



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Título de la Unidad de Integración Curricular:

“EFICIENCIA DE ENMIENDAS FLOABLES Y SÓLIDAS EN CORRECCIÓN DE pH
EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)”

Autor:

Nick Anderson Ramírez Puluá

Tutor de la Unidad de Integración Curricular:

Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Nick Anderson Ramírez Puluá**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



Nick Anderson Ramírez Puluá

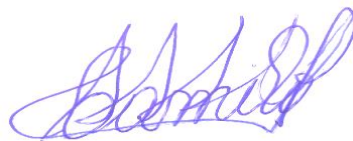
C.I. 1206444604

AUTOR

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Nick Anderson Ramírez Puluá**, realizó la Unidad de Integración Curricular: **“EFICIENCIA DE ENMIENDAS FLOABLES Y SÓLIDAS EN CORRECCIÓN DE pH EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente.



Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr.

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

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

Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr., docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y como director certifico que la unidad de integración curricular del estudiante **Nick Anderson Ramírez Puluá**, titulada: “**EFICIENCIA DE ENMIENDAS FLOABLES Y SÓLIDAS EN CORRECCIÓN DE pH EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)**” fue ingresado a la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de un 4%, lo cual está considerado dentro de los parámetros aceptables que establecen el reglamento e instructivos de la unidad de integración curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

URKUND	
Documento	Tesis Nick 2.docx (D86117818)
Presentado	2020-11-20 15:29 (-05:00)
Presentado por	Camilo (cmestanza@uteq.edu.ec)
Recibido	cmestanza.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Tesis Nick Mostrar el mensaje completo
	4% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.



Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr.

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

“EFICIENCIA DE ENMIENDAS FLOABLES Y SÓLIDAS EN CORRECCIÓN DE pH
EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Gregorio Vásquez Montufar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Marlon Monge Freile

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Erick Eguez Enríquez

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por prestarme vida y permitirme llegar hasta este momento, fueron muchos los obstáculos por los cuales tuve que pasar y gracias a él pude superarlos uno a uno, paso a paso y seguir adelante.

A mis abuelitos que a pesar de no estar conmigo me dejaron grandes enseñanzas de la vida a ser una mejor persona cada día a superar los obstáculos con gran esfuerzo y ahínco y a siempre ser una persona humilde y trabajadora.

A mis padres por todo el apoyo y los consejos que siempre me brindaron para poder alcanzar todas mis metas y ser una mejor persona y un gran profesional, a mi hermano mayor que a pesar de no conversar mucho con él, de vernos de vez en cuando es un ejemplo a seguir para mí. A mis tíos, Karina Ramírez y Wilson Pérez, que con el fallecimiento de mis abuelitos ellos se pusieron a mi lado a apoyarme, alentarme en todo lo que haga o me proponga cada día, por eso eternamente agradecidos con ellos.

A mis profesores por haber impartido todos sus conocimientos y enseñanzas durante todos estos años. De igual forma para quienes fueron participes para que este proyecto se llevara a cabo: Dr. Gregorio Vásquez Montúfar, Ing. Diana Véliz Zamora Msc. e Ing. Erick García. A mi tutor Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas, Dr. Por su dirección, instrucción y conocimientos que supo compartir conmigo y que quien con el pasar de los años se fue convirtiendo en un ejemplo a seguir y a pesar de ser mi profesor se fue convirtiendo en un amigo más por esto mis más sinceros agradecimientos.

A todos mis compañeros de curso con los cuales forme un gran vínculo de amistad, en especial para cuatro personas que fueron pieza fundamental en todo este proceso hasta poder llegar a este momento, mi gran amiga Denisse Mendoza por escucharme y aconsejarme siempre, mi mejor amiga Elizabeth Freile que ha estado es las buenas y malas a mi lado, que siempre ha estado ahí para apoyarme en todo lo que le pida, mi mejor amigo Harold Haón que siempre estuvo presto para ayudarme, apoyarme en todo lo que le pidiera o necesitara y a mi amiga Kattia Pinos por ser una persona muy importante y especial en todo este proceso, es por ello que le agradezco a Dios y a la vida por haberlos puesto en mi camino y hoy ser parte fundamental de mi vida.

NICK RAMÍREZ PULUÁ

DEDICATORIA

Este trabajo primero se lo dedico a Dios por prestarme salud y vida para poder culminarlo.

A mis abuelitos que sé que desde el cielo me están viendo y sintiéndose orgulloso de mi por haber logrado este paso importante en mi vida.

A mis padres y hermano por todos sus regaños, consejos y enseñanzas durante toda esta etapa, además de su incondicional apoyo para no rendirme nunca y seguir adelante.

A toda mi familia que siempre estuvieron a mi lado para aportar con su granito de arena y empujarme a siempre seguir adelante.

A los docentes por sus experiencias y conocimientos impartidos durante todos estos años para llegar a ser una gran profesional.

A mis amigos/as por su compañía durante esta etapa Universitaria, logrando compartir recuerdos y experiencias.

NICK RAMÍREZ PULUÁ

RESUMEN

La investigación se realizó en dos tipos de finca, La finca San José (palma orgánica) se encuentra ubicada en el recinto San Pedro de Cumandá perteneciente al cantón Las Naves y La finca San Carlos (palma convencional) se encuentra ubicada en el recinto Estero de Damas perteneciente al cantón Quinsaloma. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de enmiendas floables y sólidas en corrección de pH en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq.). Para el efecto de esta investigación se utilizaron tres tipos de enmiendas, dos floables y una sólida las cuales fueron aplicadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante por cada repetición y se tuvo un testigo para ser comparado. Los lotes fueron divididos en parcelas de 9x27 metros que ocuparon 8 plantas cada uno, se tuvo cuatro tratamientos y en cada tratamiento cuatro repeticiones tanto para la palma orgánica como para la convencional, el primer muestreo se lo realizó sin la aplicación de ninguna enmienda, después de esto se aplicaron las enmiendas en los lotes correspondientes, se tomaron las muestras cada 30 días durante 4 meses. Las muestras fueron secadas y llevadas al laboratorio para ser analizadas y determinar el pH de cada uno de los tratamientos en las diferentes etapas, mientras que, para los macro nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio se tomaron muestras solo en los 0, 60 y 120 días las cuales fueron enviadas a un laboratorio particular para ser analizadas. Se empleó un diseño de parcelas divididas (DPD) en un diseño completamente al azar (DCA). Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Obteniendo que el mejor tratamiento para mejorar el pH de un suelo cultivado de palma aceitera es la enmienda floable 2 (T2) además de tener el menor costo. El tratamiento enmienda sólida (T3) presenta el valor más alto de disponibilidad de nitrógeno NH_4 , en el suelo con 29,50 ppm de disponibilidad a los 60 días de aplicada la enmienda. En cuanto para fósforo (P) la enmienda floable 2 (T2) presenta el valor más alto de disponibilidad en el suelo con 34 ppm de disponibilidad a los 120 días de aplicada la enmienda. Mientras que para potasio (K) la enmienda sólida (T3) presenta el valor más alto de disponibilidad en el suelo con 0,74 ppm.

ABSTRACT

The research was carried out in two types of farm, The San José farm (organic palm) is located in the San Pedro de Cumandá area belonging to the Las Naves canton and the San Carlos farm (conventional palm) is located in the Estero de Cumandá area. Ladies belonging to the Quinsaloma canton. The objective of this research was to determine the efficiency of floable and solid amendments in correcting pH in the oil palm (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Crop. For the purpose of this research, three types of amendments were used, two floables and one solid, which were applied according to the manufacturer's recommendations for each repetition and a control was had to be compared. The lots were divided into 9x27 meter plots that occupied 8 plants each, there were four treatments and in each treatment four repetitions for both organic and conventional palm, the first sampling was carried out without the application of any amendment, then From this, amendments were applied in the corresponding batches, samples were taken every 30 days for 4 months. The samples were dried and taken to the laboratory to be analyzed and to determine the pH of each of the treatments in the different stages, while, for the macro nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, samples were taken only in the 0, 60 and 120 days which were sent to a private laboratory to be analyzed. A split plot design (DPD) was used in a completely randomized design (DCA). The results were analyzed in the statistical program InfoStat, and subjected to the Tukey test at 95% probability. Obtaining that the best treatment to improve the pH of a soil cultivated with oil palm is the floable amendment 2 (T2) in addition to having the lowest cost. The solid amendment treatment (T3) presents the highest value of NH₄ nitrogen availability, in the soil with 29.50 ppm of availability 60 days after applying the amendment. Regarding phosphorus (P), floable amendment 2 (T2) presents the highest availability value in the soil with 34 ppm of availability 120 days after the amendment is applied. While for potassium (K) the solid amendment (T3) presents the highest value of availability in the soil with 0.74 ppm.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 Problema de la investigación.	4
1.1.1 Planteamiento del problema.	4
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.1.3 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general.	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8

2.1.	Marco conceptual.....	9
2.2.	Marco referencial.....	10
2.2.1.	Origen.....	10
2.2.2.	Taxonomía.....	10
2.2.3.	Morfología.....	11
2.2.4.	Importancia Económica.....	12
2.2.5.	Requerimientos Edafoclimáticos.....	13
2.2.6.	pH.....	14
2.2.7.	La acidez del suelo.....	15
2.2.8.	Clasificación de acidez.....	15
2.2.9.	Remoción de nutrientes.....	16
2.2.10.	Uso de fertilizantes nitrogenados.....	16
2.2.11.	Enmiendas.....	17
2.2.12.	Materiales de enmienda o encalado.....	17
2.2.13.	Enmiendas complejas.....	17
2.2.14.	Tamaño de partícula.....	18
2.2.15.	Época y método de aplicación.....	18
2.2.16.	Efecto residual de las enmiendas.....	19
2.2.17.	Cálculo de requerimientos de enmienda.....	19
2.2.18.	Determinación de las dosis para neutralizar la acidez.....	20
2.2.19.	Investigaciones relacionadas.....	20
CAPÍTULO III		21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		21
3.1.	Localización.....	22
3.2.	Tipo de investigación.....	22
3.3.	Métodos de investigación.....	23
3.3.1.	Método inductivo.....	23

3.3.2.	Método deductivo.....	23
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	23
3.4.1.	Fuentes primarias.....	23
3.4.2.	Fuentes secundarias.....	23
3.5.	Diseño de la investigación.....	23
3.6.	Esquema del análisis de Varianza.....	24
3.7.	Modelo Matemático.....	24
3.8.	Instrumentos de investigación.....	24
3.9.	Variables evaluadas.....	25
3.9.1.	pH.....	25
3.9.2.	Disponibilidad de N, P y K.....	25
3.9.3.	Análisis económico.....	26
3.10.	Tratamiento de los datos.....	27
3.11.	Esquema de los tratamientos.....	27
3.12.	Estudio de los tratamientos.....	27
3.13.	Recursos humanos y materiales.....	28
3.13.1.	Recursos humanos.....	28
3.13.2.	Materiales de campo.....	28
3.13.3.	Materiales de laboratorio.....	28
CAPÍTULO IV.....		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		29
4.1.	Resultados.....	30
4.1.1.	Contenido de pH en efecto de la aplicación de diferentes enmiendas en un suelo cultivado de palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).....	30
4.1.2.	Contenido de Nitrógeno (NH ₄) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).....	34
4.1.3.	Contenido de Nitrógeno (NH ₄) para los diferentes tratamientos.....	34

