

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PALMAS *Elaeis guineensis* Jacq
COMPLEMENTANDO SU NUTRICIÓN CON EL SUBPRODUCTO GENERADO A
PARTIR DE LA EVAPORACIÓN DEL LIXIVIADO PRODUCIDO EN EL
PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA PLANTA OLEOFLORES, DE LA PAZ –
CESAR**

CLAUDIA PATRICIA GALINDO MARTÍNEZ

LUIS ALFREDO TORRES GUZMÁN

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR
2019**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PALMAS *Elaeis guineensis* Jacq
COMPLEMENTANDO SU NUTRICIÓN CON EL SUBPRODUCTO GENERADO A
PARTIR DE LA EVAPORACIÓN DEL LIXIVIADO PRODUCIDO EN EL
PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA PLANTA OLEOFLORES, DE LA PAZ –
CESAR**

CLAUDIA PATRICIA GALINDO MARTÍNEZ

LUIS ALFREDO TORRES GUZMÁN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Ambiental y Sanitario

Director

LORENA FELICIA SIERRA CUELLO
Ingeniero Ambiental y Sanitario – Docente e Investigador

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR
2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado


Firma del jurado

Valledupar, 18 de octubre de 2019

Al universo...

A nuestras madres...

A nuestras familias...



En cuarto lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento al Ing. Miguel, por ser motivo de inspiración a investigar en el sector de la agroindustria de la palma de aceite.

A nuestro director Ing. Lorena Sierra, por su apoyo personal y humano, dedicación, sugerencias y recomendaciones en todo el proceso de desarrollo del trabajo de grado.

Al Ing. Jader Rangel por ser el puente con la empresa.

A la empresa por abrirnos las puertas y brindarnos sus recursos.

Al Ing. Juan Carlos Castillo por concedernos el aval para desarrollar esta investigación.

A los ingenieros Cesar Romero y Osias Ramos por apoyarnos y acompañarnos durante este proceso de investigación.

A la Dra. Lina Rendón por su gestión y vinculación a la empresa.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional del aceite de palma	25
Tabla 2. Relación de rendimientos de varios cultivos oleaginosos.	25
Tabla 3. Principales plagas que afectan a la palma durante el vivero y su control.	30
Tabla 4. Caracterización de efluente de plantas extractoras en Colombia.	37
Tabla 5. síntesis de alternativas de tratamientos de lixiviados.....	40
Tabla 6. Marco Legal Aplicable.....	46
Tabla 7. Parámetros a Caracterizar en el lixiviado.....	51
Tabla 8. Recomendaciones de fertilización química en la etapa de vivero. Estación Experimental Santo Domingo, 1997.....	53
Tabla 9. Tratamientos diseñados en la investigación.	53
Tabla 10. Análisis comparativo del resultado de la caracterización del lixiviado respecto a la resolución 0631 de 2015.....	55
Tabla 11. Estimación de caudal de lixiviado para época de invierno.	59
Tabla 12. Estimación de caudal de lixiviado para las precipitaciones de 2018.	60
Tabla 13. Requisitos específicos para abono orgánico mineral sólido.....	64
Tabla 14. Caracterización y composición del subproducto.	66
Tabla 15. Chequeo de los requisitos mínimos para abono orgánico mineral según la NTC 5167.	67
Tabla 16. Porcentajes de Nitrógeno y fosforo después de la adición de MAP y UREA.	68
Tabla 17. Composición química de subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	69
Tabla 18. Comparativa caracterización de raquis de palma y subproducto.....	76
Tabla 19. Requerimientos nutricionales de la semana 8 hasta la semana 25.	79
Tabla 20. Porcentaje de nutrientes en los fertilizantes.....	79
Tabla 21. Plan de fertilización para el subproducto en el Tratamiento 1.....	81
Tabla 22. Plan de fertilización para el subproducto complementado con fertilización química en el tratamiento 2.	81
Tabla 23. Plan de fertilización para el lixiviado complementado con fertilización química en el tratamiento 3.	82
Tabla 24. Demostración del aporte de Potasio proporcionado por el lixiviado.....	82
Tabla 25. Plan de fertilización química habitual de Oleoflores.....	83
Tabla 26. Plan de fertilización diseñado en la investigación.	83
Tabla 27. Variables morfoagronómicas a monitorear en etapa de vivero.	84
Tabla 28. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 1.	90

