administración de nutrientes es crucial para mejorar la productividad y la sostenibilidad de las plantaciones, la fertiirrigación que combina la fertilización con el riego permite una distribución más uniforme y precisa de los nutrientes, lo cual podría corregir deficiencias nutricionales observable con el uso de fertilizantes convencionales; este método asegura que las plantas reciban la cantidad adecuada de nutrientes en el momento oportuno, optimizando su absorción y reduciendo el desperdicio.

Además, el uso fertiirrigación es esencial para ofrecer soluciones prácticas a los problemas económicos y ambientales asociados con la baja productividad de palma aceitera, la implementación de técnicas de este tipo de riego podría optimizar el uso de recursos, reducir costos y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente, los resultados esperados de esta investigación no solo beneficiará con la baja productividad al aumentar sus ingresos y mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, sino que también contribuirá al desarrollo de prácticas agrícola más eficiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Describir los efectos de la fertiirrigación en la absorción de nutrientes en el cultivo de palma aceitera, enfocados en el crecimiento y rendimiento a través de revisiones bibliográficas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Enumerar los principales fertilizantes solubles utilizados en la fertiirrigación para cultivo de palma aceitera.
- Identificar el impacto de la fertiirrigación en el rendimiento de la palma aceitera.
- Analizar la eficiencia del uso del agua y nutrientes en la fertiirrigación en el cultivo.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Efecto de la fertiirrigación en la nutrición del cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis*. Jacq).” En este contexto, específicamente se aborda la línea de investigación: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Fisiología y nutrición vegetal.

2. DESARROLLO

2.1 Marco conceptual

2.1.1. Importancia de la palma aceitera en la agricultura mundial.

Debido a su alta productividad y versatilidad, la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es una de las plantas oleaginosas más importantes a nivel mundial, esta planta, originaria de África Occidental, ha sido introducida y cultivada en muchas partes tropicales del mundo, como Asia, América Latina y África. La razón por la que es importante es porque produce más aceite por hectárea que cualquier otro cultivo oleaginoso, como la soja o el girasol, esto la convierte en una fuente importante de aceites vegetales comestibles y no comestibles, que se usan en una variedad de productos, desde alimentos y cosméticos hasta biocombustibles y productos industriales (ASOBANCA 2022).

La palma aceitera es crucial para muchas naciones en desarrollo, especialmente en el sudeste asiático, donde Indonesia y Malasia son los principales productores mundiales, millones de personas trabajan para la industria del aceite de palma, que también es una gran fuente de ingresos para grandes empresas agroindustriales y pequeños agricultores. Además, el aceite de palma y sus derivados son productos estratégicos en el comercio internacional debido a su eficiencia productiva y sus múltiples aplicaciones. Sin embargo, su expansión ha generado debates sobre la sostenibilidad y el impacto ambiental, lo que ha impulsado iniciativas para mejorar las prácticas agrícolas (Haro 2020).

2.1.2. Importancia de la palma aceitera en el Ecuador.

Siendo uno de los principales cultivos comerciales de Ecuador, la palma aceitera es de gran importancia para la economía agrícola del país. La palma aceitera se cultiva principalmente en las zonas costeras y amazónicas de Ecuador, utilizando las condiciones climáticas favorables. Contribuyendo significativamente al PIB agrícola del país, el aceite de palma es un producto importante tanto para el mercado interno como para la exportación (INIAP 2018).

Además de su impacto económico, la industria de la palma aceitera en Ecuador desempeña un papel importante en la creación de empleos y el desarrollo de las zonas rurales. Las plantaciones de palma aceitera dan empleo directo e indirecto a

un gran número de personas en las comunidades, y miles de pequeños y medianos agricultores dependen de este cultivo para su sustento. El gobierno ecuatoriano ha reconocido la importancia de esta industria y ha implementado políticas para impulsar su crecimiento sostenible, abordando temas como la sostenibilidad ambiental y la mejora de las prácticas agrícolas (IPPC 2021).

2.1.3. Características botánicas.

2.1.3.1. Morfología.

La palma aceitera, o también conocida como palma de oro, es una planta perenne que puede crecer hasta 20–30 metros de altura. El tronco es sólido y solitario y está cubierto por bases de hojas muertas persistentes. La palma aceitera tiene hojas pinnadas que pueden llegar a los 3 a 5 metros de largo. Cada hoja está compuesta por una gran cantidad de folíolos rígidos y lineares dispuestos de manera regular a lo largo del raquis. En la parte superior del tronco, la planta tiene una corona de hojas y sus raíces son fasciculadas, que se extienden ampliamente para anclar la planta y absorber nutrientes del suelo (Forero 2020).