4.1.4.	Disponibilidad de Nitrógeno (NH ₄) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.....	35
4.1.5.	Contenido de Fósforo (P) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).	37
4.1.6.	Contenido de Fósforo (P) para los diferentes tratamientos.	37
4.1.7.	Disponibilidad de Fósforo (P) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.....	38
4.1.8.	Contenido de Potasio (K) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).	40
4.1.9.	Contenido de Potasio (K) para los diferentes tratamientos.	40
4.1.10.	Disponibilidad de Potasio (K) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.....	41
4.1.11.	Análisis Económico.....	43
4.2.	Discusión.....	44
CAPÍTULO V.....		46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
5.1.	Conclusiones.....	47
5.2.	Recomendaciones.	47
CAPÍTULO VI.....		48
BIBLIOGRAFÍA		48
6.1.	Bibliografía.	49
CAPÍTULO VII.....		53
ANEXOS		53
7.1.	Análisis de varianza de las variables estudiadas.....	54
7.2.	Croquis de las parcelas.....	56
7.3.	Actividades realizadas en la investigación.	57

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Taxonomía de la palma aceitera.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2. Esquema de análisis de varianza.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3. Esquema de los tratamientos.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4. Potencial de hidrogeno (pH) presente en el suelo a los 0, 30, 60, 90 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5. Nitrógeno (NH₄) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6. Nitrógeno (NH₄) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.)... </i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7. Nitrógeno (NH₄) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 9. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 12. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 13. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	<i>42</i>

<i>Tabla 14. Costos totales por hectárea de aplicación de las diferentes enmiendas para la corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	43
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. mapa planímetro y descripción de la finca San Carlos.</i>	22
<i>Figura 2. mapa planímetro y descripción de la finca San José.</i>	22

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Resultado del análisis de varianza para pH a los 0 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	54
<i>Anexo 2. Resultado del análisis de varianza para pH a los 30 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	54
<i>Anexo 3. Resultado del análisis de varianza para pH a los 60 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	54
<i>Anexo 4. Resultado del análisis de varianza para pH a los 90 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).</i>	55

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Eficiencia de enmiendas floables y sólidas en corrección de pH en el cultivo de palma aceitera (<i>Elaeis Guineensis</i> Jacq.).				
Autor:	Ramírez Puluá Nick Anderson				
Palabras clave:	Palma Aceitera	Enmiendas sólidas	Enmiendas floables	pH	Corrección
Fecha de Publicación:					
Editorial:					
Resumen	<p>La investigación se realizó en dos tipos de finca, La finca San José (palma orgánica) se encuentra ubicada en el recinto San Pedro de Cumandá perteneciente al cantón Las Naves y La finca San Carlos (palma convencional) se encuentra ubicada en el recinto Estero de Damas perteneciente al cantón Quinsaloma. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de enmiendas floables y sólidas en corrección de pH en el cultivo de palma aceitera (<i>Elaeis Guineensis</i> Jacq.). Para el efecto de esta investigación se utilizaron tres tipos de enmiendas, dos floables y una sólida las cuales fueron aplicadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante por cada repetición y se tuvo un testigo para ser comparado. Los lotes fueron divididos en parcelas de 9x27 metros que ocuparon 8 plantas cada uno, se tuvo cuatro tratamientos y en cada tratamiento cuatro repeticiones, tanto para la palma orgánica como para la convencional, el primer muestreo se lo realizó sin la aplicación de ninguna enmienda, después de esto se aplicaron las enmiendas en los lotes correspondientes, se tomaron las muestras cada 30 días durante 4 meses. Las muestras fueron secadas y llevadas al laboratorio para ser analizadas y determinar el pH de cada uno de los tratamientos en las diferentes etapas, mientras que, para los macro nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio se tomaron muestras solo en los 0, 60 y 120 días las cuales fueron enviadas a un laboratorio particular para ser analizadas. Se empleó un diseño de parcelas divididas (DPD) en un diseño completamente al azar (DCA). Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al 95%</p>				

	<p>de probabilidad. Obteniendo que el mejor tratamiento para mejorar el pH de un suelo cultivado de palma aceitera es la enmienda floable 2 (T2) además de tener el menor costo. El tratamiento enmienda sólida (T3) presenta el valor más alto de disponibilidad de nitrógeno NH₄, en el suelo con 29,50 ppm de disponibilidad a los 60 días de aplicada la enmienda. En cuanto para fósforo (P) la enmienda floable 2 (T2) presenta el valor más alto de disponibilidad en el suelo con 34 ppm de disponibilidad a los 120 días de aplicada la enmienda. Mientras que para potasio (K) la enmienda sólida (T3) presenta el valor más alto de disponibilidad en el suelo con 0,74 ppm.</p>
<p>Abstract</p>	<p>The research was carried out in two types of farm, The San José farm (organic palm) is located in the San Pedro de Cumandá area belonging to the Las Naves canton and the San Carlos farm (conventional palm) is located in the Estero de Cumandá area. Ladies belonging to the Quinsaloma canton. The objective of this research was to determine the efficiency of floable and solid amendments in correcting pH in the oil palm (<i>Elaeis Guineensis</i> Jacq.) Crop. For the purpose of this research, three types of amendments were used, two floables and one solid, which were applied according to the manufacturer's recommendations for each repetition and a control was had to be compared. The lots were divided into 9x27 meter plots that occupied 8 plants each, there were four treatments and in each treatment four repetitions for both organic and conventional palm, the first sampling was carried out without the application of any amendment, then From this, amendments were applied in the corresponding batches, samples were taken every 30 days for 4 months. The samples were dried and taken to the laboratory to be analyzed and to determine the pH of each of the treatments in the different stages, while, for the macro nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, samples were taken only in the 0, 60 and 120 days which were sent to a private laboratory to be analyzed. A split plot design (DPD) was used in a completely randomized design (DCA). The results were analyzed in the statistical program InfoStat, and subjected to the Tukey test at 95% probability. Obtaining that the best treatment to improve the pH of a soil cultivated with oil palm is the floable amendment 2 (T2) in addition to having the lowest cost. The solid amendment treatment (T3)</p>

	<p>presents the highest value of NH₄ nitrogen availability, in the soil with 29.50 ppm of availability 60 days after applying the amendment. Regarding phosphorus (P), floable amendment 2 (T2) presents the highest availability value in the soil with 34 ppm of availability 120 days after the amendment is applied. While for potassium (K) the solid amendment (T3) presents the highest value of availability in the soil with 0.74 ppm.</p>
Descripción	75 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable que tiene una regeneración muy lenta, siendo sometido constantemente a los procesos de destrucción y degradación. Es un elemento fundamental para la agricultura que provee de agua y nutrientes a los cultivos; además, interviene en los ciclos del agua, carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos de interés (1). El acondicionamiento de los suelos en la rutina de la ingeniería, particularmente en el área agrícola, es una técnica que bien utilizada sirve para mejorar el comportamiento de los nutrientes en los suelos para poder ser aprovechados en los diferentes cultivos (2).

La acidez en los suelos afecta de una forma particular y determinante, algunas de las características químicas y biológicas del suelo, de modo que en general, reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como calcio, magnesio, potasio y fósforo; y favorece la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio, hierro y el manganeso (3).

Es necesario escoger los mejores suelos para el cultivo y así reducir las inversiones, teniendo en cuenta que uno de los costos más altos es la fertilización. Para reducir los costos de los fertilizantes es necesario hacer investigación en las plantaciones y así obtener las dosis óptimas para usarlos eficientemente (4). El éxito en el manejo de los cultivos se logra integrando el conocimiento de nutrición mineral de plantas, fertilidad de suelos, características y propiedades de las enmiendas y fertilizantes de la tecnología de aplicación de estos materiales (5).

En la actualidad, el cultivo de la palma aceitera se ha constituido en uno de los principales rubros agroindustriales del Ecuador mostrando, desde su introducción al país, un crecimiento sostenido debido, entre otros factores, a ser muy redituable y a la alta demanda del mercado de productos y subproductos de la palma aceitera.

Las zonas palmeras de Ecuador en su gran mayoría se han establecido en suelos de clasificación: inceptisoles, andisoles y oxisoles, los cuales generalmente poseen carácter ácido ($\text{pH} < 5.5$). Suelos que también tienen la característica de tener un complejo de bases de intercambio desbalanceado, problema de aluminio, hierro y manganeso, y lo más relevante que son altos fijadores de fósforo (3).

Es importante destacar que las enmiendas floables y sólidas han sido estudiadas no solo por su capacidad de mejoramiento de condiciones físico química de los suelos, sino por el aporte de los elementos como calcio y magnesio, este último muy escaso en los suelos de las regiones trópico-húmedo (6).

El encalado constituye la forma más efectiva de corregir los problemas de acidez en los suelos de bajo pH. Esta práctica agronómica se basa en la aplicación de sales básicas que neutralizan la acidez causada por la presencia de Al^{+3} e H^+ en el suelo. La decisión de encalar el suelo debe considerar el tipo de enmienda a utilizarse, además de la época, dosis y método de aplicación (7). Esta práctica estimula el crecimiento de la planta al reducir la toxicidad del Al y Mn e incrementar la disponibilidad de nutrientes como el Ca, N, P y molibdeno (Mo) (8).

Por lo expuesto, en la presente investigación se contribuirá con el reconocimiento del aporte para el mejoramiento de la calidad de los suelos para producción Palmera, mediante la utilización de enmiendas, análisis que serán realizados en dos fincas, Finca “San José” (Palma Orgánica); Finca “San Carlos” (Palma Convencional).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de la investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

Los suelos naturalmente tienden a la acidez más aun los que han sido destinados a la agricultura, como la producción de palma aceitera, donde la fertilización es una práctica habitual propia de este sistema de producción, donde la caída de elementos tóxicos como el aluminio, el magnesio van deteriorando la calidad del suelo, por eso, frente a este escenario es determinante encontrar estrategias para poder mejorar este problema, de tal manera que se pueda favorecer la disponibilidad de nutrientes tanto a nivel de la planta como su sistema radicular para así poder obtener los mejores resultados.

- **Diagnóstico.**

La acidez presente en los suelos cultivados de palma aceitera es un problema ya que afectan al desarrollo fisiológico y productivo del mismo, además de no permitir asimilar de mejor manera todos los nutrimentos que son aplicados para que exista una mejor formación de la planta, así como del fruto, siendo este el punto de partida para realizar el estudio de cómo mejorar la calidad del suelo aplicando diferentes tipos de enmiendas.

- **Pronóstico.**

En los momentos actuales el cultivo no cuenta con un adecuado análisis macro nutrientes y niveles de pH que existen en el suelo, el cual es perjudicial para el cultivo ya que no permite la adecuada asimilación de los nutrientes, además de que se puede estar aplicando fertilizantes en grandes cantidades sin saber si la planta los está absorbiendo o no, dando esto a un derroche de dinero sin poder obtener beneficio alguno.

1.1.2 Formulación del problema.

¿Cuál de las enmiendas floables y sólidas tendrá un mejor efecto inmediato además de una persistencia en la corrección de pH en el cultivo de palma aceitera con una relación beneficio/costo favorable para el agricultor?

1.1.3 Sistematización del problema.

¿Qué efecto inmediato tendrá la utilización de enmiendas floables y sólidas sobre el pH de un suelo cultivado de palma aceitera?

¿Cuál será la persistencia de las enmiendas floables y sólidas para la corrección del pH en un suelo cultivado de palma aceitera?

¿Cuál de las enmiendas floables y sólidas en la corrección de pH permitirá obtener la mejor relación beneficio/costo?

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar la eficiencia de enmiendas floables y sólidas en corrección de pH en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

1.2.2 Objetivos específicos.

- Analizar el efecto inmediato de las enmiendas floables y sólidas sobre el pH de un suelo cultivado de palma aceitera con manejo convencional y orgánico.
- Determinar la persistencia de las enmiendas floables y sólidas sobre el pH en un suelo cultivado de palma aceitera con manejo convencional y orgánico.
- Establecer la mejor relación beneficio/costo del uso de enmiendas floables y sólidas sobre el pH de un suelo cultivado de palma aceitera con manejo convencional y orgánico.