Tabla 29. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 2.	91
Tabla 30. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 3.	92
Tabla 31. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 4.	93
Tabla 32. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 5.	94
Tabla 33. Comparativo general de datos estadísticos en los tratamientos.	97
Tabla 34. Anova altura de la palma para los diferentes tratamientos.	98
Tabla 35. Anova diámetro del bulbo para los diferentes tratamientos.	99
Tabla 36. Anova número total de hojas en los diferentes tratamientos.....	99
Tabla 37. Anova número diferenciado de hojas en los diferentes tratamientos.	99

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Proceso de compostaje de raquis de palma.	34
Ilustración 2. Localización del municipio de La Paz en el departamento del Cesar.	45
Ilustración 3. Localización del municipio de La Paz en Colombia.....	45
Ilustración 4. Localización de la Planta de Palma y Biodiésel Oleoflores.	45
Ilustración 5. Organigrama General Oleoflores S.A.S.	47
Ilustración 6. Mapa hídrico planta de compostaje de Oleoflores.	58
Ilustración 7. Horno utilizado para la evaporación.	61
Ilustración 8. Medición de volumen de lixiviado a evaporar.....	61
Ilustración 9. Cantidad de subproducto obtenido en un litro de lixiviado.	61
Ilustración 10. Evaporación del lixiviado en estufa eléctrica.	62
Ilustración 11. Evaporación del lixiviado en estufa a gas natural.....	62
Ilustración 12. Tamizado del lixiviado	63
Ilustración 13. Cantidad obtenida de subproducto.....	63
Ilustración 14. Establecimiento de vivero y primera fertilización de las palmas...	85
Ilustración 16. Quemazón de hoja en el T ₄ P ₆	86
Ilustración 16. Agrietamiento de la hoja en el T ₅ P ₉	86
Ilustración 17. Instalaciones de pre-vivero.....	87
Ilustración 18. Corrugamiento de la palma en la hoja índice.	88
Ilustración 19. Corrugamiento en hoja índice desarrollada parcialmente.	88

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Contenido de Nitrógeno en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	70
Gráfica 2. Contenido de Fósforo en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	71
Gráfica 3. Contenido de Potasio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	72
Gráfica 4. Contenido de Magnesio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	73
Gráfica 5. Contenido de Calcio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.....	74
Gráfica 6. pH en subproductos de la industria de palma de aceite.....	75
Gráfica 7. Comparativa composición física del compost y subproducto.....	77
Gráfica 8. Comparativa composición mineral para elementos expresados en (%)	78
Gráfica 9. Comparativa altura de la palma (cm) en los tratamientos.....	95
Gráfica 10. Comparativa diámetro del bulbo de la palma (cm) en los tratamientos.	96

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Concepto evaluación de vertimiento por la Corporación Autónoma Regional del Cesar.....	107
Anexo 2. Resultado caracterización del lixiviado.....	108
Anexo 3. Registro muestra de pH in situ del lixiviado.....	109
Anexo 4. Área de Compostaje Oleoflores, Estimado en Google Earth.....	109
Anexo 5. Resultado de la caracterización del subproducto.	110
Anexo 6. Resultado de la caracterización de compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.....	111
Anexo 7. Muestra del subproducto a caracterizar.	112
Anexo 8. Mapa temático ArcGIS.	113
Anexo 9. Plan de fertilización química habitual de Oleoflores SAS.....	114
Anexo 10. Plan de fertilización subproducto complementado con fertilización química.....	115
Anexo 11. Registro fotográfico de las palmas en los diferentes tratamientos. ...	116
Anexo 12. Estado físico de las palmas 15 días después de la primera fertilización.	121
Anexo 13. Sintomatología general de las palmas durante el experimento.	123
Anexo 14. Aplicación de fertilizantes a los diferentes tratamientos.	124
Anexo 15. Primer registro de datos características morfoagronómicas.....	125
Anexo 16. Último registro de datos características morfoagronómicas.	126
Anexo 17. Oficio solicitud de pasantía para desarrollar investigación en la empresa Oleoflores S.A.S.....	127