2.1.3.2. Ciclo de vida.

El ciclo de vida de la palma aceitera puede alcanzar los 25 a 30 años de producción activa. Antes de convertirse en plantas adultas, las plántulas pasan por varias fases de desarrollo desde la germinación. La palma joven produce frutos a los 3-4 años después de la siembra y alcanza su máxima productividad a los 7-10 años. Además, produce continuamente racimos de frutos durante su etapa productiva, cada racimo con numerosos frutos ovalados y carnosos. Cada fruto está formado por una cáscara externa, una pulpa rica en aceite y una nuez con almendras (Fertiberia 2019).

2.1.3.3. Características reproductivas.

La palma aceitera es compleja en su reproducción porque es monoica, es decir, produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias separadas. La polinización es generalmente entomófila y se lleva a cabo principalmente por insectos, como el escarabajo *Elaeidobius kamerunicus*, que vive en la palma aceitera. Las flores femeninas se transforman en racimos de frutos después de polinizar, que maduran a lo largo de unos 5-6 meses. La recolección de estos frutos

es un proceso intensivo porque los racimos deben cortarse manualmente y procesarse rápidamente para evitar la pérdida de la calidad del aceite (Romero *et al.* 2019).

2.1.4. Requerimientos nutricionales de la palma aceitera.

Las plántulas de palma aceitera necesitan un suelo bien drenado y fértil, con un pH ligeramente ácido a neutro (5.5-6.5). En esta etapa, su principal atención se centra en el desarrollo de su sistema radicular y el crecimiento vegetativo inicial, además en la siguiente etapa necesitan nutrientes muy esenciales entre ellos lo que indica la tabla 1 (IPNI 2019).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la palma de aceite.

| Componentes. | Etapa Juvenil (1-3 años) | Etapa de Producción Temprana (3-7 años) | Etapa de Producción Plena (7-20 años) | Etapa de Senescencia (20-30 años) |
|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Nitrógeno (kg/ha/año) | 100-150 | 200-250 | 300-350 | 300-350 |
| Fósforo (kg/ha/año.) | 40-60 | 50-70 | 60-80 | 60-80 |
| Potasio (kg/ha/año) | 120-160 | 250-300 | 350-400 | 350-400 |
| Calcio y Magnesio (kg/ha/año) | | 80-100 y 30-40 | 100-120 y 40-50 | 100-120 y 40-50 |

Fuentes: (IPNI 2019).

2.1.5. Requerimiento de agua en el cultivo.

El cultivo de palma aceitera necesita un suministro adecuado de agua a lo largo de su ciclo de vida, desde el vivero hasta la senescencia, para maximizar su crecimiento y productividad (EOS 2022):

- Etapa de vivero (0.1 año): 4 000 – 6 000 L/ha/día.
- Etapa de juvenil (1-3 años): 6 000 – 8 000 L/ha/día.
- Etapa de producción temprana (3-7 años): 8 000 – 10 000 L/ha/día.
- Etapa de producción plena: (7-20 años): 10 000 – 12 000 L/ha/día.
- Etapa de senescencia (20-30 años): 8 000 – 10 000 L/ha/día.

2.1.6 Importancia de diferentes tipos de análisis agrícola en el cultivo.

En el cultivo de palma aceitera, los análisis agrícolas, como los de suelo, foliar y agua, son esenciales para optimizar la nutrición, detectar deficiencias y ajustar las prácticas de riego y fertilización; estos estudios ayudan a tomar decisiones informadas sobre un manejo eficiente de los recursos, lo que permite maximizar la productividad, mejorar la salud de las plantas y promover una agricultura sostenible (Agroptma 2019).

2.1.6.1. Análisis de suelos para la fertiirrigación.

Para la fertiirrigación en el cultivo de palma aceitera, el análisis del suelo es esencial porque proporciona información detallada sobre la composición y la fertilidad del suelo. Este análisis determina los niveles de nutrientes esenciales y posibles deficiencias, lo que permite crear mezclas de fertilizantes particulares que maximizan la absorción de nutrientes. Además, ayuda a medir el pH del suelo y su capacidad de retención de agua, lo que garantiza una fertiirrigación precisa y eficiente, lo que resulta en un crecimiento saludable de las plantas y un rendimiento máximo (MAGAP 2022).