1.3 Justificación.

Cada día toma más importancia el manejo técnico de la fertilización y corrección de los desequilibrios químicos en los diferentes suelos ácidos, aún más, cuando se está ubicado en una zona tropical, con altas precipitaciones que facilitan la lixiviación de las bases e incremento de la acidez del suelo (9).

Con este trabajo se pretende generar una respuesta con el fin de aportar a la sociedad un resultado que pueda ayudar a como se debe manejar la acidez del suelo en producción agrícola. Existen diversos tipos de cales, cada una con características diferentes, dependiendo del tipo de suelo (pH, nutrientes, arcillas, clima, orden, relieve) y del tipo de cultivo (exigencias nutricionales, tolerancia al aluminio) se puede escoger la fuente adecuada, la dosis, el momento de aplicación, de tal manera que tanto económicamente como nutricionalmente se saque el mejor provecho del encalado (9).

Un encalado adecuado puede traer beneficios tanto al suelo como al cultivo, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del cultivo de palma aceitera, sin embargo, un diagnóstico inapropiado, una dosis equivocada puede tener dos posibles efectos, i) o no se ve ningún resultado, ii) se llega a un sobre-encalamiento del suelo, lo que trae efectos negativos tanto para el suelo como para la planta. Por esta razón se resalta la importancia de hacer los estudios de suelos adecuados para el manejo óptimo del suelo y lograr productividades y cosechas exitosas (9).

Se utilizará dos tipos de enmiendas floables y una sólida, según estudios las enmiendas floables tienen una mayor rapidez de asimilación al suelo, en cuanto a la enmienda sólida que tiene un más lenta, se pretende determinar cuál tendrá mayor persistencia en el suelo para ayudar a mejorar el pH, por tal motivo se lleva a cabo esta investigación para saber cuál será la mejor enmienda tanto para el cultivo como para el agricultor ya que estos tipos de enmiendas varían su costo en gran cantidad.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA
INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Palma aceitera.

La palma de aceite o africana es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Palmaceae; es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Originaria de países africanos, ha sido exportada a varias partes del mundo y cruzada con especies locales para crear híbridos que incrementan el nivel de producción (10).

Enmienda agrícola.

Una “enmienda agrícola” es un producto que se le adiciona a un suelo para la corrección y mejora de al menos una condición física, química o biológica del mismo, de forma tal que las nuevas condiciones sean más adecuadas para las plantas sembradas (o por sembrar) en éste (11).

Enmienda líquida.

Las enmiendas líquidas son suspensiones alcalinizantes concentradas que pueden presentarse en forma líquida o en polvos para disolver en agua, a partir de partículas muy finas mezcladas con agua y coadyuvantes que no permiten precipitar el producto (12).

Enmienda sólida.

Las enmiendas sólidas son rocas calizas molidas para obtener un producto fino, que entre más pequeño mayor es su capacidad de neutralización de la acidez del suelo (13).

pH.

El pH o potencial de Hidrógeno es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El control del pH es importante en los suelos y aguas agrícolas. Es el aspecto más importante para la disponibilidad de los nutrientes de las plantas y la efectividad de los plaguicidas (14).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Origen.

La palma africana (Palma aceitera africana, Coroto de Guinea, Palmera Aabora, Palmera de Guinea) es una planta tropical propia de climas cálidos cuyo origen se ubica en la región occidental y central del continente africano, concretamente en el golfo de Guinea, de ahí su nombre científico *Elaeis guineensis* Jacq., donde ya se obtenía desde hace 5 milenios. A pesar de ello, fue a partir del siglo XV cuando su cultivo se extendió a otras regiones de África (15).

Su propagación a mínima escala se inició en el siglo XVI a través del tráfico de esclavos en navíos portugueses, siendo entonces cuando llegó a América, después de los viajes de Cristóbal Colón, concretamente a Brasil. En esta misma época pasa a Asia Oriental (Indonesia, Malasia, etc.) (15).

2.2.2. Taxonomía.

Tabla 1. Taxonomía de la palma aceitera.

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Arecales
Familia:	Arecaceae
Subfamilia:	Coryphoideae
Género:	<i>Elaeis</i>
Especie:	<i>Elaeis guineensis</i> JACQ.

Elaborado por: Autor

2.2.3. Morfología.

- **Porte:** palmera monoica con tronco erecto solitario que puede alcanzar más de 40 m de altura en estado natural. En cultivos industriales para la obtención de aceite su altura se limita a los 10-15 m, con un diámetro de 30-60 cm cubierto de cicatrices de hojas viejas (15).
- **Sistema radicular:** es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias. Estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes (15).
- **Tallo:** comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Se desarrolla en tres o cuatro años, una vez que se ha producido la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Se inicia con la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo. En el otro extremo del bulbo, en el ápice del tallo, se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la palma y protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos durante un largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico. Al morir éstas, caen, dejando el tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, característica que puede apreciarse en plantas muy viejas (15).
- **Hojas:** hojas verdes pinnadas (con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) de 5-8 m de longitud que constan de dos partes, el raquis y el pecíolo. A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de folíolos dispuestos en diferentes

planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1,20 m). El pecíolo muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las cuales se transforman en foliolos rudimentarios a medida que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra “D” y a medida que se proyecta hacia el raquis se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central (15).

- **Inflorescencias:** las flores se presentan en espigas aglomeradas en un gran espádice (espata que protege a una inflorescencia de flores unisexuales) que se desarrolla en la axila de la hoja. La inflorescencia puede ser masculina o femenina. La inflorescencia masculina está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís. La inflorescencia femenina es un racimo globoso, de apariencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, que lleva en el centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico tricarpelar coronado por un estigma trífido cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen (15).
- **Fruto:** drupa de forma ovoide, de 3-6 cm de largo y con un peso de 5-12 g aproximadamente. Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro. Presentan una piel (exocarpio) lisa y brillante, una pulpa o tejido fibroso (mesocarpio) que contiene células con aceite, una nuez o semilla (endocarpio) compuesta por un cuesco lignificado y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo) (15).

2.2.4. Importancia Económica.

La palma africana ha sido utilizada desde la antigüedad para la obtención de aceite. Produce dos tipos de aceite, el del fruto y el de la semilla, respectivamente. El aceite alimentario se comercializa como aceite comestible, margarina, cremas, etc., y el aceite industrial es utilizado para la fabricación de cosméticos, jabones, detergentes, velas, lubricantes, etc. El aceite de palma africana representa casi el 25 % de la producción de aceites vegetales en el

mundo. Es considerado como el segundo aceite más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soja (16).

A pesar de ello, dentro de las plantas oleaginosas, es la de mayor rendimiento en toneladas métricas de aceite por hectárea. En comparación con otras especies oleaginosas, la palma africana tiene un rendimiento por hectárea varias veces superior. Es así que para producir lo que mismo que una hectárea de palma, se necesitan sembrar 10 y 9 ha de soja y girasol, respectivamente.

Debido a esto, el cultivo de la palma africana es de gran importancia económica ya que provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial (17).

2.2.5. Requerimientos Edafoclimáticos.

Clima.

La palma africana es una planta propia de la región tropical calurosa, por ello se ubica en aquellas zonas que presentan temperaturas medias mensuales que oscilan entre 26 °C y 28 °C, siempre que las mínimas mensuales no sean inferiores a 21 °C. Temperaturas inferiores a 17 °C durante varios días provocan una reducción del desarrollo de plantas adultas y en vivero detienen el crecimiento de las plántulas. No soporta heladas.

En cuanto a las precipitaciones, las condiciones favorables para esta especie están determinadas por la cantidad y distribución de las lluvias, que presentan rangos oscilantes entre 1800 mm y 2300 mm al año. Sin embargo, se puede presentar el caso de regiones con precipitaciones superiores a los 2300 mm, pero con largas épocas de sequía, razón por la cual los rendimientos no se corresponden con el régimen hídrico de la zona. A pesar de ello, se estima que una disponibilidad de 125 mm al mes, es suficiente para lograr las máximas producciones, lo que indicaría, que zonas con 1500 mm de lluvia al año, regularmente distribuidas, son deseables para el cultivo de la palma africana (18).

En relación a la luz, la palma africana se identifica como planta heliófila, por sus altos requerimientos de luz. Para lograr altas producciones se requieren 1500 horas de luz al año, aproximadamente, siendo importante la distribución de las mismas. Por ello, las zonas que presentan valores medios mensuales superiores a las 125 horas de luz, se consideran adecuadas para el cultivo de esta planta. La insolación afecta, además, a la emisión de las

inflorescencias, fotosíntesis, maduración de los racimos y contenido de aceite del mesocarpio (19). En cuanto a la humedad relativa, es necesario un promedio mensual superior al 75%.

Suelo.

El grado de rusticidad de la palma africana, permite su adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas con diversidad de suelos, dentro del marco ambiental del trópico húmedo. Tolera suelos moderadamente ácidos (5,5-6,5), aunque éstos en general presentan deficiencias de elementos nutritivos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro, que obligan a un manejo adecuado de la fertilización e imponen la aplicación de enmiendas. Cuando hay una alta acidez en el subsuelo se limita la profundización de las raíces y ocasiona susceptibilidad en las plantas a períodos prolongados de déficit hídrico (20).

Los suelos óptimos son los de textura franco-arcillosa. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, por lo que su consistencia es insuficiente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, por la dificultad para drenarlos y por la facilidad con la que se compactan (15).

Por tanto, los suelos óptimos para el cultivo de la palma africana, son suelos profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, con buen contenido en materia orgánica, topografía de plana a ligeramente ondulada con pendientes inferiores al 2% y con un nivel de fertilidad de medio a alto (20).

Es necesario evitar la formación de horizontes excesivamente coherentes, ya que el sistema radical es sensible a dicho fenómeno. Por tanto, la palma africana se desarrolla de forma adecuada en medios porosos, con suficiente capacidad de saturación de humedad, que permitan, además de un buen desarrollo radical, soportar cortos períodos de sequía, sin disminuir su producción (15).

2.2.6. pH.

Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la

concentración de Iones tóxicos, la CIC las diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo (21).

Influencia del pH sobre los diferentes elementos en el suelo, y otras características:

- **Nitrógeno:** La disponibilidad de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presentan las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno (21).
- **Fósforo:** Si el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y del hierro es alta. Estos compuestos precipitan con el fósforo como compuestos insolubles. En pH alcalino, es decir, superior a 7.5, el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos y formando compuestos Insolubles como la apatita; por lo tanto, el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral (21).
- **Calcio, magnesio y potasio:** Estos elementos aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos. la ele disminuye y, por 10 tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil (21).

2.2.7. La acidez del suelo.

La acidez del suelo ejerce una influencia clara sobre la asimilabilidad de los elementos del suelo por la planta. Un ácido es una sustancia que tiende a entregar protones (iones hidrógeno). Por otro lado, una base es cualquier sustancia que acepta protones. La acidez de una solución está determinada entonces por la actividad de los iones hidrógeno (H^+). Haciendo uso de estos principios químicos, la acidez en el suelo se determina midiendo la concentración de H^+ en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominado potencial hidrogeno (pH) (22).

2.2.8. Clasificación de acidez.

La acidez proveniente de las fuentes mencionadas anteriormente se puede clasificar de la siguiente forma:

- **Acidez activa:** Hidrógeno (H^+) disociado en la solución del suelo y proveniente de diferentes fuentes.

- Acidez intercambiable: Hidrógeno y aluminio intercambiables (H^+ , Al^{3+}) retenidos en los coloides del suelo por fuerzas electrostáticas.
- Acidez no intercambiable: Hidrógeno en enlace covalente en la superficie de los minerales arcillosos de carga variable.
- Acidez potencial: Acidez intercambiable + acidez no intercambiable (22).