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1. OBJETIVO GENERAL	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO REFERENCIAL.....	18
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
4.2. MARCO TEÓRICO.....	22
4.2.1. Generalidades de la Palma de Aceite.....	22
4.2.2. Características de la Palma de Aceite	22
4.2.3. Importancia de la Palma Africana	25
4.2.4. Botánica de la Palma Africana.....	26
4.2.5. Establecimiento de la plantación de palma.....	26
4.2.6. Fertilización de la palma	31
4.2.7. Marco y microelementos en la nutrición de las palmas.	32
4.2.8. Proceso de compostaje en la planta extractora de aceite Oleoflores.	34
4.2.9. Compostaje	35
4.2.10. Generalidades de los lixiviados	37
4.2.11. Efluentes de planta extractora de aceite de palma	37
4.2.12. Tratamiento de lixiviados	38
4.2.13. Análisis de alternativas de tratamiento de lixiviados.....	40
4.2.14. Marco teórico sobre la evaporación desde masas de agua.....	42
4.3. MARCO CONCEPTUAL	43
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	45
4.5. MARCO LEGAL	46
4.6. MARCO INSTITUCIONAL.....	47
4.6.1. Presentación de la Empresa	47
5. MARCO METODOLÓGICO	50

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
5.2. POBLACIÓN	50
5.3. MUESTRA.....	50
5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO	50
5.4.1. ETAPA 1. Caracterización del lixiviado resultante del proceso de compostaje en la Planta extractora de aceite de palma y biodiésel Oleoflores..	50
5.4.2. ETAPA 2. Evaporación del lixiviado en condiciones controladas para la obtención del subproducto.....	51
5.4.3. ETAPA 3. Evaluación de los macronutrientes (Potasio, Magnesio, Nitrógeno y Fosforo) y parámetros como (Perdidas por volatilización, cenizas, humedad, Carbono total, densidad, pH, conductividad) en el subproducto, según la NTC 5167 (requisitos mínimos de abono orgánico mineral sólido.).....	52
5.4.4. ETAPA 4. Aplicación del subproducto resultante de la evaporación del lixiviado y establecimiento de las proporciones ideales de este, para determinar su dosis óptima en la complementación nutricional de las palmas en etapa de vivero.....	52
5.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	53
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	54
6.1. ETAPA 1. Análisis del concepto emitido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar y los impactos negativos que puede producir el vertimiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta Oleoflores.	54
6.1.1. <i>Análisis del concepto emitido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar respecto al vertimiento del lixiviado al suelo.....</i>	54
6.1.2. <i>Análisis de los impactos negativos que puede producir el vertimiento del lixiviado.....</i>	56
6.2. ETAPA 2. Proceso de evaporación del lixiviado generado en el proceso de compostaje para la obtención del subproducto.....	61
6.3. ETAPA 3. Evaluación de los macronutrientes según la NTC 5167 y base comparativa entre la composición del subproducto y el compost de raquis de palma de aceite.	64
6.3.1. <i>Evaluación de los macronutrientes según la NTC 5167</i>	64
6.3.2. <i>Base comparativa entre la composición química del subproducto y el compost de raquis de palma de aceite de varias investigaciones.....</i>	69
6.3.3. <i>Base comparativa entre la composición física del subproducto y del compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.</i>	76
6.3.4. <i>Base comparativa entre la composición mineral del subproducto y del compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.</i>	78

6.4. ETAPA 4. Formulación del plan de fertilización para determinar el rendimiento del subproducto en la complementación nutricional de las palmas en etapa de vivero y análisis de las características morfoagronómicas frente a la aplicación de los diferentes tratamientos.	79
6.4.1. <i>Elaboración e implementación del plan de fertilización para determinar el rendimiento del subproducto en la complementación nutricional.</i>	79
6.4.2. <i>Criterio para la selección de las variables a monitorear en las palmas y condiciones iniciales en el establecimiento del vivero.</i>	84
6.4.3. <i>Análisis físico de las palmas frente a la primera aplicación de los diferentes fertilizantes en los tratamientos.</i>	86
6.4.4. <i>Análisis físico general de las palmas transcurrido el experimento.</i>	88
6.4.5. <i>Análisis estadístico de las características morfoagronómicas de las palmas en etapa de vivero.</i>	90
7. CONCLUSIONES	101
8. RECOMENDACIONES	102
8.1. Recomendaciones Generales.....	102
8.2. Recomendaciones para Oleoflores S.A.S.....	102
9. BIBLIOGRAFÍA	103
10. ANEXOS	107

INTRODUCCIÓN

Los lixiviados son líquidos percoladores que se generan en el desarrollo de alguna actividad. Estos por sus características físicas, químicas y biológicas hace que resulte complejo y costoso su tratamiento, lo que implica un reto para los profesionales en áreas afines y un problema para las empresas de carácter público y privado, ya que estas deben solicitar y cumplir con una serie de permisos ambientales otorgados por la autoridad ambiental competente en su jurisdicción para el funcionamiento y desarrollo legal de su actividad económica.

