UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EFECTO DE FUENTES Y DOSIS DE ENMIENDAS FERTILIZANTES AL ESTABLECIMIENTO DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN EL CASERÍO BUENOS AIRES DISTRITO DE CAMPO VERDE

Tesis para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

CALEB ASQUI JIMENEZ

Pucallpa – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **CALEB ASQUI JIMENEZ,** DENOMINADA: **"EFECTO DE FUENTES Y DOSIS DE ENMIENDAS FERTILIZANTES AL ESTABLECIMIENTO DE LA PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq) EN EL CASERIO BUENOS AIRES DISTRITO DE CAMPO VERDE"**, para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: ..aprobado...por...mayoría... con el calificativo (*) ..quince (15)..

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 24 de Julio de 2025.

M.Sc. Jorge Raúl García Cavalie
Presidente

M. Sc. José Antonio López Ucariegue
Primer Miembro

M. Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán
Segundo Miembro

M.Sc. Luis Alberto Díaz Sandoval
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

M.Sc. Jorge Raúl García Cavalie .....
PRESIDENTE

M. Sc. José Antonio López Ucariegue .....
PRIMER MIEMBRO

M. Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán .....
SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. Luis Alberto Díaz Sandoval .....
ASESOR

Bach. Caleb Asqui Jiménez .....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/326-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DE FUENTES Y DOSIS DE ENMIENDAS FERTILIZANTES AL ESTABLECIMIENTO DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis Jacq*) EN EL CASERÍO BUENOS AIRES DISTRITO DE CAMPO VERDE"

Autor(es)	:	ASQUI JIMENEZ, CALEB
Facultad	:	CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela	:	AGRONOMÍA
Asesor(a)	:	Mg. DIAZ SANDOVAL, LUIS ALBERTO

Presenta un **porcentaje de similitud de 2%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 25/06/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Caleb Asqui Jimenez

Autor de la tesis titulada: "Efecto de fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera (elaeis guineensis jacq.)en el caserio buenos aires distrito de campo verde"

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Luis Alberto Diaz Sandoval

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomia

Autorizo la publicación:

PARCIAL ☐ TOTAL ☒

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 24 / 07 / 2025

Email: asquijimenezcaleb27@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 935227656 DNI: 47700004

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA.

A Dios, mi luz y mi sostén, quien con su infinita bondad me ha dado la fuerza y la claridad para recorrer este largo camino académico, guiándome en los momentos de duda y dándome esperanza cuando más la necesitaba.

A mis queridos padres, María y Adolfo, pilares fundamentales de mi vida, cuyo amor inquebrantable, sacrificios y palabras de aliento han sido el motor que me ha impulsado a superar cada obstáculo y a perseguir mis sueños con determinación.

A ti, mi amada pareja, Sarai, mi compañera inseparable, que con tu paciencia, comprensión y apoyo constante has hecho que este proceso sea más llevadero, llenando mis días de alegría y motivación para llegar hasta el final.

A mis hermanos, mi refugio y mi alegría, quienes, con su cariño, sus risas y su presencia han sido un recordatorio constante de la importancia de la familia, inspirándome a dar lo mejor de mí en cada paso de esta aventura.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por acogerme en su claustro por el lapso de tiempo que fui estudiando mi carrera profesional.

A los profesores de nuestra Facultad de Ciencias Agropecuarias, por su valioso aporte en el área del conocimiento de cada curso que me enseñaron con vocación y transparencia.

A mi asesor de tesis, quien me supo orientar con sus consejos, los que sirvieron para perfeccionar mi trabajo de tesis.

A mis compañeros de estudios, por tantas historias que vivimos durante nuestra vida estudiantil.

INDICE GENERAL

RESUMEN x
ABSTRACT xi
INDICE DE TABLAS xii
INDICE DE FIGURAS xiii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Descripción y fundamentación del problema. 1
1.2. Formulación del problema. 4
1.2.1 Problema general 4
1.2.2. Problemas específicos 4
1.3. Objetivo general y objetivos específicos. 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis. 5
1.4.1. Hipótesis general. 5
1.4.2. Hipótesis específicas. 5
1.5. Operacionalización de variables 5
1.6. Justificación e importancia 6
CAPITULO II. MARCO TEORICO 4
2.1. Antecedentes. 4
2.1.1. A nivel global 9
2.1.2. A nivel nacional. 9
2.1.3. A nivel regional y local. 11
2.2. Bases teóricas 12
2.3. Las enmiendas fertilizantes 14
2.4. Bases conceptuales. 14
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 10
3.1. Método de investigación. 10
3.2. Tipo y nivel de investigación. 10
3.2.1. Población y muestra. 10
3.3. Componentes en estudio. 10

3.4. Tratamientos en estudio.....17
3.4.1. Variables independientes.....17
3.4.2. Variables dependientes. 18
3.5. Diseño experimental. 18
3.6. Ejecución del experimento. 20
3.6.1. Ubicación y duración del estudio. 20
3.6.2. Condiciones ambientales. 21
3.6.3. Proceso experimental. 21
3.6.4. Variables evaluadas.....23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....17
4.1. pH del suelo 17
4.2. P disponible en el suelo 17
4.3. Al cambiable en el suelo 27
4.4. Porcentaje de acidez cambiable 27
4.5. Capacidad de intercambio catiónico 28
4.6. Altura de planta.....28
4.7. Diámetro de estipe.....31
4.8. Número de hojas por planta.....34
4.9. Longitud de hoja 36
4.10. Ancho de hoja.....38
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 41
CAPITULO VI. CONCLUSIONES 44
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES 45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
ANEXOS 49
ICONOGRAFIA 52

RESUMEN

La investigación fue llevada a cabo en una parcela de palma aceitera ubicada en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde, para determinar el efecto de la aplicación de dos enmiendas fertilizantes y dos dosis por fuente al establecimiento del cultivo. Los tratamientos fueron CPM3 y CPM4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg por planta, aplicados al momento de la siembra en campo definitivo y evaluados por su comportamiento en las propiedades químicas del suelo y el crecimiento hasta los 180 días después de la siembra. Se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones y 8 plantas por unidad experimental. Los resultados evidenciaron que, la aplicación de la enmienda CPM-3 a la dosis de 1 kg por planta, logró registrar los mejores valores de las propiedades químicas del suelo a los 180 días después del trasplante, como pH (4.5), materia orgánica (2.5 %) y las bases cambiables K, Ca y Mg, con 0.3, 9.5 y 1.4 cmol/kg de suelo, cada uno, así como la CIC (12.1 cmol/kg) y la mayor reducción del porcentaje de Al cambiable, con 6.4 % y por otro lado, la aplicación de la enmienda CPM-4 con ambas dosis, pudo registrar los mayores valores a los 180 días después del trasplante, en el crecimiento inicial de la palma aceitera, con 163.5 cm de altura de planta, 13.4 cm de diámetro de estipe, 18.3 hojas por planta y 180 cm de longitud de hoja.

Palabras clave: suelo acido, palma aceitera, enmiendas, dosis, efecto, propiedades químicas, crecimiento inicial

ABSTRACT

The research was carried out in an oil palm plot located in the Buenos Aires hamlet, Campo Verde district, to determine the effect of applying two fertilizer amendments and two doses per source to the establishment of the crop. The treatments were CPM3 and CPM4 at doses of 0.5 and 1.0 kg per plant, applied at the time of sowing in the final field and evaluated by their behavior on the chemical properties of the soil and growth up to 180 days after sowing. A randomized complete block design was used with three repetitions and 8 plants per experimental unit. The results showed that the application of the CPM-3 amendment at a dose of 1 kg per plant managed to register the best values of the chemical properties of the soil at 180 days after transplanting, such as pH (4.5), organic matter (2.5%) and the exchangeable bases K, Ca and Mg, with 0.3, 9.5 and 1.4 cmol/kg of soil, each, as well as the CEC (12.1 cmol/kg) and the highest reduction in the percentage of exchangeable Al, with 6.4% and on the other hand, the application of the CPM-4 amendment with both doses, was able to register the highest values at 180 days after transplanting, in the initial growth of the oil palm, with 163.5 cm of plant height, 13.4 cm of stipe diameter, 18.3 leaves per plant and 180 cm of leaf length.

Keywords: acid soil, oil palm, amendments, dose, effect, chemical properties, initial growth

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos en estudio por contenido y dosis de aplicación 17

Tabla 2. Análisis de varianza……...19

Tabla 3. Valores de pH, P, Materia orgánica y Saturación de Al por tratamiento.17

Tabla 4. Valores de Ca, Mg, K, Al y CIC por tratamiento 27

Tabla 5. ANVA de Altura de planta antes de la aplicación 29

Tabla 6. Altura de planta por tratamiento y por evaluación 29

Tabla 7. ANVA de Altura de planta a los 90 días después de la aplicación. 30

Tabla 8. ANVA de Altura de planta a los 180 días después de la aplicación 31

Tabla 9. ANVA de Diámetro de estipe antes de la aplicación. 32

Tabla 10.ANVA de Diámetro de estipe a los 90 días después de la aplicación. ...32

Tabla 11. ANVA de Diámetro de estipe a los 180 días después de la aplicación.33

Tabla 12. ANVA de Número de hojas por planta antes de la aplicación.....34

Tabla 13. ANVA de Número de hojas por planta a 90 días posteriores.....35

Tabla 14. ANVA de Número de hojas por planta a 180 días posteriores.....36

Tabla 15. ANVA de Longitud de hoja antes de la aplicación 36

Tabla 16. ANVA de Longitud de hoja a los 90 días después de la aplicación. 37

Tabla 17. ANVA de Longitud de hoja a los 180 días después de la aplicación. ...38

Tabla 18. ANVA de Ancho de hoja antes de la aplicación. 39

Tabla 19. ANVA de Ancho de hoja a los 90 días después de la aplicación.....40

Tabla 20. ANVA de Ancho de hoja a los 180 días después de la aplicación.....40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de la parcela de investigación.....20

Figura 2. Altura de planta por tratamiento y por evaluación.....30

Figura 3. Diámetro de estipe por tratamiento y por evaluación.....33

Figura 4. Numero de hojas por planta por tratamiento y por evaluación.....35

Figura 5. Longitud de hoja por tratamiento y por evaluación 37

Figura 6. Ancho de hoja por tratamiento y por evaluación……..39

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la palma aceitera es una de las mejores opciones para los suelos tropicales, debido a su efecto favorable sobre el medio ambiente y su alto potencial de rendimiento. Sin embargo, estas cualidades exigen una alta extracción de nutrientes, los cuales deben restituirse al suelo para no empobrecerlo y para sustentar nuevos ciclos de producción Por otro lado, el nivel de fertilidad de muchos suelos cultivados con palma de aceite es insuficiente para el desarrollo adecuado del cultivo por lo cual es necesario su mejoramiento mediante la fertilización (Munévar, 1998).

Munévar (2004) sostiene que, el creciente interés por nuevas siembras de palma de aceite en países con un excelente potencial de crecimiento, impulsa la aplicación de criterios aplicar criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para identificar adecuadamente los suelos que se van a incorporar al cultivo, de forma que reúnan las condiciones que permitan la sostenibilidad y competitividad de las nuevas plantaciones de palma de aceite.