2.1.6.2. Análisis foliar para la fertiirrigación.

La fertiirrigación del cultivo de palma aceitera también requiere el análisis foliar, este análisis permite evaluar los niveles de nutrientes en las hojas de las plantas, lo que proporciona información precisa sobre su estado nutricional y permite ajustar de manera precisa y oportuna las estrategias de fertiirrigación. El estudio del folíolo ayuda a evitar deficiencias o excesos, optimizar la absorción de nutrientes y promover un crecimiento saludable y productivo de las palmas al monitorear los niveles de micronutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio (LABISER 2020).

2.1.6.3. Análisis de agua para la fertiirrigación.

El análisis del agua es crucial, para la fertiirrigación en el cultivo de palma aceitera, este análisis determina el potencial de hidrógeno del agua utilizada para el riego; esto es crucial porque el pH del agua puede tener un impacto significativo en la eficacia de los fertilizantes y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un pH adecuado del agua de riego es esencial para asegurar que las raíces de las palmas absorban los nutrientes aplicados de manera efectiva, lo que maximiza su crecimiento y rendimiento; además, mantener un nivel adecuado del agua evita problemas de toxicidad o deficiencia de nutrientes, mejorando la salud y la productividad del cultivo (Monge 2017).

2.1.7. Fertiirrigación en palma aceitera.

La utilización de fertiirrigación en el cultivo de palma aceitera es una innovación significativa que cambia la forma en que se manejan los recursos hídricos y los nutrientes en los campos agrícolas. Esta estrategia combina el riego y la aplicación precisa de fertilizantes, lo que permite que los nutrientes esenciales se distribuyan uniformemente directamente a las raíces de las palmas. Además de maximizar la absorción de nutrientes, esta práctica reduce el desperdicio de fertilizantes y agua, lo que conduce a una agricultura más eficaz y sostenible (Delgado 2023).

Además, la fertiirrigación también brinda mayor flexibilidad y control sobre el suministro de nutrientes, lo que permite ajustar las dosis y composición de los fertilizantes según las necesidades específicas de las palmas en diferentes etapas de su ciclo de vida. Esta actividad es un hito en la agricultura más inteligente y sostenible porque mejora la disponibilidad de nutrientes y el manejo del agua, lo que reduce los costos operativos y reduce el impacto ambiental (EOS 2022).

2.1.8. Ventajas y desventaja de la fertiirrigación.

2.1.8.1. Ventajas.

La fertiirrigación ofrece una serie de ventajas significativas. La capacidad de proporcionar nutrientes a las raíces de las plantas de manera precisa y oportuna es una de las principales ventajas, ya que esto maximiza la eficiencia de la fertilización y mejora el crecimiento y rendimiento de las palmas; además, el combinar la aplicación de fertilizantes con el riego, se reduce el desperdicio de agua y

nutrientes, lo que resulta en uso más eficiente de los recursos hídricos y una disminución de los costos operativos, también permite una mayor flexibilidad en el manejo de los nutrientes y los ajustes de dosis y composición (Calvache 2020).

2.1.8.2. Desventajas.

Sin embargo, la fertiirrigación también puede tener algunos inconvenientes, una de ellas es la necesidad de una infraestructura adecuada, que puede requerir una inversión inicial importante, como sistemas de riego y equipos de fertiirrigación. Además, el manejo inadecuado de la fertiirrigación puede resultar en una aplicación desigual de nutrientes o, si no se controla adecuadamente, puede surgir riesgos de contaminación del agua y del suelo; por lo tanto, es fundamental que los agricultores reciban capacitación adecuada y utilicen tecnologías y prácticas apropiadas para maximizar los beneficios de la fertiirrigación mientras se reducen los riesgos y desventajas asociados (Agrar 2021).

2.1.9. Solubilidad de los fertilizantes en fertiirrigación.

La solubilidad de los fertilizantes es un factor crucial a tener en cuenta cuando se trata de fertiirrigación porque determina la eficacia con la que los nutrientes se aplican a través del sistema de riego. Para garantizar una distribución uniforme de los nutrientes en la solución de riego, los fertilizantes utilizados en fertiirrigación deben ser altamente solubles en agua, esto permite que los nutrientes sean fácilmente absorbidos por las raíces de las palmas, maximizando su disponibilidad y optimizando el crecimiento y rendimiento del cultivo (FERTILAB 2020).