Esta investigación se llevó a cabo en la Planta de Compostaje de la Planta Extractora de Aceite de Palma y Biodiésel Oleoflores, en el municipio de La Paz - Cesar, quien procesa los subproductos que se generan en la planta de beneficio de palma de aceite; y donde la principal problemática de esta es el manejo del lixiviado generado.

Se propone una alternativa viable para el manejo del lixiviado que se genera en el proceso de compostaje (tratamiento y aprovechamiento), mediante una técnica de evaporación completamente empírica y el uso del residuo final como complemento nutricional de palmas en etapa de vivero. Se inició con la respectiva caracterización del lixiviado para conocer sus elementos y analizar su impacto al entrar en contacto con los componentes ambientales. Luego se procedió a obtener un subproducto una vez eliminada gran parte del agua en el lixiviado, obteniendo una cantidad considerable de este para conocer la carga de nutrientes que pueden ser utilizados en la complementación nutricional de las palmas. Finalmente, a través de un plan y cronograma de fertilización, en campo (vivero) se evaluó el subproducto de forma individual y complementado con fertilización química durante cuatro meses y medio para establecer la viabilidad aprovechándolo para tal fin.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso productivo de la agroindustria de la palma de aceite, desde la recepción de los racimos maduros hasta el almacenamiento del aceite y otros procesos adicionales, se generan una serie de subproductos de origen orgánico (raquis) que son utilizados como acondicionadores de suelo en el mismo cultivo; sin embargo, parte de este raquis es procesado en la planta de compostaje que tiene la compañía. Adicional a estos, también se generan unos efluentes líquidos denominados lixiviados, que por sus características fisicoquímicas pueden causar graves alteraciones a los ecosistemas y a la salud de las personas.

Una de las principales causas de la contaminación de los diferentes cuerpos de agua es la cantidad de nutrientes y materia orgánica que son vertidos en ellos como resultado de las diferentes actividades antropogénicas. El exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, genera un deterioro del recurso hídrico y en general de los ecosistemas acuáticos debido a la afectación de la calidad fisicoquímica del agua.¹

El tratamiento de los lixiviados siempre ha supuesto un gran reto para las empresas, ya que por la complejidad de los mismos resulta muy costoso tratar.

La planta Oleoflores ubicada en el municipio de La Paz – Cesar, basa su proceso productivo en la extracción de aceite de palma, procesando un total de 45 toneladas de fruta al día. En el proceso de extracción de aceite, se generan una serie de residuos sólidos y líquidos; estos sólidos denominados raquis o tusa, son dispuestos en la planta de compostaje para posteriormente ser convertidos en abono orgánico y los residuos líquidos (efluentes) también son utilizados en el proceso de compostaje para el riego de las pilas que se conforman.

En el proceso de compostaje, el raquis se descompone por la acción de microorganismos aerobios. Para que el proceso se lleve a cabo de manera efectiva, las pilas de raquis deben mantener una humedad adecuada para que así los microorganismos puedan hacer el trabajo eficientemente. En el caso de Oleoflores, la humedad de las pilas de raquis se logra con la aplicación de los efluentes que se producen en la planta de beneficio de la palma. Estos efluentes, aparte de tener agua, también contiene una carga orgánica importante que ayuda a que los microorganismos trabajen de manera acelerada y así lograr la descomposición del raquis en el menor tiempo posible. En el proceso de descomposición del raquis, este se va cargando en nutrientes, al mismo tiempo que se van perdiendo alguno de ellos

¹ Sandoval, J., Peña, M. (2007). Análisis del desempeño de un humedal artificial de flujo subsuperficial en zonas tropicales basado en modelos hidráulicos y una cinética de primer orden. Conferencia Latinoamericana de saneamiento LATINOSAN 2007. Cali – Colombia.

se intensifica la carga contenida en los líquidos de riego (lodos), son estos líquidos residuales quienes al percolar las pilas se convierten en lixiviado con alta carga de nutrientes.