2.2.9. Remoción de nutrientes.

Un suelo con pH neutro tiene saturada la fase de intercambio con cationes básicos (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+). Estos cationes satisfacen la carga eléctrica de la superficie de los coloides del suelo. La acidificación se inicia con la pérdida de estos cationes debido en parte a la acción de las raíces. La planta, al absorber cationes, libera H^+ para mantener el equilibrio en su interior, lo que contribuye a la reducción del pH del suelo (23).

Por otro lado, el movimiento de cationes o capas inferiores (lixiviación) contribuyen también a la acidificación del suelo. Este movimiento de cationes se debe a la presencia de aniones que formando pares iónicos se encargan de arrastrar los cationes del perfil del suelo con el movimiento del agua. En el inicio, el aporte de aniones a la solución del suelo se produce por medio de la mineralización de la materia orgánica que produce aniones como nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) y cloruro (Cl^-) que son los que arrastran los cationes básicos del perfil al formar los respectivos pares iónicos. Además, la materia orgánica del suelo se descompone con la ayuda de microorganismos produciendo un constante suplemento de CO_2 que fácilmente se transforma en bicarbonato (HCO_3^-) (23).

2.2.10. Uso de fertilizantes nitrogenados.

Los fertilizantes nitrogenados que contienen o forman amonio (NH_4^+) incrementan la acidez del suelo a menos que la planta absorba NH_4^+ directamente. Esta forma de nitrógeno (N) se convierte en nitrato (NO_3^-) a través de oxidación biológica (23).

La utilización de urea produce también acidificación del suelo, aun cuando las reacciones iniciales son diferentes. Después de la aplicación al suelo, la urea es atacada por la enzima ureasa facilitando la hidrólisis del material. La primera reacción forma carbamato de amonio que es un compuesto inestable. Esta reacción eleva el pH en la inmediata vecindad del granulo de urea a valores mayores de 8.0, en este caso alcalino (23).

2.2.11. Enmiendas.

Las cales o enmiendas son todo material cuya acción fundamental es el mejoramiento de las condiciones químicas del suelo, particularmente la acidez del mismo. Se refiere a todo material capaz de prevenir o corregir la acidez del suelo (24).

Las cales o enmiendas usadas en el encalamiento como correctivos de la acidez, son productos comerciales tipificados como fuentes minerales de origen natural o industrial que portan en su composición carbonatos, óxidos, hidróxidos, sulfatos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales difieren en su capacidad para neutralizar la acidez del suelo (24).

2.2.12. Materiales de enmienda o encalado.

Existen varios productos para encalar. La mayoría proviene de minas o yacimientos geológicos como son las calizas, dolomita, rocas fosfóricas, yesos, silicatos de magnesio, magnesitas y subproductos industriales como las Escorias Thomas (3).

Los principales productos para encalar también llamados cales o enmiendas, son los carbonatos, hidróxidos, óxidos y silicatos de Ca y/o Mg. La acción neutralizante de estos materiales no se debe en forma directa al Ca y Mg, sino a los aniones que están ligados a estos cationes: CO_3^{2-} , OH^- , SiO_3^{2-} (25).

Los OH^- generados por carbonatos, hidróxidos y silicatos son los que neutralizan la acidez del suelo al propiciar la precipitación del Al^{3+} como $\text{Al}(\text{OH})_3$ y la formación de agua. Entre los materiales que sirven para abonar y que contiene cal esta la caliza, marga y conchas de ostras molidas, las cuales se conoce que son restauradoras de terrenos (25).

2.2.13. Enmiendas complejas.

Enmiendas complejas es la mezcla de varios correctivos. Son mezclas que se fabrican de acuerdo a un análisis de suelos y las necesidades del cultivo. La aplicación conjunta de yeso y cal ayuda a reducir los problemas de acidez en el subsuelo, en un periodo de tiempo menor al que se logra con la aplicación exclusiva de cal. Esto permite la aplicación de los dos correctivos en una sola operación (26).

Algunos países que utilizan gran cantidad de enmiendas, como Brasil, han optado por sustituir las cales por una mezcla que es más “amigable” con el medio ambiente, consistente

en un 50% de silicato de calcio y 50% de yeso. Con esta mezcla se obtiene un resultado similar al obtenido con el encalamiento y se evita la emisión de CO₂ a la atmosfera (26).

Existen enmiendas más complejas, compuestas por cal dolomita, roca fosfórica, silicato de magnesio, yeso y elementos menores como el zinc y el boro. Las ventajas de estas mezclas son muy variables. En una mezcla balanceada en cuanto al contenido de nutrientes (calcio, magnesio, fósforo, azufre, zinc y boro).

- Se puede requerir menos cantidades de enmiendas para alcanzar el efecto que se lograría solamente con la aplicación de cal.
- Promueve un excelente desarrollo de las raíces y por lo tanto una mejor utilización de los fertilizantes completos.
- Se pueden mezclar fuentes de calcio y fósforo sin que se fije éste, debido a la incorporación de silicio a la mezcla, que evite esta reacción.
- Se puede utilizar en casi todo tipo de suelos ácidos y se puede aplicar incorporando o al voleo sobre praderas establecidas (26).

2.2.14. Tamaño de partícula.

Los materiales más finos reaccionan mucho más rápido que los gruesos y su efecto residual es menor. Conforme se reduce el tamaño de la partícula de cualquier material, aumenta su área o superficie de contacto (27).

Para estimar la eficiencia granulométrica de un material de encalado, se mide una cantidad determinada del material y se pasa por una secuencia de mallas o cribas de diferente tamaño, donde se obtiene la cantidad de material retenido en ellas. Los materiales que son retenidos en el tamiz de 8 son inefectivos. Los que pasan este tamiz, pero se retienen en tamiz 20 son 20% efectivos, pero reaccionan muy poco. Los que pasan el tamiz 20 pero se retienen en el tamiz 60, son 60% efectivos y pueden reaccionar en un período de 10-18 meses, y todos los que pasan este último tamiz tienen 100% de efectividad y reaccionan entre 3 y 6 meses (27).

2.2.15. Época y método de aplicación de la cal.

El método óptimo de aplicación es incorporar la cal en los primeros 15-20 cm del suelo utilizando un método de incorporación como el arado o la rastra. Sin embargo, esto no puede lograrse siempre, debido a los altos costos que representa o que el cultivo ya este establecido como los perennes, por lo cual la cal es aplicada en la superficie del plato del árbol (8).

En pastos y cultivos perennes, la incorporación completa solamente se puede realizar al inicio del cultivo. Una vez que el cultivo está establecido solamente es posible aplicar cal a la superficie, en ciertos casos con limitada incorporación. En el caso del cafeto, banano y palma aceitera, por ejemplo, la aplicación superficial de cal debe hacerse solamente en la banda o zona de fertilización. Esto se debe a que la acidificación ocurre en la banda o corona de fertilización y la aplicación de la cal en esta zona evita el desperdicio de cal en las zonas donde no existe problema. En estos casos, la aplicación superficial de cal eleva el pH en una profundidad restringida en el perfil del suelo (5-10 cm) que en ocasiones coincide con la zona donde se encuentra la mayor actividad radicular (8).

2.2.16. Efecto residual de las enmiendas.

El efecto residual de la cal depende de la velocidad de reacción de la cal en el suelo. La condición de acidez del suelo es el principal factor que hace que la cal reaccione en el suelo. Mientras existan iones H^+ en la solución del suelo, las reacciones del ion CO_3^{2-} continúan hasta neutralizar el H^+ o precipitar el Al^{+3} (29).

En suelos con pendientes, la cal aplicada superficialmente puede perderse por escorrentía y erosión. Se ha demostrado que la lixiviación de Ca y/o Mg proveniente de la cal, es elevada en suelos de texturas livianas y alta capacidad de infiltración. Los suelos ácidos de textura arenosa deben ser encalados con mayor frecuencia que los arcillosos. La alta temperatura y humedad favorecen la reacción de la cal. Por tal motivo, los materiales de encalado son más reactivos en zonas tropicales que en sitios (8).

2.2.17. Cálculo de requerimientos de enmienda.

Como necesidad de encalado se entiende la cantidad de material de enmienda que se debe aplicar al suelo para producir una elevación a un determinado valor de pH (3).

Cuando las especies iónicas de aluminio están presentes en la solución del suelo y el pH es <5.5 , éstas quedan disponibles para ser absorbidas por las raíces. Si la cantidad absorbida es muy alta, el aluminio interfiere en la división celular y, por ende, reducirá su crecimiento y desarrollo vegetal (30).

2.2.18. Determinación de las dosis para neutralizar la acidez.

La necesidad de cal depende tanto de las propiedades del suelo como las propiedades y los requerimientos del cultivo. Dosis muy bajas no reducen la acidez de forma cuantificable y su efecto residual es casi nulo.

Un análisis de suelo es la mejor herramienta para calcular una dosis adecuada. Con el encalado no solo se corregirá la acidez sino también se aumentarán la disponibilidad de algunos elementos. La cantidad de cal a aplicar dependerá del pH de suelo, del tipo de suelo, del tipo de cultivo, del aluminio intercambiable del suelo y la concentración crítica de nutrientes como calcio y magnesio (29).

2.2.19. Investigaciones relacionadas.

El elevado grado de “intemperización” de nuestros suelos (tropicales) reduce el tenor de silicio disponible para las plantas, así como la disponibilidad de fósforo (P) en el suelo. La diferencia es que la reducción de la disponibilidad del silicio ocurre debido a las pérdidas por lixiviación, en tanto que la disponibilidad del fósforo disminuye por la fijación. La gran mayoría de nuestros suelos tienen gran poder de fijación del fósforo; lo que los hace grandes competidores con las plantas por el fósforo suministrado por el fertilizante (31).

El silicio es un elemento que estimula el crecimiento de algunas plantas, por lo que es considerado como altamente benéfico, incluso esencial para un grupo de ellas (32). Se considera que el silicio mejora el desarrollo de raíces de las plantas y puede aumentar su masa radicular en un 50 y un 200% (33).

Se dice que el uso de enmiendas en andisoles ácidos dedicados al cultivo de la piña permite mejorar el rendimiento de fruta. Esto se atribuye al hecho de que las enmiendas crearon condiciones para un mejor crecimiento del sistema radicular al eliminar al Al^{+3} como el principal factor limitante en condiciones de suelo ácido. Además, el uso de enmiendas en Andisoles de carga variable genera cargas negativas incrementando la CIC y la posibilidad de absorber los nutrientes aplicados al cultivo de manera eficiente (34).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La presente investigación se realizó en dos diferentes fincas tal como se muestra a continuación:

La finca San Carlos (palma convencional) se encuentra ubicada en el recinto Estero de Damas perteneciente al cantón Quinsaloma cuyas coordenadas geográficas son latitud Sur $01^{\circ}17.100'$; latitud Oeste $79^{\circ}22.626'$, Altitud 52 (msnm).



MAPA PLANIMÉTRICO		
NOMBRE PROPIETARIO: DENIS ALEXANDER RAMIREZ GUIME		
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: SAN CARLOS		
PROVINCIA LOS RÍOS	CANTÓN QUINSALOMA	PARROQUIA QUINSALOMA
AREA PROPIEDAD (ha): 31.77		
AREA PLANTACIÓN (ha): 31.7		

Figura 1. mapa planímetro y descripción de la finca San Carlos.

La finca San José (palma orgánica) se encuentra ubicada en el recinto San Pedro de Cumandá perteneciente al cantón Las Naves cuyas coordenadas geográficas son latitud Sur $01^{\circ}17.569'$; latitud Oeste $79^{\circ}21.056'$, Altitud 67 (msnm).