Los procedimientos para identificar la aptitud del suelo tiene un riguroso esquema de aplicación global, basados en una confrontación entre la oferta ambiental del suelo y los requerimientos técnicos preestablecidos para el adecuado desarrollo del cultivo de palma aceitera

Las propiedades físicas y químicas del suelo que tienen mayor efecto en la calificación de áreas aptas son, en orden descendente, la topografía, recurso hídrico, textura, estructura y profundidad efectiva, así como la capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes.

En este sentido, Munévar (2004) menciona que, algunas características químicas del suelo se pueden mejorar aplicando enmiendas y fertilizantes, pero el costo de dicha labor puede llegar a tener un alto precio, por lo que, algunas condiciones físicas del suelo, como la textura, es casi imposible de modificar.

Entendiéndose que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo tiene una marcada influencia en la productividad del cultivo de palma aceitera, debe tenerse en cuenta algunas técnicas de adecuación de suelos para la siembra, drenaje, conservación de suelos, mecanización y tipo y cantidad de fertilizantes que juegan un papel importante en la obtención de un rendimiento óptimo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

En la selva peruana hay aproximadamente 85 mil ha sembradas de palma aceitera con un 30% en proceso de crecimiento, las que en el corto plazo se incrementarán a 113 mil ha en los departamentos de Loreto, Ucayali y San Martín. En nuestra región existen 40 mil ha instaladas, con un 70% en plena producción y un 30% en proceso de desarrollo (AIDESEP, 2019).

En los últimos años, la superficie sembrada ha registrado un importante desarrollo, con una creciente demanda de la producción de aceite de los distritos de Neshuya y Aguaytía, los cuales presentan condiciones favorables para este cultivo, contándose actualmente con 10 plantas extractoras de aceite con una capacidad de procesamiento total de 87 TM/RFF/hora (Gonzales, 2018).

Sin embargo, este incremento de superficie se ha dirigido a zonas cuyos suelos presentan baja fertilidad y con serios problemas de drenaje. Por ello, sostiene Raygada (2009), que la palma no puede crecer en algunos tipos de suelos con problemas de acidez y de mal drenaje, debido a que la falta de oxígeno genera problemas de infiltración, estructura y porosidad, las cuales están relacionadas con el movimiento del agua en el suelo.

Según Malagón y Montenegro (1990) citados por Bernal (2021) los atributos físicos y químicos del suelo, como son en gran medida los responsables del buen desarrollo de la palma aceitera, especialmente los referidos al pH, contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.

Los suelos ácidos que se encuentran en las zonas tropicales como la nuestra, se caracterizan por su elevada precipitación pluvial, por el lavado agresivo de partículas que experimentan, y como consecuencia producen una elevada toxicidad de Al e H, produciendo deficiencias de nutrientes como el P, K, Ca y Mg, por lo que

es recomendable realizar las enmiendas del pH, en base a los resultados del análisis del suelo.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general

¿Será posible determinar el efecto de fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos aires distrito de Campo Verde?

- **1.2.2. Problemas específicos**

¿Será posible evaluar el efecto de la aplicación de dos fuentes y dos dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde?

¿Será posible identificar la mejor fuente y dosis por fuente de una enmienda fertilizante al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general

Conocer el efecto de dos fuentes y dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

- **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la aplicación de dos fuentes y dos dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

Identificar la mejor fuente y dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general

Si aplico diferentes fuentes y dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera, entonces podré mejorar su crecimiento en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

- **1.4.2. Hipótesis específicas**

Si aplico dos fuentes y dos dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera, entonces podré mejorar su crecimiento en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

Si aplico dos fuentes y dos dosis por fuente de enmiendas fertilizantes al establecimiento de la palma aceitera, al menos una de ellas podrá mejorar su crecimiento en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

1.5. Operacionalización de variables

Las diferentes fuentes y dosis por fuente de enmiendas fertilizantes se aplicaron previo al trasplante a campo definitivo, colocando el producto en el fondo del hoyo de siembra, para luego introducir la planta de palma aceitera y cubrir con tierra en forma adecuada, tratando de no dañar el sistema radicular de la planta.

Una vez efectuada esta operación, se identificaron las plantas por cada tratamiento y por cada repetición, especialmente las plantas netas que se tomaron en cuenta para medir las variables de crecimiento de la palma aceitera a su establecimiento.

Para evaluar las variables relacionadas al suelo, se extrajo de la parte central de las dos plantas netas de cada unidad experimental, una muestra de suelo de 500 g de peso de los primeros 30 cm de profundidad. Esta muestra fue secada tamizada y etiquetada para su posterior envío al Laboratorio de Suelos del INIA Pucallpa, para su análisis correspondiente de cada una de las variables dependientes en el suelo. De igual modo, al finalizar el ensayo, se extrajo cuatro muestras de suelo, una por cada tratamiento de 500 g de peso de los primeros 30 cm de profundidad. Estas muestras fueron secadas, tamizadas y etiquetadas para su posterior envío al Laboratorio de Suelos del INIA Pucallpa, para su análisis correspondiente de cada una de las variables dependientes en el suelo.

En el caso de las variables relacionadas a las propiedades químicas del suelo experimental se establecieron comparaciones en función a los resultados de los análisis tanto al inicio (antes de la aplicación de las enmiendas) como al finalizar el ensayo (a los 180 días después de la aplicación de las enmiendas).

1.6. Justificación e importancia

Vásquez (2001), señala que la palma aceitera se constituye como uno de los mejores cultivos industriales usados para la extracción de aceite, el cual es usado tanto en la alimentación humana como en la fabricación de grasas vegetales (manteca y aceite) y margarinas.

Paz (1999), menciona su uso en la jabonería y en el laminado de chapas delgadas en siderurgia y sostiene que, con este cultivo se logra los rendimientos más altos de aceite por área de superficie; pudiendo llegar a rendir hasta 8 t de aceite por ha bajo condiciones son favorables.

Esto contrasta con la producción promedio de aceite de soya, algodón, girasol y maní, además se puede agregar la eficiencia en el uso del suelo, ya que es 10 a 20 veces mayor cuando se usa la palma aceitera frente a los cultivos oleaginosos mencionados

El cultivo de la palma aceitera es una de las mejores opciones para los suelos tropicales, debido a su efecto favorable sobre el medio ambiente y su alto potencial de rendimiento. Sin embargo, estas cualidades exigen una alta extracción de nutrientes, los cuales deben restituirse al suelo para no empobrecerlo y para sustentar nuevos ciclos de producción Por otro lado, el nivel de fertilidad de muchos suelos cultivados con palma de aceite es insuficiente para el desarrollo adecuado del cultivo por lo cual es necesario su mejoramiento mediante la fertilización (Munévar, 1998).

Munévar (2004) sostiene que el creciente interés por nuevas siembras de palma de aceite en países como el nuestro, hace necesario aplicar criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para seleccionar de una manera adecuada las tierras que se van a incorporar al cultivo, de tal manera que se reúnan condiciones que permitan la sostenibilidad y competitividad de las nuevas plantaciones de palma de aceite.

Al respecto, el autor también señala que las características químicas del suelo se pueden mejorar mediante enmiendas y fertilizantes o el déficit de agua se puede corregir mediante el riego, pero el costo de dichas prácticas puede llegar a tener un alto impacto. Por otra parte, otros factores climáticos (la temperatura, por ejemplo), así como algunas condiciones físicas del suelo (su textura, por ejemplo) son casi imposibles de modificar dentro de límites físicos y económicos razonables.

Los procedimientos técnicos para calificar la aptitud de las tierras siguen esquemas de amplia aceptación y aplicación global y por lo general se basan en una confrontación entre la oferta ambiental de las tierras y los requerimientos preestablecidos para el buen desarrollo del cultivo en cuestión.

En otros países, principalmente del Asia, se han propuesto los requerimientos agroecológicos más relevantes para el cultivo de la palma de aceite y con base en ellos se califica la aptitud de las tierras.

Las características de suelo de mayor influencia son topografía y pendiente, disponibilidad de agua, propiedades físicas (textura, estructura, porosidad y profundidad efectiva) y propiedades químicas (capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, materia orgánica, salinidad y disponibilidad de nutrientes).

Dado que todas las características del suelo (físicas, químicas y biológicas) pueden tener influencia en la productividad de los cultivos, las mismas deben tenerse en cuenta en la calificación de la aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite. Aunque se han obtenido altos rendimientos de palma de aceite en una gama amplia de suelos, se conoce a la vez que las características edáficas tienen una marcada influencia en la selección de técnicas de adecuación de tierras para la siembra, drenaje, conservación de suelos, mecanización y tipo y cantidad de fertilizantes requeridos para lograr un rendimiento adecuado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Veliz *et al*., (2023), evaluó en la provincia de Quevedo (Ecuador), la eficacia de aplicar tres tipos de enmiendas (dos floables y una sólida) para corregir el pH de un suelo cultivado con palma aceitera bajo un diseño DCA con arreglo en parcelas divididas. Los resultados demostraron que, para mejorar el pH del suelo, el mejor tratamiento a menor costo fue con la enmienda floable 2 (T2). El tratamiento enmienda sólida (T3) presentó el promedio más alto en N en el suelo con 29,50 ppm a los 60 días de la aplicación. Respecto al P disponible, el T2 presentó el valor más alto con 34 ppm a los 120 días de su aplicación, en tanto para K, el T3 mostró el promedio más alto con 0,74 ppm.

Por su parte, Calva y Pinedo (2021), evaluaron en San José (Costa Rica), el efecto de la aplicación de enmiendas sobre el crecimiento de plántulas de cacao en invernadero, tomando en cuenta la movilización del Cd suelo hacia las plántulas. Para ello, se contaminó el suelo a un nivel de 50 mg Cd/kg y aplicaciones de enmiendas en diferentes tratamientos con carbón vegetal y de carbonato de calcio. Los resultados demostraran que el encalado redujo la movilidad del metal pesado hacia las plántulas, promoviendo junto con el carbón vegetal, los mejores resultados respecto a ausencia de Cd en el suelo de 35 mg Cd/kg.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Contreras (2021), evaluó en Satipo (Junín), el efecto de la aplicación de fuentes y dosis de enmiendas cálcicas en las propiedades físicas de suelos ácidos Para ello, se colectó suelos de tipo ligeramente ácido, ácido y muy ácido, a los que

se aplicaron 0, 500, 1000 y 2000 kg de dolomita por ha, y fueron incubados por espacio de tres meses y después se realizaron los análisis, físicos, químicos y bilógicos. Los resultados indican que, aplicando magnocal, se incrementó la cantidad de materia orgánica, P, K, CIC y la acidez cambiable. Los niveles de encalantes no tuvieron influencia en las propiedades físicas de los suelos.

Por otro lado, Hualcas (2020), determinó en un ensayo llevado a cabo en Tingo María, el efecto de los materiales dolomita (0 y 2 t por ha), roca fosfórica (150 y 300 kg de P_2O_5), y 6 y 9 % de materia orgánica en las propiedades físicas, químicas del suelo y la diversidad de artrópodos. Los resultados evidenciaron que, incorporando dolomita, roca fosfórica y materia orgánica no surtieron efecto significativo en las propiedades físicas del suelo; en cambio fue diferente en las propiedades químicas del suelo, en donde hubo incremento del pH, CIC, K, P, Ca y Mg; sin embargo, en la diversidad de artrópodos no existió diferencias significativas estadísticamente comparado con el testigo. Dentro de las tres fuentes, el que tuvo mayor altura fue el T2 (0 t de dolomita. +150 kg/ha de P_2O_5 + 9% M.O t/ha) con 88.11 cm de altura, seguido del T8 (2 t de dolomita +300 kg/ha de P_2O_5 + 9% M.O t/ha) con 78.78 cm.