Debido a que el funcionamiento de la planta de compostaje es de forma artesanal, las pilas están directamente en contacto con el suelo, lo que permite la infiltración del lixiviado. Por otra parte, el volumen de estos que se produce es de un metro cubico por día en época de verano, mientras que en invierno el caudal aumenta haciendo que sea muy complejo su manejo y por ende es vertido obligatoriamente al suelo generando afectaciones a los ecosistemas en el radio de impacto.

Para este caso específico no existe un tratamiento adecuado que permita el vertimiento de estos líquidos residuales, sin que produzcan afectaciones graves a los competentes ambientales con los que entra en contacto. Puesto que, la autoridad ambiental renueva constantemente las normas y son cada vez más exigentes, obligan a las empresas a tener un manejo óptimo de estos residuos y a buscar nuevas alternativas para que la afectación sea menor.

A partir de la problemática expuesta surgió la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo aprovechar eficientemente el lixiviado generado en la planta de compostaje de la planta extractora de aceite de palma y biodiésel Oleoflores, para reducir los impactos negativos que produce el desarrollo de esta actividad?

2. JUSTIFICACIÓN

“La palma de aceite es uno de los cultivos que extrae mayor cantidad de nutrientes en el producto cosechado. En efecto, se cataloga como uno de los cultivos con mayor requerimiento de nutrientes en el mundo, superado solo por unos pocos cultivos, entre los cuales se encuentra el banano”.²

“Gurmit et al., (1994) demostraron que la fracción sólida obtenida después de la evaporación del agua que contienen los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma (lodo seco), tiene características físicas y químicas comparables con las del sólido decantador, que podría convertirse en fertilizante y concentrado para animales”.³

Este estudio permitirá encontrar una alternativa económicamente viable para el tratamiento y aprovechamiento óptimo del lixiviado producido en la planta de compostaje de la planta extractora de aceite de palma y biodiésel Oleoflores. En la investigación se someterá el lixiviado a condiciones controladas para la obtención de un subproducto sólido que servirá como complemento nutricional de las palmas, dado a la alta carga de macronutrientes que este posee, con el fin de disminuir el uso de fertilizantes, puesto que, estos representan la mayor parte de los costos de inversión en la producción de aceite de palma y reducir el vertimiento del lixiviado al suelo para mitigar las afectaciones a los ecosistemas en el radio de impacto.

² GOH, K y HÄRDTR, R. Oil palm Management for large resistance yield, Citado por MOSQUERA, Mauricio y SÁNCHEZ, Andrés. Sistemas de aplicación de fertilizantes químicos. Zona Oriental de Colombia, 2006, p. 12.

³ GURMITH, S.; MANNIHARAN, S. y TOTH, TS. 1989. United plantations approach to palm oil mill by product management and utilization. Porim international Palm Oil Development Conference, Module II: *Agriculture Proceeding* (Malasia) :225-234., Citado por CORTÉS, Camilo; CAYÓN, Daniel; AGUIRRE, Víctor y CHAVES, Bernardo. Respuestas de palmas de vivero a la aplicación de residuos de la planta extractora, 2006, p. 24.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar el comportamiento de las palmas *Elaeis guineensis* Jacq en etapa de vivero complementando su nutrición con el subproducto generado a partir de la evaporación del lixiviado producido en la planta de compostaje de la planta extractora de aceite de palma y biodiésel Oleoflores, en el municipio de La Paz – Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar las características fisicoquímicas del lixiviado resultante del proceso de compostaje de raquis de palma con los valores límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental para vertimientos al suelo.
- Evaluar los macronutrientes (Potasio, Magnesio, Nitrógeno y Fosforo) y parámetros como (Perdidas por volatilización, cenizas, humedad, Carbono total, densidad, pH, conductividad) en el subproducto, según la NTC 5167 (requisitos mínimos de abono orgánico mineral sólido.)
- Establecer proporciones ideales del subproducto resultante de la evaporación del lixiviado, para determinar la factibilidad de la complementación mineral de las palmas en etapa de vivero.
- Analizar las características morfoagronómicas (Altura, diámetro de bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas) de las palmas en etapa de vivero frente a la aplicación de las proporciones ideales del subproducto resultante de la evaporación del lixiviado.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Eric Owen, 2011, Fertilización de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Colombia. Villavicencio, Colombia.