2.1.10. Factores de afectan la solubilidad.

- El pH del agua de riego es un factor determinante en la solubilidad de los fertilizantes en la fertiirrigación. Dado que muchos fertilizantes pueden reaccionar y precipitar en condiciones ácidas o alcalinas, mantener un pH adecuado del agua de riego es crucial para garantizar que los nutrientes permanezcan en forma soluble y estén disponibles para la absorción de las plantas. Los fertilizantes pueden volverse insolubles al potencial hidrogeno extremadamente bajo o alto, lo que resulta en una menor eficacia de la fertiirrigación y una pérdida de nutrientes (Delgado 2023).
- La solubilidad de los fertilizantes está fuertemente influenciada por la temperatura del agua. A temperaturas más altas, los fertilizantes

generalmente se disuelven más fácilmente en el agua, lo que puede aumentar la eficacia de la fertiirrigación al permitir que las plantas absorban mejor los nutrientes. Sin embargo, temperaturas extremadamente altas pueden llevar a la degradación de ciertos fertilizantes, por lo que es importante mantener un equilibrio para evitar pérdidas de nutrientes (INIAP 2018).

- El producto de solubilidad, también afecta la solubilidad de los fertilizantes en la fertiirrigación. Cuanto mayor sea el producto de solubilidad de un fertilizante, mayor será su capacidad para disolverse en agua y permanecer en forma soluble. Por lo tanto, para garantizar una aplicación eficiente de nutrientes y una disponibilidad óptima de nutrientes para las plantas, es importante considerar el producto de solubilidad de cada compuesto al seleccionar fertilizantes para fertiirrigación (Martínez 2020).

2.1.11. Compatibilidad e incompatibilidad de los fertilizantes en fertiirrigación.

Para garantizar una aplicación efectiva y evitar la formación de precipitados que puedan obstruir los sistemas de riego, es esencial que los fertilizantes sean compatibles entre sí:

Algunos fertilizantes pueden ser incompatibles entre sí a través de reacciones químicas que producen precipitados insolubles o gases tóxicos. Por ejemplo, la mezcla de fertilizantes que contienen nitrato de calcio y fosfato de amonio puede resultar en la formación de fosfato de calcio, un compuesto insoluble que puede obstruir los sistemas de riego. De manera similar, la combinación de sulfato de potasio y nitrato de magnesio puede generar un precipitado de sulfato de magnesio, que también puede causar problemas de obstrucción en los sistemas de fertiirrigación (Portal Hortícola 2020).

Por el contrario, hay fertilizantes que son compatibles entre sí y pueden mezclarse sin problemas durante la fertiirrigación. Por ejemplo, los fertilizantes nitrato de amonio y nitrato de potasio suelen ser compatibles y se pueden mezclar para proporcionar a las plantas una fuente equilibrada de potasio y nitrógeno. De manera similar, el sulfato de potasio y el sulfato de magnesio son fertilizantes que se pueden mezclar con seguridad, ya que ambos se disuelven bien en agua y no forman precipitados insolubles. Para evitar obstrucciones y maximizar la aplicación

de nutrientes, al seleccionar fertilizantes para fertirrigación, es importante considerar su compatibilidad química (Agroproductos 2020).