En cambio, Vásquez (2021), evaluó el efecto de las enmiendas cálcicas, fertilizantes inorgánicos y orgánicos en el crecimiento del cultivo de teca en la estación experimental San Jacinto en Tarapoto (San Martin), bajo un diseño en Parcelas Divididas (DPD) con arreglo factorial de 2 (con y sin Dolomita) x 4 (inorgánico, orgánico, orgánico + inorgánico y testigo, con niveles de 50, 150 y 250 t ha^{-1}. Los resultados señalan que indican que hubo menor mortandad de plantas de teca y mayores promedios de variables biométricas en suelos encalados con aplicación de fertilizante orgánico: Diámetro (28.7 mm), área foliar (2777.1 cm^2), altura (113.6 cm), biomasa de hojas (176.5 g) de tallos (82.5 g) y de raíz (82.7 g), concluyéndose que no existió interacción estadística cuando se aplicó dolomita junto a los fertilizantes, pero si por parte de la dolomita sola.

2.1.3. Antecedentes locales

Rodríguez (2024), evaluó en el distrito de Irazola (Padre Abad), el efecto de tres dosis de biocarbon sobre las propiedades químicas del suelo y el crecimiento inicial del cultivo de cacao. Los tratamientos fueron 1, 2 y 3 kg de biocarbon de residuos de madera por planta y un testigo, bajo un diseño de BCA con 3 repeticiones. A los tres meses posteriores a la aplicación de las diferentes dosis de biocarbon, el pH del suelo fue incrementado de 4.89 a 6.55 con la aplicación de 3 kg de biocarbon por planta de cacao, mientras que, el contenido de materia orgánica y N total del suelo no mostraron incrementos. De igual modo, con esta dosis, los promedios de P y K en el suelo subieron de 4.89 a 10 ppm y de 68.3 a 116 ppm, respectivamente, mientras que, valores de Ca y Mg, así como de Al +H en el suelo no mostraron aumentos. Respecto a crecimiento de la planta de cacao, la aplicación de 1 y 2 kg de biocarbón, aumentó la altura de planta con 44.06 y 44.16 cm. También se logró 7.16 cm de diámetro de tallo, aplicando 2 kg de biocarbon por planta, y con 1 y 2 kg de biocarbon por planta, el número de hojas por planta de cacao fue numéricamente mayor con 12.50 y 12.17, cada uno.

Por su parte, Cabrera (2024), desarrolló un trabajo en un suelo degradado de Neshuya (Padre Abad), para evaluar el efecto de tres dosis de guano de isla y de compost en las propiedades químicas del suelo y en el crecimiento inicial del cacao CCN 51. Los tratamientos fueron 50, 100 y 150 g de guano de isla por planta y 100, 200 y 300 g de compost por planta, los cuales fueron aplicados al momento de la siembra, bajo un diseño BCA con 4 repeticiones. Después de 6 meses de evaluación, los resultados demostraron que, con la aplicación de 200, 300 y 100 g de compost, se incrementó e el contenido de P disponible, con promedios de 70.1, 41.5 y 38.1 ppm, sucesivamente. Igualmente, se incrementó la CIC, con la dosis de 100 g de compost por planta, con 6.15 meq/100 g suelo. Finalmente, la aplicación de 150 g de guano de isla y 300 g de compost por planta incrementaron los primeros 6 meses de crecimiento del cultivo de cacao en las variables altura de planta (83 y 75 cm), diámetro de tallo (16 y 15 mm), número de hojas por planta (26 y 25) y área foliar (423 y 409 mm^2)

A su vez, Rosas (2021), evaluó en Neshuya (Padre Abad), el efecto de tres dosis crecientes de dolomita y magnocal en las propiedades químicas del suelo y el crecimiento del cacao, bajo un diseño BCA con 4 repeticiones. Los resultados evidencian que, el pH fue incrementado a un nivel de 6.0, cuando se aplicó 20 g de dolomita y 40 g de magnocal por planta. De igual modo, el aumento del P disponible fue significativo con las dosis de 40 y 80 g de magnocal por planta, con 98,9 y 98,2 ppm, respectivamente. Por otro lado, la reducción de la saturación de Al fue importante al aplicarse 20 g de dolomita y 40 g de magnocal por planta, a 0,0 y 1,3%, sucesivamente. Igualmente, el mayor incremento de MO en el suelo, se logró con 80 g de magnocal por planta. Finalmente, los promedios más altos para el crecimiento del cacao se logró aplicando 80 g de magnocal por planta, con 68,2 cm de porte de planta, 1,67 cm de diámetro de tallo, 18 hojas por planta y 62,52 cm^2 de área foliar.

2.2. Bases teóricas

Munévar (2004) sostiene que, las plantaciones de palma aceitera se ubican en diferentes regiones con marcados contrastes en aspectos de clima y suelo.

Respecto al suelo, se asocian los procesos naturales de formación como los cambios inducidos por el manejo antes del establecimiento y durante el propio cultivo. En cuanto a las características químicas de los suelos, la alta variabilidad existente se expresa en la acidez (hay suelos desde muy fuertemente ácidos a ligeramente alcalinos), el contenido de materia orgánica, las concentraciones de sales y los tenores de formas disponibles de los elementos esenciales. En los aspectos físicos, los suelos contrastan en la textura, profundidad efectiva, densidad aparente, dureza, presencia de capas compactadas (superficiales y subsuperficiales), conductividad hidráulica y otras características hidrodinámicas.

Los problemas físicos más frecuentes en suelos son la alta compactación y la reducida conductividad hidráulica y entre los problemas químicos se encuentran los altos niveles de acidez intercambiable, la mínima capacidad de intercambio catiónico y los escasos niveles de disponibilidad de nutrientes como N, K, Mg, B.

Estos problemas en el suelo producen la necesidad de altas tasas de fertilización, las cuales al combinarse con los altos costos de los fertilizantes hacen que dicha práctica represente en muchos casos hasta el 30% de los costos totales de producción del cultivo.

Por su parte, Arévalo (2008), señala que la palma aceitera se adapta a una amplia diversidad de suelos, sin embargo, es recomendable cultivarla en suelos planos o ligeramente ondulados, por otro lado, la producción estará determinada por el manejo dado a la plantación y a las condiciones climáticas (agua, temperatura, luz), así como por las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo.

El grado de rusticidad de la palma aceitera permite la adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas como diversidad de suelos, dentro del trópico húmedo (Arévalo, 2008).

Dentro de las características físicas del suelo, las más importantes pueden ser consideradas la textura y el drenaje. Los suelos óptimos para la palma aceitera son los de textura franco arcillosa. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco arenosa, se presentan problemas de lavado y de lixiviación de nutrientes, además de no brindar un medio suficientemente consistente para el soporte de la planta. Los suelos pesados de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, tanto por la dificultad para drenarlos, como por la facilidad con que se compactan (Arévalo, 2008).

Con relación a las características químicas, los suelos deben ser ligeramente ácidos, pH entre 4.5 y 7.0 ricos en materia orgánica, y con buen contenido de elementos primarios (N, P y K), elementos secundarios (Ca y Mg); así como, micro elementos (B, Cl, Zn, u otros). Un problema en los suelos ácidos de nuestra selva, es el alto nivel de Al intercambiable, que disminuye el pH del suelo e incrementa las concentraciones de Fe y Mn, que pueden llegar niveles tóxicos para el sistema radicular de la planta (Arévalo, 2008).

2.3. Las enmiendas fertilizantes

El problema de degradación de los suelos involucra el desarrollo de nuevas tecnologías que conduzcan a una agricultura sostenible como lo es el cultivo de palma aceitera (Sáenz, s/f)

La remediación por métodos químicos incluye la incorporación de enmiendas fertilizantes que ayudan a reducir la dispersión y promover la floculación de los suelos, la cual es necesaria para la formación y estabilización de la estructura del suelo. Un manejo adecuado de enmiendas permitirá establecer un equilibrio nutricional del suelo, como estimulador de raíces y penetración de las mismas, aumentando la aireación del suelo. (Sáenz, s/f)

2.4. Bases conceptuales.

- **Suelo degradado**

La degradación del suelo puede ser causada por procesos naturales o antropogénicos, el uso de ciertos cultivos o la gestión del suelo

- **Palma aceitera**

Cultivo permanente, cuyo fruto es usado en la fabricación de aceite comestible o para uso industrial

- **Enmiendas**

Constituyen materiales orgánicos que reducen la acidez del suelo y mejoran sus propiedades físicas y químicas

- **Nivel**

Término que se usa para describir la horizontalidad de una determinada cosa.

- **Crecimiento inicial**

El crecimiento inicial de una planta comienza con la germinación de la semilla, un proceso complejo que depende de la semilla y el medio ambiente

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación.

Se usó el método científico y cuantitativo, porque de esa manera, nos ayuda a mejorar el estudio y a la vez, permite establecer contacto con la realidad a fin de que la conozcamos mejor

3.2. Tipo y nivel de investigación.

El ensayo tuvo un tipo de investigación experimental, de campo y observacional y el nivel fue aplicado, con el propósito de autenticar la hipótesis planteada mediante protocolos previamente establecidos

3.2.1. Población y muestra.

La población estuvo representada de 120 plantas de palma aceitera Deli x LaMé, recién trasplantadas a campo definitivo, mientras que la muestra corresponde a las 30 plantas de palma aceitera Deli x LaMé, recién trasplantadas y que devienen de 2 plantas por cada una de las 15 unidades experimentales.

3.3. Componentes en estudio.

Por ser una investigación aplicativa, experimental, de campo y observacional, los tratamientos probados se evaluaron en función de los resultados del análisis nutricional del suelo y el requerimiento del cultivo de palma aceitera recién instalada, en tanto que, las variables dependientes fueron asignadas según el efecto de los diferentes dosis de enmiendas fertilizantes sobre algunas propiedades químicas del suelo, como pH, P disponible, Al cambiable, Porcentaje de acidez cambiable y Capacidad de intercambio catiónico, así como las variables de crecimiento vegetativo de la planta, como altura de planta, numero de hojas por

planta, longitud y diámetro de hoja y diámetro de estipe, a los 90 y 180 días después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes.

3.4. Tratamientos en estudio.

3.4.1. Variables independientes

Las variables independientes fueron las fuentes y dosis de enmiendas fertilizante usadas en el ensayo, conforme se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos en estudio por contenido y dosis de aplicación

N°	Tratamientos	Dosis (kg planta^{-1})
1	Testigo	sin aplicación
2	ENMIFER CPM-3 (50 % de CaO + 24% de SO_4 + 16% de MgO +7% P_2O_5 + K2O + micronutrientes)	0.5
3	ENMIFER CPM-3 (50 % de CaO + 24% de SO_4 + 16% de MgO +7% P_2O_5 + K2O + micronutrientes)	1.0
4	ENMIFER CPM-4 (50% de CaO + 18% de SO_4 + 10% de MgO + 7% de P_2O_5 + K2O + micronutrientes)	0.5
5	ENMIFER CPM-4 (50% de CaO+18% de SO_4 + 10% de MgO + 7% de P_2O_5 + K2O + micronutrientes)	1.0

Según la Ficha técnica, ENMIFER CPM 3 es una enmienda fertilizante cuya riqueza nutricional es de 50 % de CaO, 24 % de SO_4, 10 % de MgO,7% P_2O_5, K_2O y micronutrientes

Por su parte, ENMIFER CPM 4 es una enmienda fertilizante cuya riqueza nutricional es de 50 % de CaO, 18 % de SO_4, 16 % de MgO, 7 % de P_2O_5, K_2O y micronutrientes.