MAPA PLANIMÉTRICO		
NOMBRE PROPIETARIO: DENIS ALEXANDER RAMIREZ GUIME		
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: SAN JOSE		
PROVINCIA BOLIVAR	CANTÓN LAS NAVES	PARROQUIA LAS NAVES
AREA PROPIEDAD (ha): 13.86 ha		
AREA PLANTACIÓN (ha): 12.4 ha		

Figura 2. mapa planímetro y descripción de la finca San José.

3.2. Tipo de investigación.

Investigación experimental. – la investigación fue de tipo experimental ya que se basó en el uso de tres tipos de enmiendas las cuales fueron aplicadas en dos diferentes cultivos de palma aceitera para mejorar el pH presente en el suelo, esto tributo a línea de investigación agricultura, silvicultura y producción animal y su respectiva sub línea de desarrollo de conocimientos y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semi-húmedo del litoral ecuatoriano.

3.3. Métodos de investigación.

Para este proyecto investigativo se utilizaron los métodos inductivos, deductivos y de síntesis, con el fin de establecer los lineamientos más idóneos para determinar diferencias entre el manejo de los cultivos y los tipos de enmiendas floables y sólidas.

3.3.1. Método inductivo.

Mediante este método se realizó la recolección de información de manera independiente de varias fuentes académicas y publicaciones de archivos científicos netamente confiables.

3.3.2. Método deductivo.

El método de deducción fue indagar sobre el tema y principios desconocidos enfocándose a los parámetros conocidos y aplicar sobre la base de la descripción de toda la investigación realizada.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes primarias

La observación directa y el análisis de los datos obtenidos en campo permitieron obtener información precisa sobre el problema de la investigación, este tipo de información está considerada como fuente primaria de información.

3.4.2. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias de información corresponden a la información recopilada de fuentes confiables de revistas indexadas e internet, además de información de libros y manuales de acuerdo a la sistematización de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

Al considerar que se tiene dos tipos de manejo en el cultivo de palma aceitera (palma orgánica y palma convencional), para el presente estudio se aplicó un diseño de parcelas divididas (DPD) en un diseño completamente al azar (DCA), donde A son las parcelas principales (con dos niveles: orgánico y convencional), B son las subparcelas (con cuatro tratamientos), cada tratamiento con cuatro repeticiones cada una, para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.6. Esquema del análisis de Varianza.

Tabla 2. Esquema de análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	
Factor A	a - 1	1
Error (a) (Repeticiones dentro del Factor A)	a (r - 1)	6
Factor B	b - 1	3
Interacción (A x B)	(a - 1) (b - 1)	3
Error experimental (b)	a (r - 1)(b - 1)	18
Total	abr - 1	31

Elaborado por: Autor

3.7. Modelo Matemático.

$$Y_{ijk} = u + t_i + (yt)_{ki} + B_j + (tB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Obs. de la unidad experimental

$(yt)_{ki}$ = Error de la parcela $[E_{(a)}]$

B_j = Efecto del tratamiento B de la subparcela

$(tB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los tratamientos de la parcela y subparcela

E_{ijk} = Error de la subparcela

u = Media general del ensayo

t_i = Efecto del tratamiento T de la parcela

Fuente: (35).

3.8. Instrumentos de investigación.

Para el efecto de esta investigación se utilizaron tres tipos de enmiendas, dos floables y una sólida las cuales fueron aplicadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y se tuvo un testigo para ser comparado.

Los lotes fueron divididos en parcelas de 9x27 metros que ocuparan 8 plantas cada uno, el primer muestreo se lo realizo sin la aplicación de ninguna enmienda, después de esto se aplicó las diferentes enmiendas en los lotes correspondientes, luego se tomaron las muestras cada 30 días durante 4 meses.

Entre los 30 y 60 días que llevaba el experimento se realizó la respectiva aplicación de fertilizante que requiere el cultivo de palma aceitera.

Las muestras fueron secadas y llevadas al laboratorio para ser analizadas y determinar el pH de cada uno de los tratamientos en las diferentes etapas, mientras que, para los macro nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio se tomaron muestras solo en los 0, 60 y 120 días las cuales fueron enviadas a un laboratorio particular para ser analizadas.

3.9. Variables evaluadas.

Se tomaron muestras de suelo de cero a treinta (0 a 30) centímetros de profundidad, en cada tratamiento y repetición, se enviaron al laboratorio para su análisis. Las muestras fueron tomadas a los 0, 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación.

3.9.1. pH.

Se registraron los datos de pH, acidez potencial (Al+H), de cada uno de los tratamientos y repeticiones en las diferentes etapas determinadas del proyecto.

Se determinaron mediante empleo de un pH-metro; las muestras de suelo se tamizaron y disolvieron en agua destilada. Se determinó el pH de cada muestra mediante el uso del pH-metro (36).

3.9.2. Disponibilidad de N, P y K.

Nitrógeno (N).

Para determinar el contenido de nitrógeno (N) de los suelos de las fincas se utilizó el método de digestión Kjeldahl (36).

Un número bastante grande de compuestos nitrogenados son encontrados en los suelos, y para su análisis en los suelos el método clásico es el procedimiento Kjeldahl. En el transcurrir de los años se han probado diferentes modificaciones para mejorar o remplazar el procedimiento Kjeldahl (37).

Fósforo (P).

El contenido de P se determinó mediante la capacidad tampón de fósforo, la cual se expresa como la cantidad de P necesaria para subir en 1mg/kg el P-Olsen de 1 ha de suelo hasta una profundidad de 20 cm. El método consistió en incubar un volumen de suelo a 60°C por 24 horas con y sin adición de P, posteriormente determinar el P-Olsen (extracción con solución de bicarbonato de sodio 0.5 mol/L a pH de 8.5). Se dividió el P agregado por la diferencia entre el P-Olsen de muestra incubada con y sin adición de P y este resultado se multiplico por 2 (Olsen and Sommers, 1982) (36).

La fracción de P disponible para la planta es solo una pequeña parte del P total. La determinación del P total involucra digestión de la muestra de suelo empleando un ácido fuerte para producir disolución de todas las formas insolubles inorgánicas y orgánicas de P. Esta medida de P total es sólo usada para estudios de génesis o de mineralogía de los suelos (37).

Potasio (K).

El contenido de K se determinó por extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH de 7.0 y posterior determinación por espectrofotometría de emisión atómica, puesto que el acetato de amonio extrae de las muestras de suelo los cationes solubles intercambiables provenientes de calcita, dolomita y yeso (36).

Esta fracción de K que es la suma del K soluble en agua más el K cambiante, es extraído mediante la solución de una sal neutra que reemplaza a los cationes presentes en el complejo de cambio, por lo tanto, la concentración del catión determinado por este método es referido como cambiante para suelos no calcáreos. Para suelos calcáreos el catión es referido como cambiante más soluble (37).

3.9.3. Análisis económico.

El análisis económico que se realizó en esta investigación es la comparación de los costos de aplicación de las enmiendas, para lo que se utilizó la fórmula:

$$CT = CF + CV$$

Dónde:

CT = Costos totales, CF = Costos fijos, CV = Costos variables

3.10. Tratamiento de los datos.

Se realizó una base de datos en Microsoft office Excel 2016, en cual se guardaron todos los datos de campo que se obtuvieron de la investigación para el respectivo análisis de las variables, se ingresaron los datos en el programa estadístico Infostat, donde se estudiaron mediante un análisis de la varianza y comparación de medias mediante el test Tukey con una probabilidad del 5% ($p \leq 0.05$).

3.11. Esquema de los tratamientos.

Tabla 3. Esquema de los tratamientos.

Tratamiento	Repeticiones	Plantas/repetición	Plantas por tratamiento
Testigo (T0)	4	8	32
Enmienda floable 1 (T1)	4	8	32
Enmienda floable 2 (T2)	4	8	32
Enmienda sólida (T3)	4	8	32

Elaborado por: Autor

T0 Testigo

T1 Enmienda floable 1 (Organosilanos 100%)

T2 Enmienda floable 2 (Oxido de Calcio CaO 35%)

T3 Enmienda sólida (Carbonato de Calcio CaCO₃ 96%)

3.12. Estudio de los tratamientos.

Se estudiaron cuatro tratamientos con distintos tipos de enmiendas con cuatro repeticiones cada uno, esta investigación se emplea para conocer el efecto inmediato, la persistencia y la mejor relación beneficio/costo de enmiendas sólidas o floables en el mejoramiento del pH en un suelo cultivado de palma aceitera.

3.13. Recursos humanos y materiales.

3.13.1. Recursos humanos

- Director del proyecto de investigación Ing. Camilo Alexander Mestanza Uquillas. Dr.
- Colaborador de proyecto de investigación Ing. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar. Dr.
- Colaboradora de laboratorio Ing. Diana Verónica Veliz Zamora Msc.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación: Nick Anderson Ramírez Puluá.

3.13.2. Materiales de campo.

- Enmienda floable 1 (Organosilanos 100%)
- Enmienda floable 2 (Oxido de Calcio CaO 35%)
- Enmienda sólida (Carbonato de Calcio CaCO₃ 96%)
- Palilla
- Machete
- Balde
- Bolsas plásticas
- Letreros de identificación
- Cuaderno de campo

3.13.3. Materiales de laboratorio.

- Probeta
- Balanza
- Filtros
- Vasos de precipitación
- Estufa.
- Gradillas.
- pH-metro
- Tamices.
- Hidrómetro.
- Cucharas plásticas.
- Embudos.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

La presente investigación se realizó con el fin de terminar cuál de las diferentes enmiendas es mejor para la corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera teniendo en cuenta que se tiene dos tipos de manejo del cultivo (palma orgánica y palma convencional), en la cual también se analizaron variables de N, P, K y relación beneficio/costo, a través de datos que se fueron recolectando durante 120 días, cabe mencionar que la toma de muestra del dato de 0 días es sin aplicación de enmiendas.

Entre los 30 y 60 días de transcurso de la investigación se realizó la aplicación respectiva del fertilizante (3kg*planta) debido al manejo normal de la plantación, este fertilizante es una formula elaborada de acuerdo a los análisis de suelo y foliar que se realizaron en años anteriores, dando en los resultados que no hubo ninguna disminución en el efecto de las enmiendas con el aumento del pH.

4.1.1. Nivel de pH en efecto de la aplicación de diferentes enmiendas en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

En la tabla 4, según los resultados del análisis de varianza para la variable palma a los 0, 30, 60, 90 y 120 días presentaron diferencias significativas.

Obteniendo que, para palma orgánica el resultado siempre fue mayor en todas sus etapas en comparación a la palma convencional, además de que el más alto coeficiente de variación se presentó a los 30 días con un valor de 3,35%, después le siguió a los 60 días con 2,09%, a los 120 días 1,56% y el más bajo se presentó a los 90 días 1,48%, respetivamente.

En la tabla 4, se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable tratamientos de los cuales para los 0, 30, 60, 90 y 120 días presentaron diferencias significativas.

Teniendo que para los 0 días (sin aplicación de enmiendas) los valores de pH fluctuaron desde 4,94 hasta 5,15 en los diferentes tratamientos.

A los 30 días se tuvo un aumento en todos los tratamientos dando como resultado que la enmienda floable 2 (T2) presentó el mayor aumento con un valor de 5,72, seguido de la enmienda floable 1 (T1) con 5,51, posteriormente la enmienda sólida (T3) con 5,27 y último el testigo (T0) con 5,18.

Para los 60 días los resultados variaron teniendo que la enmienda floable 1 (T1) presentó el mayor valor con 5,91, seguido por la enmienda floable 2 (T2) con 5,87, de ahí la enmienda sólida (T3) con 5,65 y por último el testigo (T0) con 5,17.

En los 90 días los resultados volvieron a cambiar poniendo a la enmienda sólida (T3) con el mayor valor de 6,06, seguido de la enmienda floable 1 (T1) con 6,01, la enmienda floable 2 (T2) con 5,99 y ultimo el testigo (T0) con 5,25.