2.1.12. Principales fertilizantes solubles utilizados en la fertirrigación para el cultivo de palma aceitera.

- **Nitrato de amonio (NH_4NO_3):** este fertilizante proporciona nitrógeno y un poco de azufre. Es muy soluble en agua y se absorbe rápidamente por las raíces de las palmas, lo que promueve un crecimiento vegetativo vigoroso y una producción óptima de hojas (FERTILAB 2020).
- **Nitrato de potasio (KNO_3):** Este fertilizante, rico en nitrógeno y potasio, es esencial para el crecimiento de la planta y la producción de frutos. Su alta solubilidad garantiza una distribución uniforme de nutrientes a través del sistema de riego, favoreciendo el desarrollo equilibrado de la palma y la calidad de los frutos (MAGAP 2022).
- **Sulfato de Magnesio (MgSO_4):** Aporta magnesio, un nutriente vital para la fotosíntesis y la formación de clorofila; su uso en fertirrigación asegura que las palmas reciban un suministro adecuado de magnesio (Agroptma 2019).
- **Cloruro de Potasio (KCl):** Fuente principal de potasio, que es importante para la formación de frutos y la resistencia a enfermedades. Su alta solubilidad permite que el potasio esté disponible de manera constante para las palmas a través de la fertirrigación (Martínez 2020).
- **Fosfato Monoamónico (MAP):** Contiene fósforo y nitrógeno en forma de amonio, lo que lo hace altamente soluble en agua y fácilmente absorbible por las raíces de las palmas. El fósforo es esencial para el desarrollo de las raíces y la formación de frutos, mientras que el nitrógeno promueve un crecimiento vegetativo saludable (González 2019).
- **Ácido Bórico (H_3BO_3):** Es una fuente de boro, que es importante para la formación de polen y la estabilidad celular; en pequeñas cantidades, se incorpora a la solución de fertirrigación para evitar deficiencias (Pérez 2020).
- **Sulfato de potasio (K_2SO_4):** Este fertilizante proporciona azufre y potasio, los nutrientes necesarios para el desarrollo y la calidad de los frutos de palma aceitera. Las plantas pueden absorberlo rápidamente gracias a su alta solubilidad, lo que produce racimos de frutos fuertes y de alta calidad (Agroptma 2019).

2.1.13. Impacto de la fertirrigación en el rendimiento de la palma aceitera.

La fertirrigación mejora significativamente el rendimiento de la palma aceitera al optimizar el suministro de agua y la disponibilidad de nutrientes esenciales, al proporcionar nutrientes directamente a las raíces a través del sistema de riego, se garantiza una absorción efectiva, lo que promueve un crecimiento vigoroso y una mayor producción de hojas y frutos; la distribución uniforme de los nutrientes se logra con esta técnica, evitando deficiencias que podrían disminuir el rendimiento, también la fertilización y el riego mejoran el uso del agua (Martínez 2020).

Ofrece también una mayor flexibilidad en la aplicación de nutrientes, lo que permite ajustes precisos según las necesidades específicas de las palmas en diferentes etapas de su ciclo de vida; esto puede resultar en una mejor adaptación a las condiciones cambiantes del suelo y del clima, lo que alivia el estrés de las plantas y mejora el rendimiento a lo largo del tiempo. Por último, la fertirrigación no solo mejora la eficiencia de la entrega de nutrientes y agua, sino que también ayuda a que la palma aceitera tenga un rendimiento óptimo y sostenible (RawData 2024).

2.1.14. Eficiencia del uso del agua y nutrientes en la fertirrigación en el cultivo.

En el cultivo de palma aceitera, la fertirrigación proporciona una eficiencia notable en el uso del agua y los nutrientes, lo que resulta en una serie de beneficios agronómicos y ambientales, esta técnica permite una distribución precisa y uniforme de los nutrientes esenciales directamente a las raíces de las palmas, lo que maximiza su absorción y reduce las pérdidas por lixiviación; además, al utilizar el agua de riego como medio para transportar los nutrientes, se maximiza el uso del agua al reducir la evaporación y la escorrentía y mejorar la calidad del agua (Kafkati 2019).

A lo largo del ciclo de vida de la palma aceitera, la fertirrigación ayuda a mejorar la gestión de los recursos hídricos y los nutrientes, la capacidad de adaptar la dosis y la composición de los fertilizantes a las necesidades específicas de las plantas en diferentes etapas de crecimiento permite una respuesta rápida a los cambios en el suelo y el clima. Esto no solo mejora el rendimiento y la calidad de los cultivos, sino que también reduce el riesgo de contaminación del agua y el suelo por exceso de

fertilizantes, lo que promueve prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Infoagro 2021).

La fertiirrigación también puede ayudar a conservar los recursos hídricos al reducir el desperdicio de agua y mejorar la eficiencia del riego, esto no solo mejora la salud y la productividad de los cultivos, sino que también reduce la contaminación de los acuíferos y fomenta una gestión más sostenible de los recursos hídricos en las áreas donde se cultiva la palma aceitera, este tipo de fertilización ofrece una solución eficiente y sostenible para mejorar el uso del agua y los nutrientes en el cultivo de palma aceitera, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente (Kafkati 2019).

2.2. Marco metodológico

Para el presente documento se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación.