3.4.2. Variables dependientes:

En el suelo

pH del suelo

P disponible en el suelo

Al cambiable en el suelo

Porcentaje de acidez cambiable

Capacidad de intercambio catiónico

En la planta:

Altura de planta

Diámetro de tallo

Longitud de hoja

Ancho de hoja

Número de hojas por planta

3.5. Diseño experimental.

Para la evaluación de las variables relacionadas a las propiedades químicas del suelo experimental se establecieron sendas comparaciones en función a los resultados de los análisis tanto al inicio (antes de la aplicación de las enmiendas) como al finalizar el ensayo (a los 180 días después de la aplicación de las enmiendas).

Sin embargo, para la evaluación de las variables dependientes sobre el crecimiento de la palma aceitera, se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Cuando hubo diferencias estadísticas en la fuente Tratamientos, se usó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95 % de confianza.

El análisis de variancia se muestra en la tabla 2. De la siguiente manera:

Tabla 2. Análisis de varianza

ANVA	
Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Repeticiones	3 – 1 = 2
Tratamientos	5 – 1 = 4
Error experimental	(3 - 1) (5 – 1) = 8
Total	(3 x 5) – 1 = 14

El modelo matemático fue enunciado de la siguiente manera:

$$Yijk = u + Ti + Bj + Eijk$$

Donde:

Yijk = cualquier observación del efecto de los tratamientos

u = media general

Ti = efecto de i-esimo tratamento

Bj = efecto de la j-esima repetición

Eijk = efecto del error experimental

Dimensiones del experimento

Área total

Largo : 72 m

Ancho : 90 m

Área total : 6480 m^2

Número de plantas: 120 plantas

Repeticiones

Largo : 90 m

Ancho : 18 m

Área total : 1620 m^2

Separación entre repeticiones: 9.0 m

Número de plantas por repetición: 40 plantas

Unidad experimental

Largo : 18 m

Ancho : 18 m

Área total : 324 m^2

Separación entre calles: 9 m

Número de plantas por unidad experimental: 8 plantas (9 m x 9 m)

Número de plantas evaluadas: 2 plantas por unidad experimental.

3.6. Ejecución del experimento.

3.6.1. Ubicación y duración del estudio.

El ensayo se ejecutó en la parcela de palma aceitera del productor Leiber Mas Tapullima ubicada en el caserío Buenos Aires en el distrito de Campo Verde, provincia de Padrea Abad, con las siguientes coordenadas:

Latitud: 8° 28¨32¨Sur

Longitud: 74°49¨27¨ Oeste

Altitud: 193 msnm.

Figura 1. Imagen satelital de la parcela de investigación.



3.6.2. Condiciones ambientales.

En función de las características físicas y químicas del suelo experimental, se tomó en cuenta los resultados del análisis de suelo, previo a la instalación del ensayo de investigación, el cual evidencia una textura franco-arcillo-limosa, pH fuertemente ácido (4.8), escasa materia orgánica (1.2 %) y N total (0.04 %), bajo contenido de P disponible (9.20 ppm), alta saturación de Al (31.04 %), baja CICE (3.87cmol/kg suelo) y de bases intercambiables (Anexo 01)

Ecológicamente, la zona de estudio es clasificada como bosque tropical, casi siempre verde estacional, posee un clima cálido húmedo-lluvioso con precipitaciones pluviales durante 7 meses del año, la precipitación media anual oscila entre 2,000 y 3,500 mm y la humedad relativa mensual promedio oscila entre 80 a 90%. (Aybar *et al*, 2017).

3.6.3. Proceso experimental.

En el experimento se realizaron las siguientes labores:

Análisis de suelo: Previo a la aplicación de las dos fuentes y dos dosis por fuente, se extrajo una muestra compuesta de 0,5 kg de peso de los primeros 20 cm de profundidad del área experimental, la cual ´fue secada al ambiente, molida y etiquetada, para que, una identificada, se llevó al Laboratorio del INIA Pucallpa, para su análisis de caracterización.

Limpieza del terreno: Esta labor se realizó manualmente y con la ayuda de una motoguadaña para despejar el terreno y acondicionarlo apropiadamente

Alineamiento del terreno: Esta actividad fue realizada mediante la construcción de hoyos de 50 cm de diámetro por 50 cm de profundidad, cada 9 m de distancia entre hoyos y en cada hilera de siembra en tresbolillo.

Selección de plantas evaluadas. Fue efectuada tomando en cuenta la distribución de las dos plantas centrales de cada unidad experimental.

Aplicación de los tratamientos. Las enmiendas fertilizantes por cada dosis se efectuó inmediatamente a la construcción de los hoyos de siembra, colocando el producto en el fondo del hoyo, de acuerdo a cada fuente y dosis en estudio.

Siembra de plantones: Inmediatamente se colocaron las fuentes y dosis de enmienda en el fondo de cada hoyo, según el croquis de distribución, se procedió a efectuar la siembra de los plantones de palma aceitera, tratando de cubrir el hoyo con tierra alrededor de cada uno.

Control de malezas: El control de malezas fue realizado mensualmente, de forma manual y selectiva tratando de no perjudicar la cobertura vegetal y cuidando de no propiciar competencias con el cultivo.

Control de roedores: Se efectuó mediante la construcción y colocación de mallas de metal alrededor de la base del estipe de cada planta, para evitar el ataque de roedores.

Evaluaciones de campo: Estas labores correspondieron a las evaluaciones de cada una de las variables dependientes, las cuales se ejecutaron en tres oportunidades, al inicio del ensayo, a los 90 y 180 días después del trasplante.

Visita de jurado: Esta actividad se efectuó después de la instalación del ensayo, para verificar las recomendaciones efectuadas por los miembros del Jurado, respecto a la instalación del ensayo.

Tabulación de datos: Los datos tanto del análisis de suelo como de las variables de crecimiento fueron tabulados y procesados con ayuda del paquete estadístico SAS versión 8.1, para determinar si hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos probados.

Redacción del informe de tesis: Se realizó en forma posterior a la tabulación de datos mediante el borrador del Informe final de la tesis, a efectos de ser revisada por el Jurado y sustentada una vez se encuentre aprobada en la Plataforma Pilar.

3.6.4. Variables evaluadas

Variables independientes.

Las diferentes fuentes y dosis por fuente de las enmiendas fertilizantes se aplicaron previo al trasplante a campo definitivo, colocando el producto en el fondo del hoyo de siembra, para luego introducir la planta de palma aceitera y cubrir con tierra en forma adecuada, tratando de no dañar el sistema radicular de la planta.

Una vez efectuada esta operación, se identificaron las plantas por cada tratamiento y por cada repetición, especialmente las plantas netas que se tomaron en cuenta para medir las variables dependientes.

Variables dependientes.

Para evaluar las variables dependientes se extrajo de la parte central de las dos plantas netas de cada unidad experimental, una muestra de suelo de 500 g de peso de los primeros 30 cm de profundidad. Esta muestra fue secada tamizada y etiquetada para su posterior envío al Laboratorio de Suelos del INIA Pucallpa, para su análisis correspondiente de cada una de las variables dependientes en el suelo. De igual modo, al finalizar el ensayo, se extrajo cuatro muestras de suelo, una por cada tratamiento de 500 g de peso de los primeros 30 cm de profundidad. Estas muestras fueron secadas, tamizadas y etiquetadas para su posterior envío al Laboratorio de Suelos del INIA Pucallpa, para su análisis correspondiente de cada una de las variables dependientes en el suelo.

En el suelo

pH del suelo: se evaluó en tres ocasiones, antes de iniciar el ensayo, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las fuentes y dosis por fuente de las

enmiendas fertilizantes. El método del potenciómetro fue aplicado para su determinación

P disponible en el suelo: se evaluó en tres momentos, previo a la aplicación a los 3 y 6 meses y a los 3 y 6 meses posteriores. Para ello se usó el método de espectrofotometría de luz visible

Al cambiable en el suelo: se evaluó en tres momentos, previo a la aplicación a los 3 y 6 meses y a los 3 y 6 meses posteriores. El método usado fue el de espectrofotometría de absorción atómica

Capacidad de intercambio catiónico: se evaluó en tres momentos, previo a la aplicación a los 3 y 6 meses y a los 3 y 6 meses posteriores El método aplicado fue el de Acetato de amonio 7 N.

Porcentaje de acidez cambiable: se evaluó en tres momentos, previo a la aplicación a los 3 y 6 meses y a los 3 y 6 meses posteriores, mediante el método de cálculo en base al contenido de Al cambiable y a la Capacidad de intercambio catiónico expresado en porcentaje.

En la planta

Altura de planta: Se determinó tomando en cuenta la altura de la planta desde la base del cuello, hasta el ápice de la hoja flecha en cada unidad experimental, y se realizó con ayuda de una cinta métrica. Esta operación se hizo al inicio, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes.

Número de hojas por planta: Esta operación se hizo en tres momentos, al inicio, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes, para lo cual, se contó el número de hojas formadas de cada una de las dos plantas por parcela experimental.

Longitud de hoja**:** Previo a la evaluación, se ubicó la hoja número 4 de cada planta y luego, se procedió a medir la longitud de hoja desde la base del peciolo hasta el ápice del raquis, con la ayuda de una wincha Esta operación se hizo en tres momentos, al inicio, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes.

Ancho de hoja: De forma similar a la evaluación anterior, se identificó la hoja 4 de cada una de las dos plantas por unidad experimental y luego, se midió el diámetro de la hoja con la ayuda de una wincha. Esta operación se hizo en tres momentos, al inicio, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes.

Diámetro de estipe: Esta operación fue desarrollada en tres momentos, al inicio, a los 3 y 6 meses después de la aplicación de las enmiendas fertilizantes y se efectuó, midiendo la circunferencia del estípite a la altura de la base de la planta de cada una de las dos plantas por unidad experimental, con ayuda de un vernier o pie de rey

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Los resultados encontrados en el ensayo fueron analizados en primer lugar, desde la perspectiva de las modificaciones de algunas propiedades qui8micas del suelo antes y después de la aplicación de las fuentes y dosis por fuente y, en segundo lugar, por los indicadores biométricos del crecimiento de la planta de palma aceitera antes y después a los 3 y 6 meses posteriores a la aplicación de las dos fuentes y dos dosis por fuente de las enmiendas fertilizantes.