El cultivo de palma africana es de gran importancia en Colombia, ya que es el cultivo que más aceite y energía produce por hectárea. Aporta el 70% de la producción total de aceites vegetales.

Por su adaptación a zonas de altas precipitaciones y suelos de baja fertilidad, se siembra en zonas marginales. El establecimiento de las plantaciones en estas áreas, representa generación de empleo, implementación de obras de infraestructura, mejoramiento del nivel de vida.

Es necesario escoger los mejores suelos para el cultivo así se reducen las inversiones. Uno de los costos más altos en el cultivo es la fertilización. Para reducir los costos de los fertilizantes es necesario hacer investigaciones en las plantaciones y así obtener las dosis óptimas para usarlos eficientemente.

Este trabajo sobre fertilización de la palma africana está basado en la revisión de literatura tanto nacional como de otros países tropicales; investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y observaciones hechas a nivel de campo. Se hace énfasis en las características del suelo, el estado nutricional y el uso eficiente de fertilizantes. Se espera que este documento contribuya a aumentar la producción y la productividad de la industria palmera y sea un aporte a la consulta de los asistentes técnicos dedicados al cultivo de la palma africana.

- Leonardo Arley, Jhon Palacio, 2006, Evaluación del sistema alternativo de evaporación forzada de lixiviados para el relleno sanitario "Don Juanito" de Villavicencio, Meta.

La gestión de los residuos sólidos genera un problema ambiental, debido a la cantidad y variedad de residuos que se producen en el desarrollo de las actividades humanas. Uno de los aspectos más engorrosos en la gestión integral de un tratamiento final de residuos sólidos en Colombia; es el tratamiento óptimo de los lixiviados. Este presenta importantes impactos

ambientales y sociales; impactos visuales, degeneración de terrenos, impactos de diversa índole en el entorno, rechazos de la población vecina y problemas a la salud humana.

La incidencia de los contaminantes producidos por los rellenos sanitarios en el aire es tan significativa, que los ingenieros han ideado mecanismos de monitoreo y control de los factores de riesgo para la salud humana presentes en él, encaminadas a prevenir o reducir los factores de riesgo y su incidencia en la comunidad; por esta razón, al realizar el proyecto se buscó mejorar y aumentar la capacidad de evacuación y eliminación de lixiviados por medios naturales.

La realización de esta investigación permitió evaluar un sistema alternativo de tratamiento de los lixiviados a partir de la evaporación forzada a través de un invernadero piloto, en donde se estableció la viabilidad del sistema por la facilidad de las condiciones meteorológicas, permitiendo así su evaporación y posteriormente la identificación de los gases y olores ofensivos emitidos por los lixiviados.

La implementación de este proyecto, *Evaluación del Sistema Alternativo de Evaporación Forzada de Lixiviados para Relleno Sanitario "Don Juanito" de Villavicencio, Meta*; es un campo poco estudiado a nivel nacional, siendo éste una oportunidad y técnica de investigación que puede llegar a permitir el uso de tecnologías económicas y amigables con el ambiente.

- Camilo Cortés, Daniel Cayón, Víctor Aguirre, Bernardo Chaves, 2006, Respuestas de palmas de vivero a la aplicación de residuos de planta extractora. Zona Occidental de Colombia.

La utilización de los residuos del proceso de extracción de aceite de palma en campo es ampliamente conocida y documentada. Sin embargo, su utilización en palmas de vivero como suplemento nutricional es aún desconocido. En el presente trabajo se compararon algunas alternativas de uso de estos residuos en palmas de vivero Ténera. Los resultados indicaron que existen varias alternativas de utilización de los residuos en el vivero. Así, el efluente líquido (bioabono) proveniente de las lagunas de oxidación, puede aplicarse en forma de riego en dosis de 1.000 cm³ palma⁻¹ y el lodo seco proveniente de lechos de secado, puede aplicarse en forma de corona en el plato de la bolsa en dosis de 250 g palma⁻¹. El primero generó un mayor crecimiento en altura de la palma, mayor engrosamiento del bulbo basal y mayor área foliar con respecto a las palmas tratadas con fertilización normal del vivero; el segundo produjo mayor peso seco de la planta y mayor

distribución de materia seca en la parte aérea. La mezcla de suelo y lodo seco en las proporciones evaluadas no forjó efectos positivos sobre el crecimiento y desarrollo de la palma y por el contrario trajo consigo problemas de ahogamiento de las raíces, manifestación de síntomas de deficiencias nutricionales y la reducción en crecimiento y desarrollo de las palmas. La información presentada se muestra como base para futuras investigaciones que pretendan emplear estos residuos en palmas de vivero Ténera en la Zona Occidental de Colombia.