Se identificaron temas relevantes al efecto de la fertiirrigación en la nutrición del cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis*. Jacq). Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.3. Resultados

El Nitrato de amonio, Nitrato de potasio, Fosfato Monoamónico, Sulfato de potasio son los principales fertilizantes solubles utilizados en la fertiirrigación para el cultivo de palma aceitera. Estos fertilizantes proporcionan micronutrientes y macronutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) para que las palmas crezcan lo mejor posible; el fosfato monopotásico proporciona fósforo y potasio fácilmente asimilable por las plantas, lo que promueve un desarrollo radicular robusto y una mayor producción de frutos.

La fertiirrigación mejora el rendimiento de la palma aceitera a un 10 y hasta un 20% más que la fertilización convencional debido, garantiza una distribución uniforme y precisa de los nutrientes directamente en la zona radicular. En comparación con los métodos de fertilización convencionales, la fertiirrigación aumenta significativamente la producción de racimos de fruta fresca. Con esta técnica, se pueden ajustar las dosis de fertilizantes de acuerdo con las necesidades específicas de las plantas en diferentes etapas de crecimiento, lo que permite optimizar el uso de recursos y maximizar la productividad.

En el cultivo de palma aceitera, la fertiirrigación mejora significativamente el uso del agua y los nutrientes, la aplicación de fertilizantes junto con el riego reduce la cantidad de agua desperdiciada y mejora la absorción de nutrientes por las raíces. Esto mejora la sostenibilidad del cultivo al reducir el impacto ambiental y los costos operativos; además, mejora el crecimiento de las plantas, reduce la lixiviación de nutrientes y mejora la eficiencia general del sistema agrícola al permitir una gestión precisa del riego y la nutrición.

2.4 Discusión de resultados

El nitrato de potasio, el fosfato monoamónico y el sulfato de magnesio son los principales fertilizantes solubles utilizados en la fertirrigación del cultivo de palma aceitera, el nitrato de potasio es esencial para el desarrollo del fruto, mientras que el fosfato monoamónico fomenta el crecimiento radicular, de acuerdo con lo mencionado por FERTILAB (2020), resaltan que el fosfato monoamónico es esencial para el establecimiento temprano de las plantas, y que el nitrato de potasio aumenta la producción de aceite en un 15%; ambos fertilizantes son esenciales para maximizar el rendimiento y la salud de las palmas.

El rendimiento de la palma aceitera se ve significativamente afectado por la fertirrigación, al agregar nutrientes al agua de riego puede aumentar la producción de frutos en un 20%. de acuerdo con lo dicho por Infoagro (2021), donde demostrado que la fertirrigación aumenta la eficacia del uso de fertilizantes y disminuye el desperdicio de nutrientes en un 30%, además elogian su capacidad para maximizar el crecimiento y la salud de las plantas, mientras que otros señalan que una gestión inadecuada puede causar problemas de salinidad en el suelo.

El uso de agua y nutrientes para fertirrigar los cultivos es muy eficaz, al proporcionar nutrientes directamente a las raíces, puede reducir el consumo de agua en un 25%, de acuerdo con lo dicho por Martínez (2020), que este método aumenta la absorción de nutrientes en un treinta por ciento, lo que mejora el crecimiento y la productividad de los cultivos. Sin embargo, una gestión inadecuada puede causar la acumulación de sales en el suelo, mientras que otros destacan que una planificación adecuada maximiza los beneficios ambientales y económicos.

3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

La fertiirrigación del cultivo de palma aceitera requiere fertilizantes solubles como nitrato de amonio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico y sulfato de potasio, estos brindan micronutrientes y macronutrientes importantes, como nitrógeno, fósforo y potasio, que son esenciales para el crecimiento óptimo de las palmas; en particular, el fosfato monopotásico promueve un desarrollo radicular fuerte y una mayor producción de frutos al proporcionar fósforo y potasio que se asimilan fácilmente, lo que garantiza la salud y la productividad de las palmas aceiteras.

La fertiirrigación mejora el rendimiento de la palma aceitera al asegurar una distribución uniforme y precisa de los nutrientes en la zona radicular, al aumentar significativamente la producción de racimos de fruta fresca, esta técnica supera a los métodos de fertilización convencionales; además, permite ajustar las dosis de fertilizantes de acuerdo con las necesidades específicas de las plantas en cada etapa de crecimiento, lo que maximiza el uso de recursos y la productividad, se ha demostrado que la fertiirrigación es una técnica efectiva y efectiva para mejorar la salud y el rendimiento de las palmas aceiteras.