4.1. pH del suelo

El pH del suelo antes de iniciar el ensayo fue de 4.8, considerado fuertemente ácido (Bernier, 1999), mientras que a los 180 días después, no hubo cambios significativos cuando se aplicó las fuentes y dosis por fuente, con promedios de 5.2 y 4.5 para CPM-3 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, cada uno y para CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, con 4.6 y 4.7 (fuertemente ácidos)

Tabla 3. Valores de pH, P, Materia orgánica y Saturación de Al por tratamiento

Variables evaluadas	Testigo	CPM-3 a 0.5 kg/planta	CPM-3 a 1.0 kg/planta	CPM-4 a 0.5 kg/planta	CPM-4 a 1.0 kg/planta
pH	4.8	5.2	4.5	4.6	4.7
P disponible (mg/kg)	9.2	2.3	5.0	5.0	5.0
Materia orgánica (%)	1.2	1.1	2.5	1.6	1.6
Saturación Al (%)	31.04	8.11	6.41	8.24	6.75

4.2. P disponible en el suelo

El contenido inicial de P disponible fue de 9.2 mg/kg de suelo, considerado de nivel bajo, según Bazán (2019), tendiendo a reducirse significativamente a los 180

días después de la aplicación de los diferentes tratamientos, así cuando se aplicó CPM-3 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, los valores de P disponible fueron de 2.3 y 5.0 mg/kg, cada uno, mientras que cuando se aplicó CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, los valores de P disponible fueron de 5.0 y 5.0 mg/kg de suelo, respectivamente.

4.3. Al cambiable en el suelo

El contenido inicial de Al cambiable en el suelo fue de 0.6 cmol/kg de suelo, considerado de nivel medio según Bazán (2019), tendiendo a reducirse significativamente a los seis meses después de aplicarse los tratamientos, de modo que, cuando se aplicó CPM-3 y CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, los valores de Al cambiable, se redujeron en todos los casos, a menos de 0.5 cmol/kg de suelo.

4.4. Porcentaje de acidez cambiable

El porcentaje inicial de acidez intercambiable en el suelo fue de 31.04 %, considerado de nivel alto, según Bazán (2019), reduciéndose al término del ensayo, con promedios de 8.11 y 6.41 %, cuando se aplicó CPM-3 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, mientras que, para la fuente CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, los valores de acidez intercambiable fueron significativamente reducidos a 8.24 y 6.75 %, respectivamente, sin problemas de toxicidad de Al, según refiere Bazán (2019)

Tabla 4. Valores de Ca, Mg, K, Al y CIC por tratamiento

Variables evaluadas	Testigo	CPM-3 a 0.5 kg/planta	CPM-3 a 1.0 kg/planta	CPM-4 a 0.5 kg/planta	CPM-4 a 1.0 kg/planta
		cmol/kg de suelo			
Ca cambiable	2.0	4.9	9.5	4.3	5.5
Mg cambiable	0.2	1.2	1.4	0.8	0.9
K cambiable	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1
Al cambiable	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
CIC	3.9	7.2	12.1	5.9	7.2

4.5. Capacidad de intercambio catiónico

El valor inicial de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo fue de 3.87 cmol/kg, interpretándose de nivel bajo, según Bazán (2019), tendiendo a incrementarse significativamente al finalizar el ensayo, por efecto de las enmiendas fertilizantes, con promedios de 7.18 y 12.12 cmol/kg, al aplicarse CPM-3 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, respectivamente, mientras que, cuando se aplicó CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, los valores finales de CIC fueron de 5.89 y 7.19 cmol/kg de suelo, cada uno, sin embargo, se consideran de nivel bajo, como lo sustenta Bazán (2019).

Una de las razones que permite explicar este incremento importante de la CIC puede ser atribuido al aumento en la concentración de Ca intercambiable en el suelo, ya que de un valor inicial de 2.02 cmol/kg, interpretado como bajo según Bazán (2019), fue incrementándose paulatinamente al término del ensayo, hasta lograr promedios de 4.89 y 9.48 cmol/kg, con las aplicaciones de CPM-3, a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, mientras que, cuando se fertilizó con la enmienda CPM-4 a las mismas dosis, los valores finales de Ca intercambiable en el suelo fueron de 4.33 y 5.46 cmol/kg de suelo, cada uno, considerándose estos nuevos valores como de nivel medio a alto, según refiere Bazán (2019).

4.6. Altura de planta

Esta variable de crecimiento fue evaluada en tres ocasiones, antes y posteriormente a los 90 y 180 días después de aplicarse las fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes.

El análisis de variancia para altura de planta antes de aplicarse los tratamientos, evidenció la inexistencia de diferencias significativamente entre ellos, con 8.70 % de variabilidad, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), y conforme puede apreciarse en la Tabla 4.

Tabla 5. ANVA de Altura de planta antes de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	156.43	78.21	04.61	0.046 ^{ns}
Tratamientos	4	48.66	12.16	00.72	0.605 ^{ns}
Error	8	135.73	16.96		
Total	14	340.83			
	CV = 8.70 %		R^2 = 0.60		

Esto explica los promedios reportados por los tratamientos CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, así como de CPM-3 a las mismas dosis, con promedios iniciales de 50.83, 45.83, 46.8 y 46.16 cm, respectivamente, sin mostrar superioridad con el testigo, cuyas plantas lograron un promedio de 47.0 cm de porte de planta.

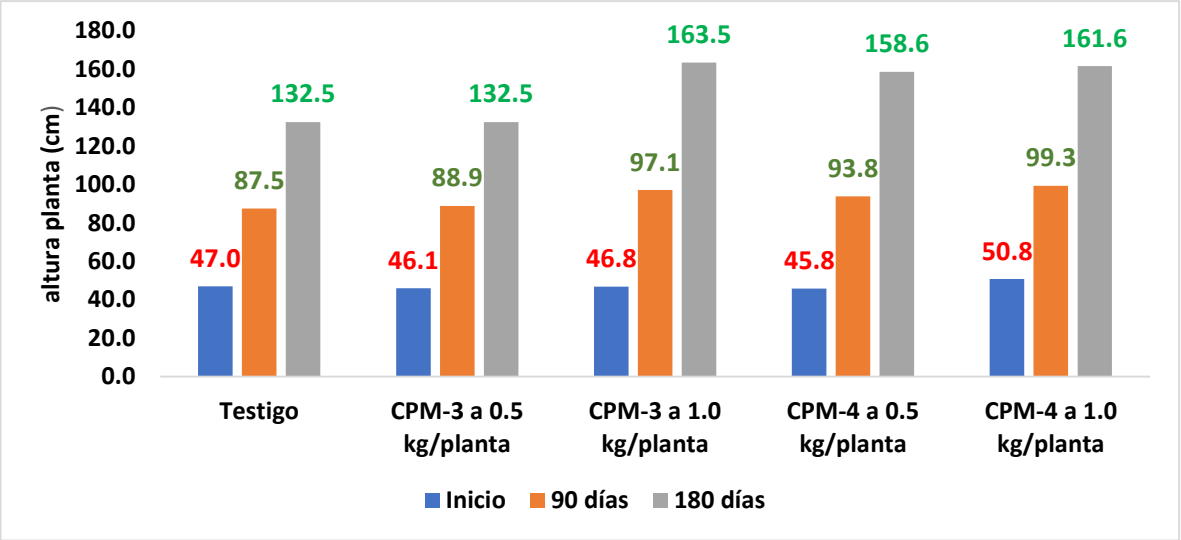
Tabla 6. Altura de planta por tratamiento y por evaluación

N°	Tratamientos	Antes de aplicación	A 90 días después de aplicación	A 180 días después de aplicación
		Altura de planta (cm)		
1	Testigo	47.0 a	87.5 b	132.5 b
2	CPM-3 a 0.5 kg/planta	46.1 a	88.9 b	132.5 b
3	CPM-3 a 1.0 kg/planta	46.8 a	97.1 a	163.5 a
4	CPM-4 a 0.5 kg/planta	45.8 a	93.8 a	158.6 a
5	CPM-4 a 1.0 kg/planta	50.8 a	99.3 a	161.6 a

(*) letras iguales en la columna significan que no existen diferencias significativas

Al respecto, la prueba de Duncan (P<0.05), estableció la superioridad de las aplicaciones de CPM-4 a las dosis de 1.0 y 0.5 kg/planta, así como de CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta, con 99.3, 93.8 y 97.1 cm, sin mostrar diferencias entre ellas, pero mayores a los que presentó la aplicación de CPM-3 a la dosis de 0.5 kg/planta y el testigo, quienes registraron 88.9 y 87.5 cm de altura, respectivamente. Tabla 5.

Figura 2. Altura de planta por tratamiento y por evaluación



A los 90 días después de la aplicación de las fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes, el análisis de variancia determinó diferencias sólo significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 8.70 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), y como puede apreciarse en la Tabla 6.

Tabla 7. ANVA de Altura de planta a los 90 días después de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	74.26	37.13	01.52	0.275 ns
Tratamientos	4	313.87	78.46	03.22	0.050 *
Error	8	195.09	24.38		
Total	14	583.23			
	CV = 5.29 %		R^2 = 0.66		

A los 180 días después de la aplicación de los tratamientos, el análisis de variancia para altura de planta hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos probados, con un aceptable coeficiente de variabilidad de 6.06 %. Tabla 7.

Tabla 8. ANVA de Altura de planta a los 180 días después de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	592.93	296.46	03.59	0.077
Tratamientos	4	3017.10	754.27	09.14	0.004 **
Error	8	660.40	82.55		
Total	14	4270.43			
	CV = 6.06 %		R^2 = 0.84		

Estas diferencias fueron corroboradas con la prueba de Duncan (P<0.05), donde se destaca la superioridad de las aplicaciones de CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta, así como de CPM-4 a la dosis de 1.0 y 0.5 kg/planta, con 163.5, 161.6 y 158.6 cm, cada una, sin mostrar diferencias entre ellas, pero mayores a los que registraron la aplicación de CPM-3 a la dosis de 0.5 kg/planta y el testigo, cuyos promedios fueron 132.5 y 132.5 cm de altura de planta, respectivamente. Figura 2.

4.7. Diámetro de estipe

La variable diámetro de estipe fue evaluada en tres ocasiones, antes y posteriormente a los 90 y 180 días después de aplicarse las fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes.

El análisis de variancia para el diámetro de estipe antes de la aplicación de las fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes, evidenció que no hubo diferencias significativamente entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 22.99 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), y como puede apreciarse en la Tabla 8.

Tabla 9. ANVA de Diámetro de estipe antes de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	00.41	00.20	00.22	0.80
Tratamientos	4	04.73	01.18	01.25	0.36 ns
Error	8	07.55	00.94		
Total	14	12.70			
	CV = 22.99 %		R^2 = 0.40		

En términos numéricos, los promedios logrados antes de la aplicación por los tratamientos CPM-3 y CPM-4, a la dosis de 1.0 kg/planta, testigo y CPM-3 y CPM-4, a la dosis de 0.5 kg/planta, fueron de 5.16, 4.36, 4.30, 3.70 y 3.60 cm de diámetro, respectivamente.

Similar comportamiento se observó a los 90 días después de la aplicación, cuyo análisis de variancia demuestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 10.03 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), y como puede apreciarse en la Tabla 9.