A los 120 días todos los tratamientos presentan una disminución en el accionar de las enmiendas dando los siguientes resultados que la enmienda floable 1 (T1) da un valor de 5,69, seguido de la enmienda sólida (T3) 5,68, la enmienda floable 2 (T2) con 5,64 y por último el testigo (T0) con 5,17.

En la tabla 4, según el análisis de varianza para la interacción de los factores palma y tratamiento, se encontraron diferencias significativas en todas las etapas del experimento.

Teniendo que a los 0 días (sin aplicación de enmiendas) el pH para palma orgánica en todos los tratamientos fluctuó entre 5,15 a 5,23, en cuanto en la palma convencional los valores fueron 4,74 a 5,07.

En cuanto a los 30 días presentaron distintos valores teniendo que para palma orgánica el mejor tratamiento fue enmienda floable 2 (T2) con un valor de 5,86, seguido de enmienda sólida (T3) con 5,56, después la enmienda floable 1 (T1) 5,32 y por último el testigo (T0) con 5,29; en cambio para palma convencional el mejor tratamiento fue enmienda floable 1 (T1) con 5,70, lo siguió enmienda floable 2 (T2) con 5,69, seguido del testigo (T0) con 5,08 y por último la enmienda sólida (T3) con 4,97.

Para los 60 días se tuvo que para palma orgánica el mejor tratamiento fue enmienda sólida (T3) con un valor de 5,96, después enmienda floable 1 (T1) con 5,93, seguido de enmienda floable 2 (T2) con 5,89 y por último el testigo (T0) con 5,22; en cuanto a palma convencional el mejor tratamiento fue enmienda floable 1 (T1) con 5,88, seguido de enmienda floable 2 (T2) con 5,84; después enmienda sólida (T3) con 5,35 y por último el testigo (T0) con 5,12.

En los 90 días presentaron los siguientes valores, para palma orgánica el mejor tratamiento fue enmienda sólida (T3) con 6,05, seguido de enmienda floable 1 (T1) con 6,04, después la enmienda floable 2 (T2) con 6,03 y por último el testigo (T0) con 5,38; en cuanto a palma convencional el mejor tratamiento fue enmienda sólida (T3) con 6,08, seguido de la enmienda

floable 1 (T1) con 5,99, después enmienda floable 2 (T2) con 5,94 y por último el testigo con 5,12.

A los 120 días tanto para el factor palma como para el factor tratamientos presentaron una caída en el pH presente en el suelo dando los siguientes valores, para palma orgánica los tratamientos enmienda floable 1 (T1) y enmienda sólida 2 (T2) dieron un valor igual de 5,72, en cuanto para enmienda floable 2 (T2) y el testigo (T0) los valores fueron 5,68 y 5,25 respectivamente; en cuanto a palma convencional los valores para los tratamientos fueron, para enmienda floable 1 (T1) 5,65, seguido de enmienda sólida (T3) con 5,63, después la enmienda floable 2 (T2) con 5,60 y por último el testigo (T0) con 5,09.

Tabla 4. Potencial de hidrogeno (pH) presente en el suelo a los 0, 30, 60, 90 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

FACTOR A		PH				
PALMA		0 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	120 DIAS
Orgánica		5,19 a	5,51 a	5,75 a	5,88 a	5,59 a
Convencional		4,92 b	5,33 b	5,55 b	5,78 b	5,49 b
C.V. %		2,46	3,35	2,09	1,48	1,56
FACTOR B						
TRATAMIENTOS		0 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	120 DIAS
Testigo (T0)		5,04 ab	5,18 c	5,17 c	5,25 b	5,17 b
Enmienda floable 1 (T1)		5,08 ab	5,51 ab	5,91 a	6,01 a	5,69 a
Enmienda floable 2 (T2)		5,15 a	5,72 a	5,87 a	5,99 a	5,64 a
Enmienda sólida (T3)		4,94 b	5,27 bc	5,65 c	6,06 a	5,68 a
INTERACCIÓN A*B						
PALMA	TRATAMIENTOS	0 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	120 DIAS
Orgánica	Testigo (T0)	5,18 ab	5,29 bc	5,22 b	5,38 b	5,25 b
Orgánica	Enmienda floable 1 (T1)	5,21 ab	5,32 bc	5,93 a	6,04 a	5,72 a
Orgánica	Enmienda floable 2 (T2)	5,23 a	5,86 a	5,89 a	6,03 a	5,68 a
Orgánica	Enmienda sólida (T3)	5,15 ab	5,56 ab	5,96 a	6,05 a	5,72 a
Convencional	Testigo (T0)	4,91 bc	5,08 c	5,12 b	5,12 c	5,09 b
Convencional	Enmienda floable 1 (T1)	4,95 abc	5,70 ab	5,88 a	5,99 a	5,65 a
Convencional	Enmienda floable 2 (T2)	5,07 ab	5,59 ab	5,84 a	5,94 a	5,60 a
Convencional	Enmienda sólida (T3)	4,74 c	4,97 c	5,35 b	6,08 ab	5,63 a
C.V. %		2,46	3,35	2,09	1,48	1,56

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.2. Contenido de Nitrógeno (NH₄) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).

En la tabla 5 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de nitrógeno (NH₄) en la variable palma la cual no presento diferencias significativas en ninguna de las etapas del experimento, pero si presento diferencia numérica.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) el valor para palma orgánica y palma convencional fueron el mismo con 13, en cuanto a los 60 días hubo un aumento dando para palma orgánica 26,50 y para convencional 29, a los 120 días el valor descendió dando para palma orgánica 14 y para palma convencional 21,25.

Tabla 5. Nitrógeno (NH₄) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).

PALMA	NITROGENO (NH ₄) (mg/kg)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
ORGÁNICA	13 a	26,50 a	14 a
CONVENCIONAL	13 a	29 a	21,25 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: Autor

4.1.3. Contenido de Nitrógeno (NH₄) para los diferentes tratamientos.

En la tabla 6 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de nitrógeno (NH₄) para la variable tratamiento, presentando esta que a los 0 días (sin aplicación de enmiendas) presento una diferencia significativa, en cuanto a los 60 y 120 días no presentaron diferencias significativas, pero si diferencias numéricas.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) en los diferentes tratamientos los valores fueron de 15 para enmienda floable 2 (T2), seguido de enmienda sólida (T4) con 14,50, después la enmienda floables 1 (T1) con 14 y por último el testigo (T0) con 8,50.

En cuanto a los 60 días los valores presentaron un aumento en todos los tratamientos donde dan los resultados de que la enmienda sólida (T3) con 29,50, después enmienda floable 2 (T2) con 28, seguido de enmienda floable 1 (T2) con 27 y ultimo el testigo (T0) con 26,50.

A los 120 días los valores descienden en todos los tratamientos dando como resultado que la enmienda sólida (T3) con 26,50 es la de mayor valor, seguido de la enmienda floable 1 (T1) con 16,50, después la enmienda floable 2 (T2) con 14 y al final el testigo (T0) con 13,50.

Tabla 6. Nitrógeno (NH₄) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

TRATAMIENTOS	NITROGENO (NH ₄) (mg/kg)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
Testigo (T0)	8,50 b	26,50 a	13,50 a
Enmienda floable 1 (T1)	14 a	27 a	16,50 a
Enmienda floable 2 (T2)	15 a	28 a	14 a
Enmienda sólida (T3)	14,50 a	29,50 a	26,50 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.4. Disponibilidad de Nitrógeno (NH₄) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.

Mediante los análisis de laboratorio realizados para la obtención de la concentración de nitrógeno (NH₄) presente en el suelo en los diferentes manejos del cultivo y para cada tratamiento se obtienen los siguientes resultados (tabla 7).

A los 0 días tanto para la variable palma como para la variable tratamiento presentaron que los niveles de nitrógeno (NH₄) son bajos, en los 60 días el nivel vario siendo este medio para las dos variables y en cuanto a los 120 días el nivel volvió a ser bajo para las variables, teniendo un solo tratamiento en la palma convencional que se mantuvo en nivel medio que este fue el de enmienda sólida (T3).

Tabla 7. Nitrógeno (NH_4) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

PALMA	TRATAMIENTOS	NITROGENO (NH_4) (mg/kg)					
		0 DIAS	NIVEL	60 DIAS	NIVEL	120 DIAS	NIVEL
ORGÁNICA	Testigo (T0)	8	Bajo	29	Medio	11	Bajo
ORGÁNICA	Enmienda floable 1 (T1)	14	Bajo	25	Medio	16	Bajo
ORGÁNICA	Enmienda floable 2 (T2)	16	Bajo	23	Medio	16	Bajo
ORGÁNICA	Enmienda sólida (T3)	14	Bajo	29	Medio	13	Bajo
CONVENCIONAL	Testigo (T0)	9	Bajo	24	Medio	16	Bajo
CONVENCIONAL	Enmienda floable 1 (T1)	14	Bajo	29	Medio	17	Bajo
CONVENCIONAL	Enmienda floable 2 (T2)	14	Bajo	33	Medio	12	Bajo
CONVENCIONAL	Enmienda sólida (T3)	15	Bajo	30	medio	40	Medio

Elaborado por: Autor

4.1.5. Contenido de Fósforo (P) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).

En la tabla 8 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de fósforo (P) en la variable palma la cual para los 0 días (sin aplicación de enmiendas) no presento diferencias significativas, pero si numéricas, en cuanto a los 60 y 120 días si presento diferencias significativas.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) el valor para palma orgánica y palma convencional fueron de 24,25 y 29 respectivamente, en cuanto a los 60 días hubo una disminución dando para palma orgánica 8,25 y para convencional 23,75, a los 120 días el valor aumento dando para palma orgánica 14,25 y para palma convencional 39.

Tabla 8. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

PALMA	FÓSFORO (P) (mg/kg)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
ORGÁNICA	24,25 a	8,25 b	14,25 b
CONVENCIONAL	29 a	23,75 a	39 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.6. Contenido de Fósforo (P) para los diferentes tratamientos.

En la tabla 9 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de fósforo (P) para la variable tratamiento, presentando está en todas las etapas del experimento que no existe diferencias significativas, pero si existe diferencia numérica.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) en los diferentes tratamientos se empezó que el mayor valor fue de 29,50 para enmienda floable 2 (T2), seguido de enmienda floable 1 (T1) con 26,50, después el testigo (T0) con 25,50 y por último la enmienda sólida (T3) con 25.

En cuanto a los 60 días presentan una disminución de valores en todos los tratamientos donde la de mayor valor es la enmienda floable 1 (T1) con 19,50, después enmienda sólida (T3) con 18, seguido de enmienda floable 2 (T2) con 13,50 y ultimo el testigo (T0) con 13.

A los 120 días existe un incremento de los valores dando como resultado el mayor la enmienda floable 2 (T2) con 34, seguido de la enmienda floable 1 (T1) con 26, después la enmienda sólida (T3) con 24 y al final el testigo (T0) con 22,50.

Tabla 9. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

TRATAMIENTOS	FÓSFORO (P) (mg/kg)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
Testigo (T0)	25,50 a	13 a	22,50 a
Enmienda floable 1 (T1)	26,50 a	19,50 a	26 a
Enmienda floable 2 (T2)	29,50 a	13,50 a	34 a
Enmienda sólida (T3)	25 a	18 a	24 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.7. Disponibilidad de Fósforo (P) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.

Mediante los análisis de laboratorio realizados para la obtención de la concentración de fósforo (P) presente en el suelo en los diferentes manejos del cultivo y para cada tratamiento se obtienen los siguientes resultados (tabla 10).