- Fernando Munévar, 2001, Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos.

El logro de la competitividad en el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) está altamente asociado con un manejo adecuado de su nutrición y de las prácticas de fertilización, ya que esos factores influyen directamente en los niveles de productividad. Por otra parte, la fertilización también influye en la incidencia de plagas y enfermedades que afectan el cultivo.

Este artículo discute los principales criterios que den tenerse en cuenta para diseñar y ejecutar planes de manejo nutricional de la palma de caite que permitan lograr niveles de rendimiento y que por tanto contribuyan a la competitividad del cultivo. Se discuten aspectos relacionados con los requerimientos nutricionales del cultivo, la magnitud de las posibles respuestas del cultivo a la fertilización, los principales criterios y procedimientos que se pueden tener en cuenta para el diagnóstico nutricional y la recomendación de fertilizantes, así como el concepto de manejo integral de cultivo.

- Marcel Szantó, Enrique Piraino, Christina Arancibia, 2011, Criterios para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante evaporación por radiación solar. Valparaíso, Chile.

La complejidad en la composición de los lixiviados y la variación que presentan según los residuos de los que se originan, el lugar donde se encuentra el relleno, y la propia evolución experimentada en el tiempo, hace difícil a formulación de un sistema de tratamiento generalizado. Los actuales métodos de tratamiento sólo logran este objetivo parcialmente, y deben utilizarse dos o más de ellos en el proceso para superar las limitaciones que

presentan los tratamientos individuales. El uso de invernaderos para la evaporación de lixiviados presenta varias ventajas por sobre las lagunas de evaporación, un método similar que se utiliza en zonas de gran radiación solar, pero no se ha estudiado ni desarrollado su utilización para este fin. Para ello se propone establecer los criterios de diseño del equipo, tanto estructurales como de balance de masa y energía, para su implementación en diferentes zonas. Dado que se presenta una variabilidad en la composición de diferentes lixiviados, es necesario además contar con una metodología de determinación de su composición rápida y confiable, por lo que se estudiará el uso de métodos espectrométricos para la determinación de la composición y cantidad de los compuestos presentes en los líquidos percolados. Con los resultados obtenidos de este estudio, será posible probar el funcionamiento de un invernadero en forma piloto, cuyo diseño pueda establecerse de acuerdo a las condiciones reinantes en el lugar de emplazamiento, la geometría de la estructura, las cargas soportadas, y el tipo de lixiviado a evaporar en diferentes zonas del país.

- Carlos Romero, 2010, Aprovechamiento integral de lixiviados. Salamanca, España.

La evolución de la sociedad ha llegado, actualmente, a un modelo de vida basado en un constante incremento del consumo cuya consecuencia inmediata es la generación de una serie de residuos urbanos que pueden incidir perjudicialmente en el medioambiente.

Si bien la generación de residuos por parte del hombre ha existido desde siempre, durante mucho tiempo, los desechos de animales y plantas contribuyeron al sostenimiento de la vida de los ecosistemas. Sin embargo, el constante aumento de las tasas de generación de los mismos ha originado, en muchos casos, la ruptura del equilibrio entre la biosfera y las actividades humanas (Costa *et al.*, 1991).