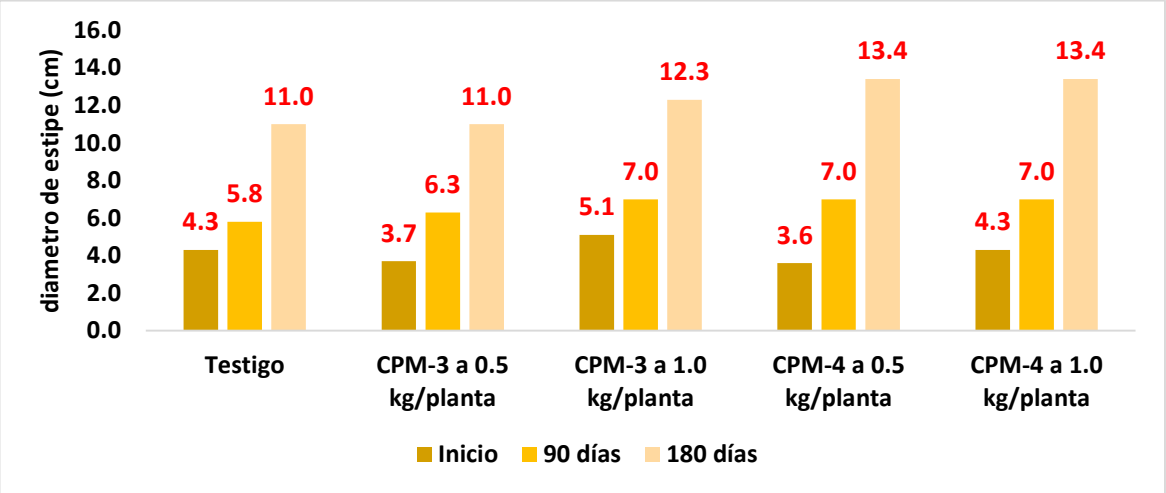
Tabla 10. ANVA de Diámetro de estipe a los 90 días después de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	06.33	03.16	07.10	0.01
Tratamientos	4	03.73	00.93	02.09	0.17 ns
Error	8	03.56	00.44		
Total	14	13.63			
	CV = 10.03%		R^2 = 0.73		

En términos numéricos, los promedios logrados a los 90 días después de la aplicación por los tratamientos CPM-4 a las dosis de 1.0 y 0.5 kg/planta, CPM-3 a las dosis de 1.0 y 0.5 kg/planta, fueron de 7.03, 7.03, 7.03 y 6.30 cm de diámetro,

respectivamente, pero ligeramente superiores al testigo, cuyo promedio en esta etapa fue de 5.80 cm de diámetro de estipe. Figura 3.

Figura 3. Diámetro de estipe por tratamiento y por evaluación



De igual modo que las anteriores evaluaciones, el análisis de variancia del diámetro de estipe a los 180 días después de la aplicación, demuestra que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, con un 10.35 % de variabilidad en los resultados, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 10.

Tabla 11. ANVA de Diámetro de estipe a los 180 días después de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	13.64	06.82	04.26	0.05
Tratamientos	4	16.15	04.03	02.52	0.12 ns
Error	8	12.80	01.60		
Total	14	42.59			
	CV = 10.35%		R^2 = 0.69		

En esta evaluación, la prueba de Duncan (P<0.05), demuestra diferencias numéricas entre tratamientos, con promedios de 13.4, 13.3, 12.3 y 11.06 cm de diámetro de estipe, cuando se aplicaron las fuentes CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta y CPM-3 a las dosis de 1.0 y 0.5 kg/planta, sucesivamente, dejando en último lugar al testigo, con un diámetro de estipe de 11.0 cm.

4.8. Número de hojas por planta

La variable número de hojas por planta fue evaluada en tres etapas de crecimiento de la palma aceitera, de forma similar a las demás variables.

En la primera evaluación, el análisis de variancia para el numero de hojas por planta, demuestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 21.46 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 11.

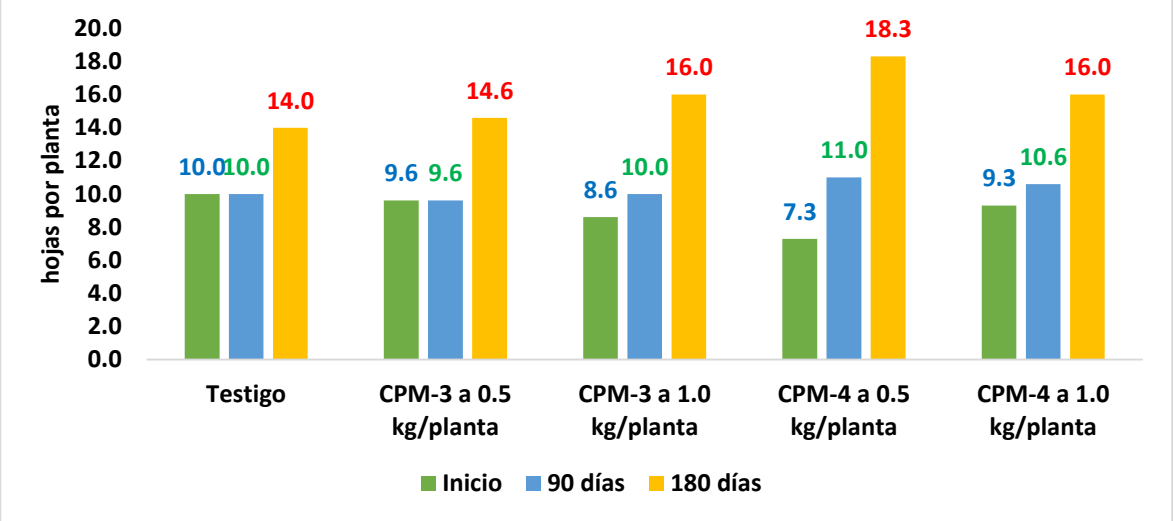
Por ello, los promedios antes de la aplicación fueron 10.0, 9.6, 9.3, 8.6 y 7.3 hojas por planta, registrados por los tratamientos testigo, CPM 3 a la dosis de 0.5 kg/planta, CPM-4 a la dosis de 1.0 kg/planta, CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta y CPM-4 a la dosis de 0.5 kg/planta, respectivamente.

Tabla 12. ANVA de Número de hojas por planta antes de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	04.80	02.40	00.64	0.55
Tratamientos	4	13.33	03.33	00.89	0.51 ns
Error	8	29.86	03.73		
Total	14	48.00			
	CV = 21.46 %		R^2 = 0.37		

A los 90 días después de la aplicación de los tratamientos, no se aprecia diferencias estadísticas entre ellos, con un coeficiente de variabilidad de 10.21 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 12.

Figura 4. Número de hojas por planta por tratamiento y por evaluación



Aun así, los promedios registrados en esta etapa fueron 11.0, 10.6, 10.0 y 9.6 hojas por planta, para las fuentes CPM-4 a 0.5 y 1.0 kg/planta, CPM-3 a 1.0 y 0.5 kg/planta, mientras que el testigo registró 10.0 hojas por planta sin mostrar diferencias con los demás tratamientos. Figura 4.

Tabla 13. ANVA de Número de hojas por planta a 90 días posteriores

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	22.53	11.26	10.24	0.006
Tratamientos	4	03.60	00.90	00.82	0.54 ns
Error	8	08.80	01.10		
Total	14	34.93			
	CV = 10.21 %		R^2 = 0.74		

Posteriormente, a los 180 días después de la aplicación de los tratamientos, tampoco se aprecia diferencias estadísticas entre ellos, con un coeficiente de variabilidad de 11.61 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 13.

Tabla 14. ANVA de Número de hojas por planta a 180 días posteriores.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	36.40	18.20	05.41	0.03
Tratamientos	4	33.06	08.26	02.46	0.13 ns
Error	8	26.93	03.36		
Total	14	96.40			
	CV = 11.61 %		R^2 = 0.72		

Numéricamente, los promedios registrados en esta etapa fueron 18.3,16.0, 16.0 y 14.6 hojas por planta, para las fuentes CPM-4 a 0.5 y 1.0 kg/planta, CPM-3 a 1.0 y 0.5 kg/planta, mientras que el testigo registró sólo 14.0 hojas por planta, sin presentar diferencias con los demás tratamientos. Figura 4.

4.9. Longitud de hoja

La longitud de hoja fue evaluada en tres momentos, antes y posteriormente a los 90 y 180 días después de aplicarse las fuentes y dosis de enmiendas fertilizantes.

Antes de la aplicación, el análisis de variancia para longitud de hoja, demuestra que no se presentaron diferencias para los tratamientos estudiados, con una variabilidad de 7.24 %, considerada aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 14.

Tabla 15. ANVA de Longitud de hoja antes de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	232.13	116.06	04.17	0.05
Tratamientos	4	180.76	45.19	01.62	0.25 ns
Error	8	222.53	27.81		
Total	14	635.43			
	CV = 7.24 %		R^2 = 0.64		

En este sentido, los promedios para longitud de hoja antes de la aplicación fueron 77.3 y 76.1 cm de longitud de hoja registrados por los tratamientos CPM-4 y CPM-3, ambos a la dosis de 1 kg/planta, mientras que, los tratamientos CPM-3 y CPM-4, ambos a la dosis de 1.0 kg/planta, obtuvieron 72.1 y 68.6 cm cada uno, sin mostrar superioridad con el testigo, quien registró 69.5 cm de longitud de hoja.

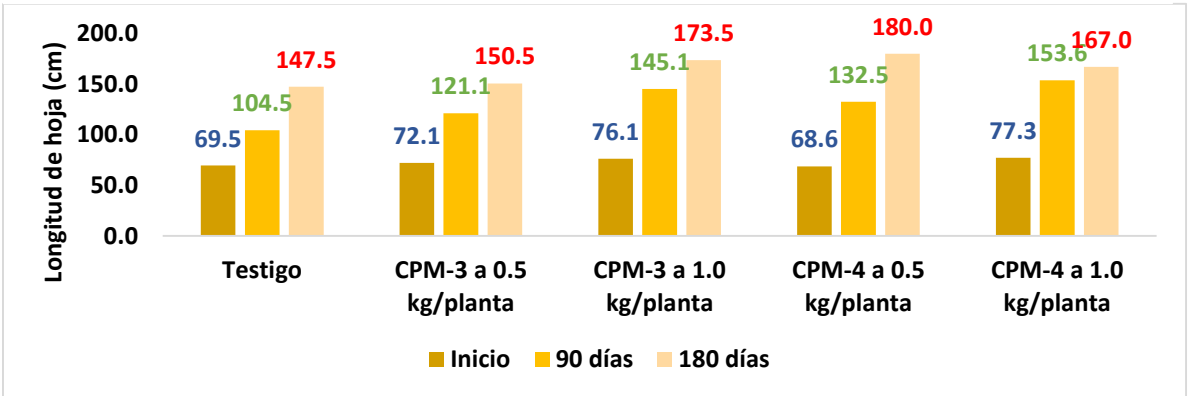
De forma similar a la evaluación anterior, a los 90 días después de la aplicación no hubo diferencias significativas entre los tratamientos probados en el ensayo, con 14.77 % de variabilidad, considerado aceptable, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 15.