A los 0 días tanto para la variable palma como para la variable tratamiento presentaron que los niveles de fósforo (P) son altos pero para el tratamiento enmienda sólida (T3) de palma orgánica este vario siendo nivel medio, en los 60 días los niveles variaron siendo para palma orgánica los tratamientos testigo (T0) y enmienda floable 2 (T2) los niveles bajo y para enmienda floable 1 (T1) y enmienda sólida (T3) el nivel fue medio, en cambio para la palma convencional fue de nivel alto para todos sus tratamientos y en cuanto a los 120 días el nivel para palma orgánica en todos sus tratamientos fue de medio, en cambio para palma convencional todos sus tratamientos tuvieron un nivel alto.

Tabla 10. Fósforo (P) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

PALMA	TRATAMIENTOS	FÓSFORO (P) (mg/kg)					
		0 DIAS	NIVEL	60 DIAS	NIVEL	120 DIAS	NIVEL
ORGÁNICA	Testigo (T0)	26	Alto	5	Bajo	15	Medio
ORGÁNICA	Enmienda floable 1 (T1)	25	Alto	10	Medio	15	Medio
ORGÁNICA	Enmienda floable 2 (T2)	26	Alto	6	Bajo	17	Medio
ORGÁNICA	Enmienda sólida (T3)	20	Medio	12	Medio	10	Medio
CONVENCIONAL	Testigo (T0)	25	Alto	21	Alto	30	Alto
CONVENCIONAL	Enmienda floable 1 (T1)	28	Alto	29	Alto	37	Alto
CONVENCIONAL	Enmienda floable 2 (T2)	33	Alto	21	Alto	51	Alto
CONVENCIONAL	Enmienda sólida (T3)	30	Alto	24	Alto	38	Alto

Elaborado por: Autor

4.1.8. Contenido de Potasio (K) para los dos tipos de manejo (palma orgánica y palma convencional).

En la tabla 11 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de potasio (K) en la variable palma la cual no presento diferencias significativas en ninguna de las etapas del experimento, pero si presento diferencia numérica.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) el valor para palma orgánica y palma convencional fueron de 0,20 y 0,37 respectivamente, en cuanto a los 60 días hubo un aumento dando para palma orgánica 0,66 y para convencional 0,69, a los 120 días el valor tuvo una disminución dando valores para palma orgánica de 0,32 y para palma convencional 0,43.

Tabla 11. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de los dos tipos de manejo (orgánica y convencional) del cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.).

PALMA	POTASIO (K)(meq/100ml)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
ORGÁNICA	0,20 a	0,66 a	0,32 a
CONVENCIONAL	0,37 a	0,69 a	0,43 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.9. Contenido de Potasio (K) para los diferentes tratamientos.

En la tabla 12 se presenta el análisis sobre la disponibilidad de potasio (K) para la variable tratamiento, presentando está en todas las etapas del experimento que no existe diferencias significativas, pero si existe diferencia numérica.

A los 0 días (sin aplicación de enmiendas) en los diferentes tratamientos se empezó que el mayor valor fue de 0,44 para enmienda floable 2 (T2), seguido de testigo (T0) con 0,28, después la enmienda floable 1 (T1) con 0,23 y por último la enmienda sólida (T3) con 0,20.

En cuanto a los 60 días presentan un aumento en el valor de los tratamientos donde estos fueron que para enmienda sólida (T3) con 0,74 es la de mayor valor, después enmienda floable 1 (T1) con 0,71, seguido de testigo (T0) con 0,68 y por último la enmienda floable 2 (T2) con 0,58.

A los 120 días existe una disminución de los valores dando como resultado que para testigo (T0) es de 0,51, seguido de la enmienda floable 1 (T1) y enmienda sólida (T3) con un valor igual de 0,36 y al final la enmienda floable 1 (T1) con 0,28.

Tabla 12. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en el testigo y los tres tipos de enmiendas aplicados en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

TRATAMIENTOS	POTASIO (K) (meq/100ml)		
	0 DIAS	60 DIAS	120 DIAS
Testigo (T0)	0,28 a	0,68 a	0,51 a
Enmienda floable 1 (T1)	0,23 a	0,71 a	0,28 a
Enmienda floable 2 (T2)	0,44 a	0,58 a	0,36 a
Enmienda sólida (T3)	0,20 a	0,74 a	0,36 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autor

4.1.10. Disponibilidad de Potasio (K) entre los diferentes tratamientos para los dos tipos de manejo.

Mediante los análisis de laboratorio realizados para la obtención de la concentración de potasio (K) presente en el suelo en los diferentes manejos del cultivo y para cada tratamiento se obtienen los siguientes resultados (tabla 13).

A los 0 días para palma orgánica en los tratamientos testigo (T0) y enmienda floable 2 (T2) presentaron nivel medio en cambio los tratamientos enmienda floable 1 (T1) y enmienda sólida (T3) presentaron nivel bajo, en cuanto a palma convencional los tratamientos testigo (T0) y y enmienda floable 1 (T1) presentaron nivel medio, la enmienda floable 2 (T2) presento nivel alto y la enmienda sólida (T3) presento nivel medio , en los 60 días el nivel fue de alto para todos los tratamientos en los dos manejos y en cuanto a los 120 días el nivel para palma orgánica en los tratamientos enmiendas floables 1 (T1), enmienda floable 2 (T2) y enmienda sólida (T3) fue de nivel medio en cambio para el testigo (T0) fue alto, para palma convencional el testigo (T0) y enmienda floable 1 (T1) fue de nivel medio en comparación para enmienda floable 2 (T2) y enmienda sólida (T3) que fue de nivel alto.

Tabla 13. Potasio (K) presente en el suelo a los 0, 60 y 120 días en efecto de aplicación de dos enmiendas floables y una sólida para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

PALMA	TRATAMIENTOS	POTASIO (K) (meq/100ml)					
		0 DIAS	NIVEL	60 DIAS	NIVEL	120 DIAS	NIVEL
ORGÁNICA	Testigo (T0)	0,20	Medio	0,63	Alto	0,62	Alto
ORGÁNICA	Enmienda floable 1 (T1)	0,19	Bajo	0,65	Alto	0,23	Medio
ORGÁNICA	Enmienda floable 2 (T2)	0,26	Medio	0,57	Alto	0,20	Medio
ORGÁNICA	Enmienda sólida (T3)	0,16	Bajo	0,79	Alto	0,23	Medio
CONVENCIONAL	Testigo (T0)	0,35	Medio	0,72	Alto	0,40	Medio
CONVENCIONAL	Enmienda floable 1 (T1)	0,26	Medio	0,76	Alto	0,33	Medio
CONVENCIONAL	Enmienda floable 2 (T2)	0,62	Alto	0,59	Alto	0,51	Alto
CONVENCIONAL	Enmienda sólida (T3)	0,24	medio	0,69	Alto	0,49	Alto

Elaborado por: Autor

4.1.11. Análisis Económico.

El costo de aplicación de los tratamientos se presenta en la tabla 16, en la cual permite observar que el de menor costo de aplicación por hectárea es de enmienda floable 2 (T2) con un valor de U\$D 100, mientras que el más costoso resulta ser la enmienda floable 1 (T1) con un costo de U\$D 250 y para la enmienda sólida (T3) presentó un costo de U\$D 106.

Los resultados del análisis de costos de aplicación de los tratamientos que se reportan en la tabla 16, permite observar que tratamiento enmienda floable 2 (T2) es el más económico, además de resultar ser el más efectivo de efecto inmediato en la corrección de pH para el cultivo de palma aceitera.

Tabla 14. Costos totales por hectárea de aplicación de las diferentes enmiendas para la corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

CONCEPTO	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Enmienda floable 1 (T1)	220	-	-
Enmienda floable 2 (T2)	-	70	-
Enmienda sólida (T3)	-	-	76
Preparación del experimento (jornal)	15	15	15
Jornal de aplicación	15	15	15
Costos de aplicación U\$D/ha	250	100	106

4.2. Discusión.

El presente estudio se ejecutó con el fin de determinar si el uso de enmiendas ayuda a mejorar el pH presente en el suelo en cultivo de palma aceitera, además de ver como incide en los macronutrientes como lo son N, P y K. Los resultados obtenidos en la investigación muestran que mayoritariamente si existe un efecto significativo.

Uno de los elementos más importantes de este cultivo es el suelo porque las plantaciones de palma son perennes (20-25 años) y este es un factor que está ligado íntimamente con la producción y rendimiento de aceite. En cuanto a las propiedades químicas del suelo merecen especial atención la fertilidad y el pH junto con la disponibilidad de nutrientes. Siendo los nutrientes esenciales el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos macronutrientes frecuentemente se encuentran en bajas cantidades en los suelos por lo que deben ser adicionados (38).

El pH ideal de un suelo será diferente según su naturaleza, el cultivo en cuestión y el elemento fertilizante considerado. En tierras bien constituidas no resultan excesivos los valores de pH, no obstante, el objetivo deseable cuando se trata de corregir el pH debe ser muy inferior procurando siempre evitar el sobre encalado, ya que tiene consecuencias muy perjudiciales para la asimilación de los muchos de los elementos nutrientes (26); quien manifiesta que se puede requerir menos cantidad de enmiendas para alcanzar el efecto que se lograría solamente con la aplicación de cal, lo cual contrasta con los resultados obtenidos ya que el mejor resultado tanto en efecto inmediato y de persistencia se obtuvieron en las dos enmiendas floables.

La palma africana es un cultivo perenne que requiere asegurar la disponibilidad de los macro y micronutrientes esenciales. Esto se logra con niveles adecuados de pH que oscilan entre 4 y 6 con un óptimo de 5.5. Un balance adecuado de dichos nutrientes favorece el buen crecimiento y desarrollo de una planta vigorosa, que permitirá en el futuro obtener rendimientos aceptables de aceite para una plantación (39), con estos datos expresados podemos determinar que con el uso de las enmiendas ayudamos a mejorar el pH del suelo hasta llegar al óptimo.

Navarro G, 2014 (40), manifiesta que los fertilizantes nitrogenados que contienen o forman amonio (NH_4^+) incrementan la acidez del suelo a menos que la planta absorba NH_4^+ directamente. Esta forma de nitrógeno (N) se convierte en nitrato (NO_3^-) a través de oxidación biológica, es por este motivo que el uso de enmiendas para mejorar el pH del suelo es necesario ya que ayuda a los macronutrientes a ser mejor absorbidos.

El contenido del nitrógeno depende del contenido de materia orgánica y éste depende de los antecedentes del suelo (vegetación o cultivo anterior). En suelos tropicales su reserva es muy baja (a excepción de los suelos orgánicos). El contenido de nitrógeno en el suelo debe ser entre 0.1%-0.4% y tener entre 0.5%-3.0% de carbono (41). Se encontró correlación positiva significativa entre los rendimientos y el contenido de N en el suelo (42).

El contenido de fósforo en el suelo es importante pero su relación con otros nutrientes también lo es (N/P; K/P) ya que en exceso puede producir deficiencia de boro (hoja pequeña) (43). La capacidad de fijación de P de un suelo, está relacionada positivamente con algunas propiedades de suelo como: contenido de carbonato de calcio, contenido de arcillas y pH (44).

Brady y Weil (1999) (44) indican que tanto el P nativo como el que es aplicado, se fija como moléculas insolubles de fosfato de calcio y magnesio reduciendo significativamente la absorción de P por la planta. La máxima disponibilidad de P ocurre en el rango del pH de 5.5-7, estos datos revelan que con el uso de las enmiendas mejorando el pH del suelo ayuda a la fijación de fósforo al suelo.

El potasio influye en el número de racimos por palma y el peso medio del racimo. El nivel en el suelo debe ser mayor de 0.15-0.20 me/100g. Además del contenido alto de potasio es ventajoso que los suelos tengan una relación $Mg/K < 4$ para palmas jóvenes y $Mg/K < 2$ para palmas adultas (41).