El cultivo de palma aceitera maximiza el uso del agua y los nutrientes, lo que significa menos desperdicio de agua y una mejor absorción de nutrientes por las raíces, este método sostenible promueve el crecimiento de las plantas y reduce la lixiviación de nutrientes, además de reducir los efectos ambientales y los costos operativos; la fertiirrigación mejora la eficiencia del sistema agrícola en general al permitir una gestión precisa del riego y la nutrición, contribuyendo a una producción de palma aceitera más sostenible y rentable.

3.2. Recomendaciones

Utilizar fertilizantes solubles como nitrato de amonio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico y sulfato de potasio para garantizar un suministro adecuado de micronutrientes y macronutrientes esenciales.

Agregar fosfato monopotásico para mejorar el desarrollo radicular y aumentar la producción de frutos, asegurando la salud y la productividad óptimas de las palmas aceiteras.

Ajustar las dosis de fertilizantes según las necesidades específicas de las plantas en cada etapa de crecimiento para maximizar el uso de recursos y la productividad, garantizando así el mejor rendimiento y salud de las palmas aceiteras.

Monitorear la distribución equitativa y precisa de nutrientes en la zona radicular, donde se utilice la fertiirrigación.

4.REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

- Agrar. 7 de abril del 2021. ¿Qué Es La Fertirrigación? Ventajas e Inconvenientes (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://agrarfertilizantes.es/que-es-la-fertirrigacion-ventajas-e-inconvenientes/>
- Agripac. Nitrato de Amonio (en línea). Consultado el 16 de jul. 2024. disponible en <https://agripac.com.ec/productos/nitrato-de-amonio/>
- Agroproductos. 5 de mayo del 2020. Compatibilidad de los fertilizantes en el fertirriego (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://agroproductores.com/compatibilidad-de-fertilizantes/>
- Agroptima. 2019. Análisis de suelos agrícolas: guía práctica (En línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en [https://www.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas/#:~:text=Los%20an%C3%A1lisis%20del%20suelo%20agr%C3%A](https://www.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas/#:~:text=Los%20an%C3%A1lisis%20del%20suelo%20agr%C3%A4Dcola,cada%20an%C3%A1lisis%20tiene%20un%20coste.)
- ASOBANCA. 22 de julio. 2022. Guía de cultivo de palma (en línea, blog). Consultado 8jun. 2024. Disponible en <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/2.-Guia-Cultivo-de-palma.pdf>
- Clavache, M. 2020. Fertirriego de la palma aceitera (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-Ulloa/publication/309400902_FERTIRRIEGO_EN_PALMA_ACEITERA/links/59a34255458515fd1ff59963/FERTIRRIEGO-EN-PALMA-ACEITERA.pdf
- Delgado, T. 2023. El abecé para el manejo del fertirriego en la palma de aceite (en línea). Revista EL Palmicultor 6(9):345-666. Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://elpalmicultor.fedepalma.org/manejo-fertirriego-palma-de-aceite/>
- EOS data Analytits. 10 de octubre del 2022. Cultivo De Palma De Aceite: Gestión Y Consejos (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-palma-de-aceite/#:~:text=Necesidades%20De%20Agua%20Y%20Riego%20En%20El%20Cultivo%20De%20Palma%20De%20Aceite&text=Por%20esta%20raz%C3%B3n%2C%20este%20cultivo,plantas%20maduras%20necesitan%20a%C3%BAAn%20m%C3%A1s.>

- FedePalma. 6 de oct 2023. Producción de aceite de palma consolida crecimiento por encima de años anteriores (en línea, blogs). Consultado el 12 de may. 2024. Disponible en <https://fedepalma.org/noticias/produccion-de-aceite-de-palma-consolida-crecimiento-por-encima-de-anos-antteriores/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20aceite%20de,mismos%20meses%20de%202021%2F22>.
- FedePalma. 6 de oct 2023. Producción de aceite de palma consolida crecimiento por encima de años anteriores (en línea, blogs). Consultado el 12 de may. 2024. Disponible en <https://fedepalma.org/noticias/produccion-de-aceite-de-palma-consolida-crecimiento-por-encima-de-anos-antteriores/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20aceite%20de,mismos%20meses%20de%202021%2F22>.
- Fertiberia. 13 de octubre. 2019. El cultivo de la palma de aceite y sus características (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.fertiberia.com/el-cultivo-de-la-palma-de-aceite-y-sus-caracteristicas/>
- FERTILAB. 12 de diciembre. 2024. La Solubilidad y Pureza de los Fertilizantes para Fertiirrigación (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_notas/La_Solubilidad_y_Pureza_de_los_Fertilizantes_para_Fertirrigacion.pdf
- González, P. 2019. Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes (en línea). Revista Asesoría Técnica Parlamentaria 56(7):098-346. Consultado el 18 may. 2024. Disponible en https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Haro, F. 2020. Planta de Emergencia: tipos y características de estos generadores. de (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. disponible en <https://blog.generaclatam.com/planta-de-emergencia>
- Infoagro. 14 de febrero del 2021. Recomendaciones para la preparación de soluciones de fertilizantes a utilizar en fertirriego (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/fertirrigacion.pdf>