Tabla 16. ANVA de Longitud de hoja a los 90 días después de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	238.90	119.45	00.32	0.73
Tratamientos	4	4544.60	1136.15	03.01	0.08 ns
Error	8	3017.10	377.13		
Total	14	7800.60			
	CV = 14.77 %		R^2 = 0.61		

Los valores alcanzados a los 90 días después de la aplicación, los tratamientos CPM-4 y CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta, así como CPM-4 y CPM-3 a la dosis de 0.5 kg/planta, no muestran diferencias entre ellos, con ´promedios de 153.6, 145.1, 132.5 y 121.17 cm, respectivamente, sin ser superiores al testigo, quien registró 104.5 cm de longitud de hoja en esta etapa de crecimiento. Figura 5.

Figura 5. Longitud de hoja por tratamiento y por evaluación



Sin embargo, a los 180 días después de la aplicación ya se puede observar diferencias altamente significativas entre tratamientos, con 6.10 % de coeficiente de variabilidad, considerado muy aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 16

Tabla 17. ANVA de Longitud de hoja a los 180 días después de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	893.70	446.85	04.47	0.04
Tratamientos	4	2427.90	606.97	06.07	0.01 **
Error	8	799.80	99.97		
Total	14	4121.40			
	CV = 6.10 %		R^2 = 0.80		

En esta etapa, la superioridad estadística fue mostrada por los tratamientos CPM-4 a 0.5 kg/planta, CPM-3 a 1.0 kg/planta y CPM-4 a 1.0 kg/planta, con 180.0, 173.5 y 167.0 cm de longitud de hoja, sucesivamente y sin mostrar diferencias entre ellos, mientras que los tratamientos CPM-3 a la dosis de 0.5 kg/planta y el testigo sin aplicación de enmiendas fertilizantes registraron 150.5 y 147.5 cm de altura, cada uno.

4.10. Ancho de hoja

La variable ancho de hoja fue evaluada en tres ocasiones, así como las demás variables de crecimiento de la planta de palma aceitera

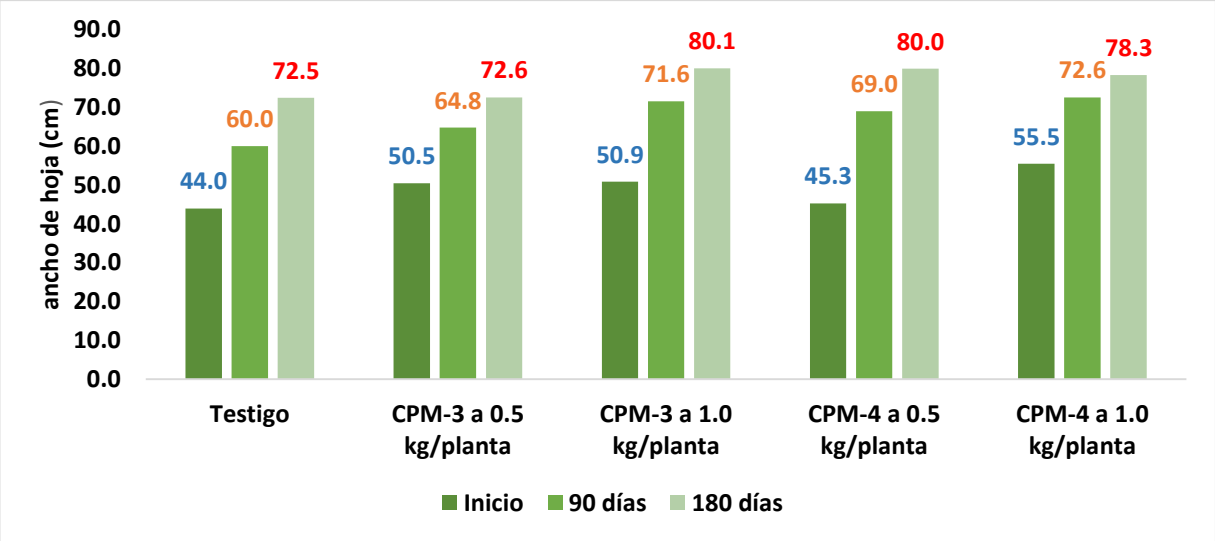
Antes de la aplicación, el análisis de variancia para ancho de hoja, evidencia que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 11.44 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 17.

Tabla 18. ANVA de Ancho de hoja antes de la aplicación.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	143.38	71.69	02.26	0.167
Tratamientos	4	259.08	64.77	02.04	0.181 ns
Error	8	254.30	31.78		
Total	14	656.77			
	CV = 11.44 %		R^2 = 0.61		

En este sentido, los tratamientos CPM-4 y CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta, así como CPM-3 y CPM-4 a la dosis de 0.5 kg/planta registraron 55.5, 50.9, 50.5 y 45.3 cm de ancho de hoja, dejando en último lugar al tratamiento testigo, con 44.0 cm de ancho de hoja. Figura 6.

Figura 6. Ancho de hoja por tratamiento y por evaluación



A los 90 días después de la aplicación, el análisis de variancia para ancho de hoja, evidencia que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 8.49 %, considerado aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 18.

Tabla 19. ANVA de Ancho de hoja a los 90 días después de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	58.13	29.06	00.88	0.451 ns
Tratamientos	4	328.73	82.18	02.49	0.127 ns
Error	8	264.36	33.04		
Total	14	651.23			
	CV = 8.49 %		R^2 = 0.59		

En esta etapa, los tratamientos CPM-4 y CPM-3 a la dosis de 1.0 kg/planta, numéricamente registraron los valores más altos con 75.1 y 73.1 cm de ancho, mientras que, los tratamientos CPM-4 y CPM-3 a la dosis de 0.5 kg/planta, obtuvieron 69.0 y 67.0 cm, cada uno, dejando en último lugar al tratamiento testigo con sólo 60.0 cm de ancho de hoja

A los 180 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, el análisis de variancia para ancho de hoja, indica que no se presentaron diferencias significativas entre ellos, con un coeficiente de variabilidad de 6.52 %, aceptable para trabajos de campo, según refiere Calzada (1970), como puede apreciarse en la Tabla 19.

Tabla 20. ANVA de Ancho de hoja a los 180 días después de la aplicación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	106.23	53.11	02.12	0.182
Tratamientos	4	178.43	44.60	01.78	0.225 ns
Error	8	200.26	25.03		
Total	14	484.93			
	CV = 6.52 %		R^2 = 0.58		

En esta etapa, los tratamientos CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg/planta, así como CPM-3 a las mismas dosis, registraron promedios sucesivos de 80.0, 78.6, 75.8 y 70.5 cm de ancho de hoja, mientras el testigo obtuvo 72.5 cm, sin presentar diferencias estadísticas con los demás tratamientos. Figura 6.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Propiedades del suelo

En el ensayo, el pH del suelo no sufrió modificaciones significativas por la aplicación de las diferentes fuentes y dosis por fuente de CPM3 y CPM-4, manteniéndose en 4.5 al finalizar el ensayo.

Este resultado puede interpretarse debido a que, al no haberse reducido significativamente el porcentaje de acidez, los iones H^+ y Al^{+3} se han mantenido adheridos a las cargas negativas de las arcillas y de la materia orgánica en la solución del suelo formando fosfatos de Al^{+3}, mientras que el H^+ se ha precipitado.

Un valor similar lo obtuvo Cabrera (2024), cuando fertilizó el suelo sembrado con caco a la dosis de 100 g de compost por planta, mientras que, Rosas (2021), en Neshuya, logró reducir el pH de 6.04 aplicando la dosis de 20 g de dolomita por planta de cacao CCN 51.

Respecto a la materia orgánica del suelo, en el ensayo se logró mantener hasta 2.5 % aplicando la dosis de 1 kg de CPM-3 por planta, superior al que registró Cabrera (2024), con 1.21 % de materia orgánica, mientras que, Rosas (20021), obtuvo hasta 3.97 %, con la aplicación de 80 g de Magnocal por planta de cacao CCN 51.

Con relación al P disponible, el mayor valor de 5 mg/kg de suelo, se logró aplicando CPM-4 a la dosis de 0.5 kg por planta de palma aceitera, muy inferior a los que obtuvieron Rosas (2021), con 98.9 mg /kg aplicando 40 g de Magnocal por planta de cacao, así como por Hualcas (2020), en Tingo María, con 36.5 mg/kg de suelo, aplicando 2 t de dolomita+ 150 kg de P2O5 + 9 % de materia orgánica por ha.

Para el caso de las bases cambiables K, Ca, y Mg, los promedios más altos del ensayo fueron 0.3, 9.5 y 1.4 cmol/kg de suelo, cuando se aplicó CPM3 a la dosis de 1 kg/planta, siendo inferiores a los que reporta Vásquez (2001) en un suelo de Honduras sembrado con palma aceitera, con 1.8, 25.2 y 4.8 cmol/kg, respectivamente, cuando aplicó hasta 4.8 kg de Flor de Azufre por planta.

En relación a la CIC, aplicando CPM-3 a la dosis de 1 kg por planta se obtuvo hasta 12.1 cmol/kg, superior a los que reportan Cabrera (2024), con una CIC de 6.15 cmol/kg, cuando fertilizó el suelo sembrado con caco a la dosis de 100 g de compost por planta, mientras que, Rosas (2021), en Neshuya, logró obtener una CIC de 8.9 cmol/kg, aplicando la dosis de 60 g de magnocal por planta de cacao CCN 51.

Y, respecto al porcentaje de acidez cambiable en el suelo sembrado con palma aceitera, se logró reducir hasta 6.4 %, mientras que ensayos similares en cacao, fueron obtenidos por Cabrera (2024) y Rosas (2021), con 6.15 y 8.6 cmol/kg de suelo, respectivamente.

Crecimiento de la planta de palma aceitera

Respecto a altura de planta, el mayor valor fue obtenido aplicando CPM-3 a la dosis d 1 kg por planta con 163.5 cm, mientras que Tapullima (2023), aplicando la dosis NPK 20-20-20 obtuvo plantas con 220 cm de altura.

De manera similar, para la variable número de hojas por planta, se pudo registrar 18.3 hojas por planta cuando se aplicó CPM4 a la dosis de 0.5 kg por planta, mientras que, Tapullima (2023), logro hasta 27.5 hojas por planta, cuando aplico la dosis NPK 20-20-20.

Sobre esta variable, Armas (2019), demostró en su ensayo sobre la aplicación de diferentes niveles de Magnesil silicio en la absorción de P disponible en palma aceitera Deli x Lame de 3 años de edad que, las variables de respuesta no mostraron diferencias significativas en su crecimiento

Finalmente, con relación a la longitud de hoja, el mayor valor del ensayo fue registrado cuando se aplicó CPM-4 a la dosis de 0.5 kg por planta, con una longitud de 180 cm, mientras que, Tapullima (2023), registró un tamaño de hoja de 193 cm, cuando aplicó la dosis NPK 20-20-20.

En términos de comparación, Villegas (2015), al evaluar tres niveles de fertilización química (19-8-12-2 a 200, 300, 400 g planta^{-1}) demostró mediante un ensayo de fertilización en Ecuador, encontró que no hubo diferencias en las variables de crecimiento altura de planta y longitud de hoja.

Siendo así, podemos justificar los resultados encontrados, lo cuales pueden ser atribuidos a una mejor respuesta de la planta de palma en su estado de crecimiento inicial, gracias a la lenta liberación y disponibilidad de los nutrientes contenidos en las enmiendas.