Brady y Weil (1999) (44) concluyen que la deficiencia de K ocurre frecuentemente en suelos calcáreos; inclusive cuando la cantidad de K intercambiable es la adecuada para la nutrición de la planta en otro tipo de suelo. Además, sostienen que la fijación de K, así como las relaciones entre cationes pueden ser las responsables de estos efectos adversos en suelos ricos en carbonato de calcio.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones que fueron realizados los ensayos es posible concluir que:

El tratamiento enmienda floable 2 (T2) tiene efecto inmediato sobre el pH en los suelos cultivados de palma aceitera, modificando el pH de 5,15 a 5,72, lo cual representa 0,57 en la escala de pH a los 30 días de la aplicación.

En cuanto a la persistencia la enmienda floable 1 (T1) presenta el mayor valor manteniendo el pH de los suelos cultivados de palma aceitera en 5,69 a los 120 días de la aplicación.

Respecto al análisis económico entre los tratamientos se encontró que el mayor beneficio/costo lo obtuvo la enmienda floable 2 (T2) ya que con un valor menor en comparación a los otros tratamientos se obtiene mejores resultados para la corrección de pH en el suelo cultivado de palma aceitera.

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda el uso de la enmienda floable 2 (T2) ya que no solo represento tener un mejor efecto inmediato en la corrección de pH si no también es la de menor costo en comparación con los demás tratamientos.

Utilizar enmiendas floables representan una gran alternativa para corregir el pH en suelos ya que demostró ser de gran eficiencia y bajo costo.

Para corregir o mantener los niveles de pH en los suelos de palma aceitera se recomienda realizar aplicaciones cada 3 o 4 meses hasta llegar al pH óptimo.

Realizar análisis de suelo periódicamente al cultivo de palma aceitera para de esta manera saber su estado de pH y determinar si es necesario la aplicación de enmiendas.

Se recomienda la aplicación de los fertilizantes al cultivo de palma al menos 60 días después de cualquier método de enclado.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

1. Novillo I, Carrillo M, Cargua J, Moreira V, Albán K, Morales F. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas. In. Los Ríos, Ecuador.: Temas Agrar.; 2018. p. 23(2):177.
2. Linares A, Alberto C, García. M. Instituto de Suelos. [Online].; 2004. Available from: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/3459>.
3. Zambrano A. Efecto de Acondicionamiento de tres Enmiendas de Silicato Magnésicas enriquecidas en roca fosfórica en el cultivo de palma de aceite. Santo Domingo de los Tsachilas: UTEQ; 2015 Agosto 1.
4. Owen E. Fertilización de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Colombia. Revista Palmas. 2011;; p. 39.
5. Pedro de Cerqueira ROTQ. Enmiendas y Fertilizantes. IPNI. 2010;; p. 1-13.
6. Castro H, Munevar O. Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 2013;; p. 409-416.
7. Fageria N, Baligar V. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. In: D. Sparks. In Elsevier. , editor..: Advances in agronomy. ; 2008. p. p. 345-399.
8. Espinosa J, Molina E. Acidez y encalado del suelo. In. Quito, Ecuador.: IPNI; 2008. p. p. 1-20.
9. Osorno HH. Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín; 2012.
10. Aguilera Díez MM. “Palma africana en la costa Caribe: un semillero de empresas solidarias”. Cartage-na de Indias;; 2002.
11. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. “Ciencia del Suelo: Principios Básicos”. In. Bogotá, Colombia: Segunda Edición; 2013. p. 594.

12. Peters J, Kelling K, Schulte E. Choosing between liming materials. Madison, USA, University of Wisconsin.
13. Molina E. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. ;: p. 45.
14. Torres Camacho V, Cori Callisaya MR. Potencial de Hidrogeniones y Odontología. Rev. Act. Clin. Med [online]. 2014;; p. 40.
15. Infoagro. Infoagro.com. [Online]. [cited 2020 Julio 6. Available from: https://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm.
16. C. E. I. Tecnología de palma aceitera. De la Palma, Cultivo e Industria. .
17. Sierra-Márquez J, Sierra-Márquez L, Olivero-Verbel. J. Agron. Mesoam. [Online].; 2017. Available from: <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>.
18. ANCUPA. Guía de campo sobre pudrición de Cogollo. 2013.
19. García I. Curso de aspectos básicos en el cultivo de la palma. Honduras –Jaremar;; 2005.
20. Cayon D. Ecofisiología de la Palma de aceite. II Curso Internacional sobre Manejo agronómico de la Palma aceitera. In. Maracaibo, Venezuela.; 2002. p. 20.
21. Carvajal R. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. In Carvajal RR. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Santa Fé de Bogotá, DC; 1997. p. 13–23 p.
22. Informaciones Agronomicas. [Online]. [cited 2020 abril 25. Available from: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/35E6134F83790877852580120071C1C7/\\$FILE/Art%203.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/35E6134F83790877852580120071C1C7/$FILE/Art%203.pdf).
23. Espinosa J, Molina E. Acidez y Encalado de los Suelos. In Espinosa J, Molina E. Acidez y Encalado de los Suelos. Quito, Ecuador: IPNI; 1999. p. 42.

24. Rodríguez N. Mantenimiento y manejo de invernaderos. In. Málaga.: Primera Edición INNOVA; 2011. p. AGAHO108.
25. Espinosa J. Encalados de suelos tropicales. En: manejo integral de la fertilidad del suelo. In. Bogotá.: Sociedad Colombiana de la Ciencias del suelo.; 2003.
26. Bernal A. Manejo ecológico del suelo: la agricultura en regiones tropicales. In. Buenos Aires: Ataneo.; 2008. p. 5 ed.
27. Ávila H. Características Mineralógicas, Geológicas y su aplicación. In. Mexico, Mograph; 2015. p. 24.
28. Malavolta E. Nutricao mineral e adubacao do cafeeiro. Colheitas economicas máximas. In. Sao Paulo, Brasil: Ceres.; 2013. p. 210.
29. Velarde G. Manual Técnico de Jardinería. In. Madrid.: Mundi-Prensa; 2016. p. 45.
30. Osorio W. ISBN: 978-95844-9746-8. In print. [Online].; 2012.
31. Carrillo P. IF. Boletín Técnico, No. 12. Chinchiná: CENICAFE.; (1987).
32. Korndörfer GDE. “Efeito do Silicio no Crescimento e Produtividade das Culturas”. In Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia; 2004.
33. Matichenkov V. “Silicon in Food”. In Agriculture and Environment. Pushchino, Russia: International Conference and Exhibition.; 2-5 August 2004.
34. Medina L. Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de piña en suelos volcánicos. Informaciones Agronomicas. 2009 Abril;(73).
35. STEEL R&TJ. Bioestadística, Principios y Procedimientos. In Martinez. R, editor.. México.: Mc. GrawHill. Segunda edición (primera en español).; 1988. p. 622 p..
36. Sadzawka M, Grez C, Mora M, Flores H, Neaman A. Metodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. In. Santiago de Chile; 2006. p. 164 p.

37. Bazán R. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. In Primera Ed. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Lima, Perú: editor. Vol. Primera Ed.; Marzo 2017; 2017. p. 92 p.
38. Ortiz R, Fernandez O. El cultivo de la palma aceitera. In. San José, Costa Rica.: Editorial Universidad Estatal a Distancia.; 1994. p. 208p.
39. ASD-Costa Rica, sf. Cultivo de palma africana. <http://www.asd-cr.co>. 2001 12 de Marzo.
40. Navarro G. Fertilizantes Química y Acción. In. Madrid España.: Mundi-Prensa.; 2014. p. 61.
41. Ollagnier M,LA, Olivin JyOR. Evolution des sols sous palmeraie après défrichement de la forêt. In.: Oleagineux. p. 537-543.
42. Tanque M. Studies of the characteristics of some soils under oil palm in Sabah. In Agri. Do, editor.. Sabah, Malaysia: Technical Bulletin No. 5. p. 99 p.
43. Werkhoven J. Fertilización de la palmera de aceite. In 18 Bv, editor..: Verlagsgesellschaft für Ackerbau Hannover; 1966. p. 60 p.
44. Brady NC, Weil RR. The nature and properties of soils. In Prentice-Hall , editor.. New Jersey, USA. : Twelfth edition.; 1999. p. 881p..

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

Anexo 1. Resultado del análisis de varianza para pH a los 0 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Palma	0,58	1	0,58	37,87	0,0001
Error de A	0,03	6	0,01	0,37	0,8857
Tratamiento	0,17	3	0,06	3,73	0,0304
Palma*tratamiento	0,06	3	0,02	1,32	0,2997
Error	0,28	18	0,02		
Total	1,13	31			

Anexo 2. Resultado del análisis de varianza para pH a los 30 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Palma	0,24	1	0,24	7,36	0,0143
Error de A	0,17	6	0,03	0,87	0,5341
Tratamiento	1,42	3	0,47	14,36	0,0001
Palma*tratamiento	0,98	3	0,33	9,86	0,0005
Error	0,59	18	0,03		
Total	3,41	31			

Anexo 3. Resultado del análisis de varianza para pH a los 60 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Palma	0,33	1	0,33	23,71	0,0001
Error de A	0,08	6	0,01	1,02	0,4459
Tratamiento	2,73	3	0,91	65,45	0,0001
Palma*tratamiento	0,44	3	0,15	10,54	0,0003
Error	0,25	18	0,01		
Total	3,84	31			

Anexo 4. Resultado del análisis de varianza para pH a los 90 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Palma	0,07	1	0,07	9,91	0,0056
Error de A	0,03	6	0,01	0,69	0,6626
Tratamiento	3,57	3	1,19	159,29	0,0001
Palma*tratamiento	0,09	3	0,03	4,11	0,0219
Error	0,13	18	0,01		
Total	3,90	31			

Anexo 5. Resultado del análisis de varianza para pH a los 120 días en efecto de 3 enmiendas para corrección de pH en un suelo cultivado de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) con dos diferentes manejos (orgánico y convencional).

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Palma	0,08	1	0,08	10,54	0,0045
Error de A	0,06	6	0,01	1,40	0,2680
Tratamiento	1,51	3	0,50	67,18	0,0001
Palma*tratamiento	0,01	3	0,03	0,37	0,7728
Error	0,13	18	0,01		
Total	1,80	31			

7.2. Croquis de las parcelas.

Factor A1. Palma Orgánica

Factor B (T0 R1)	Factor B (T2 R3)	Factor B (T1 R1)	Factor B (T0 R3)
Factor B (T1 R3)	Factor B (T1 R2)	Factor B (T0 R2)	Factor B (T3 R4)
Factor B (T0 R4)	Factor B (T2 R2)	Factor B (T3 R3)	Factor B (T1 R4)
Factor B (T2 R1)	Factor B (T3 R1)	Factor B (T3 R2)	Factor B (T2 R4)

Factor A2. Palma Convencional.

Factor B (T0 R1)	Factor B (T1 R1)	Factor B (T3 R1)	Factor B (T1 R2)
Factor B (T2 R1)	Factor B (T2 R2)	Factor B (T0 R3)	Factor B (T3 R3)
Factor B (T1 R3)	Factor B (T0 R2)	Factor B (T1 R4)	Factor B (T3 R4)
Factor B (T3 R2)	Factor B (T2 R4)	Factor B (T2 R3)	Factor B (T0 R4)

7.3. Actividades realizadas en la investigación.

		
<p>Delimitación e identificación de las parcelas.</p>	<p>Aplicación de enmienda sólida.</p>	<p>Aplicación de enmiendas floables.</p>
		
<p>Toma de muestras de las diferentes parcelas.</p>	<p>Secado de muestras.</p>	<p>Observación de cambios fisiológicos en las plantas.</p>
		
<p>Tamizado y pesado de las muestras.</p>	<p>Uso de pH-metro.</p>	<p>Toma de resultados.</p>