- INIAP. Manual del Cultivo de la Palma Aceitera. Instituto Geográfico Militar [IGM]. 2020. Instituto Geográfico Militar. (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- IPNI. 2020. Información Agronómica (en línea). Revista PLANT NUTRION 4(65):87-90. Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/507F36F2304F376E852579A0006BF2F6/\\$FILE/Manejo%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Palma%20Aceitera.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/507F36F2304F376E852579A0006BF2F6/$FILE/Manejo%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Palma%20Aceitera.pdf)
- IPPC. 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
- Jaimes, J; Tinoco, E; Bravo, I; Caicedo J; Campaña, J; Pérez, N. 2023. Análisis de datos en el cuidado de *Elaeis guineensis* (palma africana) en Colombia, Ecuador y Perú (en línea). Revista Ciencias Agrarias 16(1):35-42. Consultado el 12 de may. 2024. Disponible en <file:///C:/Users/yordya%20baja%C3%B1a/Downloads/Dialnet-AnalisisDeDatosEnElCuidadoDeElaeisGuineensisPalmaA-9052883.pdf>
- Kafkati, J. 2019. Fertiirrigación una herramienta para la eficiencia fertilización y un manejo de agua (en línea). Revista Yara International ASA 5(78):0999-0992. Consultado el 8 de jun. 2024. Disponible en https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2023/01/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- LABISER. 2020. Análisis de hoja o diagnóstico foliar (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://labiser.es/analisis-foliar/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20foliar%20es%20una,y%20as%C3%AD%20enmendar%20cualquier%20carencia>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). 2023. Modelo de costos para el cultivo de palma aceitera (en línea, blog). Consultado el 18 may. 2024. Disponible en http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Documents/PALMA_Brunca-PacificoCentral_2023.pdf

- MAGAP (Ministerio agricultura ganadería y pesca de Costa Rica). 2022. Diagnóstico de fertilidad (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Martínez, C. 2020. Fertilizantes para Fertiirrigación conceptos y propiedades (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar13.pdf>
- Monge, M. 2017. Interpretación de un análisis de agua para riego (en línea). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- Portal Hortícola. 4 de abril del 2020. Compatibilidad física de los fertilizantes usados en fertirriego (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/11/02/compatibilidad-fisica-de-los-fertilizantes-usados-en-fertirriego/>
- RawData. 12 de mar 2024. Agricultura de Plantación y Fertiirrigación: Maximizando la Productividad y Sostenibilidad del Cultivo (en línea, sitio web). Consultado el 12 de may. 2024. Disponible en <https://agrawdata.com/blog/agricultura-de-plantacion-y-la-fertirrigacion/>
- RawData. 12 de marzo del 2024. Agricultura de Plantación y Fertiirrigación: Maximizando la Productividad y Sostenibilidad del Cultivo (en línea, blog). Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://agrawdata.com/blog/agricultura-de-plantacion-y-la-fertirrigacion/#:~:text=La%20fertirrigaci%C3%B3n%20ofrece%20beneficios%20como,mano%20de%20obra%20y%20energ%C3%ADa.>
- Romero, H; Carolina, D; Hormaza, P. 2019. Estudios fenológicos de crecimiento de palma de aceites africana. Revista PALMAS 33(1):2012-2013. Consultado el 8 jun. 2024.

4.2. Anexos



Anexo 1. Bombas mecánicas para la distribución de las soluciones solubles.

Fuente: El Palmicultor (2024).



Anexo 1. Nitrato de Amonio presentación comercial

Fuente: Agripac (s.f.).