Por otro lado, aun cuando no se han encontrado diferencias estadísticas importantes, se ha llegado a demostrar que las dosis de CPM-3 y CPM-4 pueden ser tomadas en cuenta para recomendar un programa de fertilización a largo plazo.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

En base a los objetivos propuestos se concluye:

- Se logró evaluar el efecto de la aplicación de dos enmiendas fertilizantes CPM-3 Y CPM-4 a las dosis de 0.5 y 1.0 kg por planta, al establecimiento de la palma aceitera en el caserío Buenos Aires distrito de Campo Verde

- La aplicación de la enmienda CPM-3 a la dosis de 1 kg por planta, logró registrar los mejores valores de las propiedades químicas del suelo a los 180 días después del trasplante, como pH (4.5), materia orgánica (2.5 %) y las bases cambiables K, Ca y Mg, con 0.3, 9.5 y 1.4 cmol/kg de suelo, cada uno, así como la CIC (12.1 cmol/kg) y la mayor reducción del porcentaje de Al cambiable, con 6.4 %.

- La aplicación de la enmienda CPM-4 con ambas dosis, pudo registrar los mayores valores a los 180 días después del trasplante, en el crecimiento inicial de la palma aceitera, con 163.5 cm de altura de planta, 13.4 cm de diámetro de estipe, 18.3 hojas por planta y 180 cm de longitud de hoja.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

En función a los resultados encontrados, se recomienda:

- Continuar las investigaciones tomando en cuenta los mejores resultados encontrados tanto para las propiedades químicas del suelo como para las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de palma aceitera en la zona de trabajo.

- Promover el uso de la enmienda CPM-3 a la dosis de 1.0 kg por planta en suelos con características similares, dado su efecto favorable en la mejora de propiedades químicas como el pH, la materia orgánica, las bases cambiables y la reducción del aluminio intercambiable

- Considerar la aplicación de la enmienda CPM-4 como una alternativa efectiva para potenciar el crecimiento inicial de la palma aceitera, debido a los resultados obtenidos en altura de planta, diámetro de estipe, número de hojas y longitud de hojas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDESEP. (2019). Aumento de cultivos de palma aceitera amenaza a la Amazonía peruana. Consultado en línea 28 abril 2023. Disponible: http://www.aidesep.org.pe/noticias/aumento-decultivos-de-palma-aceitera-amenaza-la-amazonia-peruana

Arévalo, P. (2008). Manual Técnico del cultivo de Palma Aceitera. Ministerio de Agricultura. Lima, 2008. Consultado en línea 27 de abril del 2023. Disponible:http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyofi cinas/dgca/Car tilla-de-difusion-Palma.pdf

Ávila, D & Rodríguez, T. (2023). Estudio comparativo de indicadores físicos, químicos y microbiológicos de calidad de suelo en plantaciones de palma aceitera con uso de enmiendas orgánicas y manejo convencional en Quepos, Costa Rica. Trabajo de graduación Universidad de Costa Rica.

Bernales, G; Arévalo, C; Arévalo, E. (2021). Palma aceitera en la amazonia peruana. Instituto de Cultivos Tropicales 1ª edición. Tarapoto. San Martín. pp 148-161.

Bobadilla, L; Chichipe, E; Oliva, M. (2018). Efecto de cuatro enmiendas cálcicas sobre el suelo en el rendimiento de cinco especies forrajeras presentes en el distrito de Molinopampa (Región Amazonas) ***In*** Revista Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Chachapoyas.23 p.

Cabrera, J(.2024). Efecto de tres dosis de guano de isla y de compost en las propiedades químicas del suelo y en el crecimiento inicial del cacao CCN 51 en Neshuya Padre Abad. Tesis Universidad Nacional de Ucayali. 84 p.

Calva Jiménez & Pinedo Fernández (2021). Uso de enmiendas para la reducción de concentraciones de cadmio en plántulas de cacao.

Contreras, J. (2021). Efecto de la aplicación de enmiendas cálcicas en las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos ácidos en Satipo. Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 89 p.

Gonzales, J. (2018). Producción y exportación del aceite de palma en bruto peruano 2013-2017. Tesis Licenciado en Negocios Internacionales. Universidad César Vallejo. Lima. 58 p.

Hualcas, Ch. (2020). Evaluación de las propiedades de un suelo degradado por efecto de la aplicación de enmiendas en el establecimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la localidad de Rio Espino. Tesis Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 88 p.

Munévar, F. (1998). Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas*, *19*(especial), 218-228

Munévar, F. (2004). Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. ***In*** revista Palmas. Consultado en línea [28 de abril del 2023] Disponible: https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1077

Rodríguez Sobrado, J. V. (2024). Efecto de la aplicación de biochar en la dinámica del suelo y el crecimiento del cultivo de cacao (theobroma cacao l.), recién establecido en la zona de san Alejandro padre Abad.

Rosas, J. (2021). Efecto de la aplicación de dolomita y magnocal en la dinámica del suelo y crecimiento vegetativo del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en Neshuya - Padre Abad. Tesis Universidad Nacional de Ucayali. Consultado en línea Disponible: https://repositorio.unu.edu.pe/items/41814858-d084-438d-898f-7492fd4f3878

Sáenz, L. (s/f). *La compactación del suelo en palma y la fertilidad del suelo.* [Presentación en línea]. Gremial de productores de palma de Guatemala (GREPALMA). Consultado en: https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/M6-2-Efecto-de-las-enmiendas-sobre-las-propiedades-de-suelos-compactados.pdf

Véliz, D; Mestanza, C; Ramírez, N; Villamar, R; Pinargote, J. (2023). Optimización de los Niveles de pH en Suelos Destinados al Cultivo de Palma Aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) Mediante el Uso de Enmiendas Sólidas y Floables, Disponible: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/8889

Vázquez, V. (2001). Evaluación de enmiendas a suelos con niveles altos de calcio en una plantación joven de palma africana (Elaeis guineensis). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. Consultado online. Disponible: https://bdigital.zamorano.edu/items/c768683e-82f8-4ada-90bb-7ddac4a700f1

Vásquez, M. (2021). Efecto de enmiendas cálcicas, inorgánicas y orgánicas en el crecimiento del cultivo de teca (*Tectona grandis* L.), en condiciones de campo en la región San Martin. Tesis Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 76 p.

ANEXOS

Anexo 01. Resultado del análisis de suelo antes de la aplicación

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO
SU/LABSAF PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Caleb Asqui Jimenez	
Propietario / Productor	: Caleb Asqui Jimenez	
Dirección del cliente	: No especifica	
Solicitado por	: Caleb Asqui Jimenez	
Muestreado por	: El cliente	
Número de muestra(s)	: 1	
Producto declarado	: Suelo	
Presentación de las muestras(s)	: Bolsa plástica	
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente	
Procedencia de muestra(s)	: No especifica	
Fecha(s) de muestreo	: 2024-01-06	(***)
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-01-20	
Lugar de ensayo	: LABSAF PUCALLPA	
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-02-01 al 2024-02-10	
Cotización del servicio	: 062-24-PC	
Fecha de emisión	: 2024-03-18	

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU3979-PC-2024	0	0	0	0	0
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo			1900-01-00	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			0:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			TCAJ_2024	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH.	unid. pH	0,1	4,8	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,2	-	-	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,5	1,20	-	-	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,5	0,70	-	-	-	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	17,00	-	-	-	-	-
Arcilla	%	-	31,00	-	-	-	-	-
Limo	%	-	52,00	-	-	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcillo Limoso	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0,4	9,2	-	-	-	-	-
Calcio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0,10	2,02	-	-	-	-	-
Magnesio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0,10	0,16	-	-	-	-	-
Sodio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0,10	0,26	-	-	-	-	-
Potasio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0,10	0,23	-	-	-	-	-
Potasio Disponible (*)	ppm	3,20	106,80	-	-	-	-	-
Suma de bases intercambiables (*)	cmol (+)/Kg	-	2,67					
CICe (*)	cmol (+)/Kg	-	3,87					
Saturación de acidez y aluminio (*)	%	-	31,04					

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF PUCALLPA
Dirección: Carretera Federico Basadre Km 44
Email: labsafpucallpa@inia.gob.pe

Anexo 02. Resultado del análisis de suelo al finalizar el ensayo

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 200

INFORME DE ENSAYO
N° 020028-25 / SU / LABSAF - PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Caleb Asqui Jimenez	
Propietario / Productor	: Caleb Asqui Jimenez	
Dirección del cliente	: Buenos Aires, Campo verde	
Solicitado por	: Caleb Asqui Jimenez	
Muestreado por	: El cliente	
Número de muestra(s)	: 4	
Producto declarado	: Suelo	
Presentación de las muestras(s)	: Bolsa plástica	
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente	
Procedencia de muestra(s)	: Buenos Aires, Campo verde	
Fecha(s) de muestreo	: 2024-01-04	(***)
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-01-14	
Lugar de ensayo	: LABSAF PUCALLPA	
Fecha(s) de análisis	: Del lunes-07-20 al viernes-07-27	
Cotización del servicio	: 008-25-PC	
Fecha de emisión	: 2024-08-20	

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU0025-PC-2025	SU0026-PC-2025	SU0027-PC-2025	SU0028-PC-2025	0	0
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo			2025-01-04	2025-01-04	2025-01-04	2025-01-04	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			9:00	9:00	9:00	9:00	-	-
Condición de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			T1-CPM3-0.5Kg	T2-CPM3-1Kg	T3-CPM4-0.5Kg	T4-CPM4-1Kg	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH.	unid. pH	0.1	5.2	4.5	4.6	4.7	-	-
Materia Orgánica	%	0.3	1.1	2.5	1.6	1.6	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.5	0.6	0.8	<0.5	<0.5	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	35.00	31.20	31.20	51.20	-	-
Arcilla	%	-	22.00	31.20	21.20	25.20	-	-
Limo	%	-	43.00	37.60	47.60	23.60	-	-
Clase Textural	-	-	Franco	Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcillo Arenoso	-	-
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0.4	2.3	5.0	5.0	5.0	-	-
Calcio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0.10	4.89	9.48	4.33	5.46	-	-
Magnesio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0.10	1.17	1.38	0.76	0.90	-	-
Sodio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0.10	0.48	0.23	0.22	0.25	-	-
Potasio Intercambiable (*)	cmol (+)/Kg	0.10	<0.1	0.26	0.10	<0.1	-	-
Potasio Disponible (*)	ppm	3.20	68.40	147.20	84.00	76.40	-	-
Suma de bases intercambiables (*)	cmol (+)/Kg	-	6.60	11.34	5.41	6.70	-	
CICe (*)	cmol (+)/Kg	-	7.18	12.12	5.89	7.19	-	
Saturación de acidez y aluminio (*)	%	-	8.11	6.41	8.24	6.75	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliares Acreditado con la Norma NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF PUCALLPA

Dirección: Carretera Federico Basadre Km 44

Email: labsafpucallpa@inia.gob.pe

ICONOGRAFIA

Foto 1. *Alineamiento del terreno experimental*



Foto 2. *Extracción de muestra de suelo para análisis de fertilidad*



Foto 3. Preparación del hoyo de siembra para el trasplante



Foto 4. *Aplicación de fuentes y dosis de enmiendas por tratamiento*



Foto 5. Registro de datos de crecimiento de la palma aceitera



Foto 6. *Visita de Jurado de tesis al campo experimental*