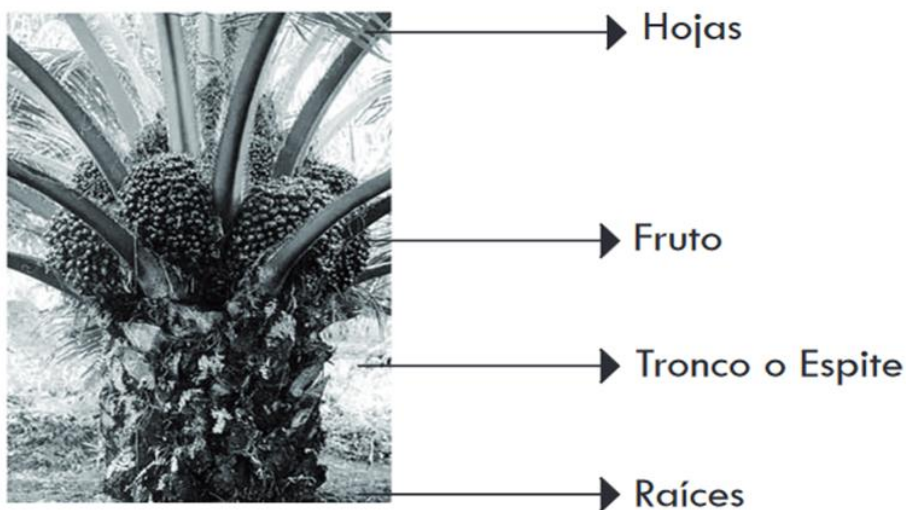
4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Generalidades de la Palma de Aceite⁴

Se dice de la Palma de Aceite que tiene el aroma de las violetas, el sabor del aceite de oliva y un color que le da a las comidas un matiz de azafrán, pero más atractivo. La Palma de Aceite es una planta tropical de climas cálidos, se desarrolla dentro de los 500 metros sobre el nivel del mar.

Este cultivo perdurable y pausado de largo rendimiento, ya que su vida productiva puede durar más de 50 años, pero entre los 22 y 25 años se empieza a dificultar por la altura de los tallos, este cultivo es oleaginoso en la cantidad de aceite que produce por unidad de superficie con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

4.2.2. Características de la Palma de Aceite



Fuente: Mujica, 2010.

Las raíces se originan del bulbo radical de la base del tronco. En su mayor parte son horizontales. Se concentran en los primeros 50 m del suelo. Sólo las raíces de anclaje se profundizan.

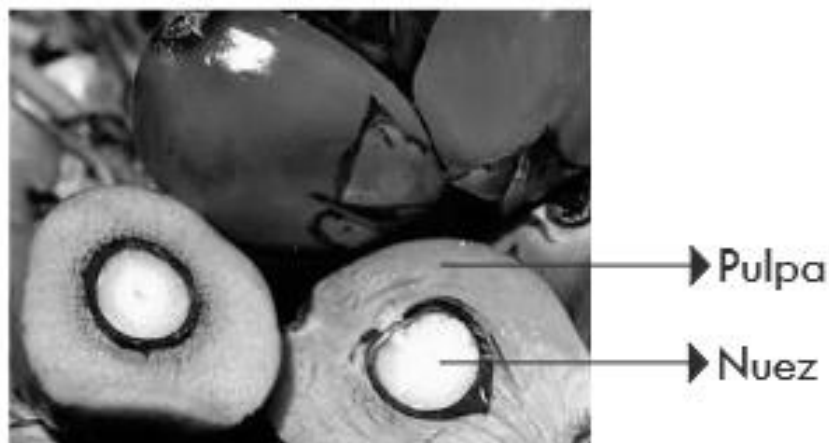
⁴ MUJICA, Carolina. Evolución del sector palmicultor. Bucaramanga, 2010, p. 16-19.

Tronco o espite: con un solo punto terminal de crecimiento con hojas jóvenes, denominado palmito. Puede alcanzar hasta 30 m de longitud.

Hojas: de 5 a 7 m de longitud, con 200 a 300 folíolos en dos planos diferentes. El pecíolo es de aproximadamente 1,5 m de largo y se ensancha en la base. La cara superior es plana y la inferior redondeada. Sus bordes son espinosos, con fibras. Las hojas permanecen adheridas al tronco por 12 años o más.

Inflorescencia: produce flores de ambos sexos. La inflorescencia es un espádice formada por un pedúnculo y un raquis central ramificado. Antes de la abertura, la flor está cubierta por dos espatas.

Fruto: drupa ovoide, de 3 a 5 cm de largo. Los estigmas persisten en su extremo, en forma de tres pequeños apéndices arqueados. Las partes del fruto son: estigma, exocarpo, mesocarpo o pulpa, endocarpo o cuesco, endospermo o almendra y embrión.



Fuente: Fichas Técnicas productos y frutos frescos 2009, Citado por Mujica, 2010.

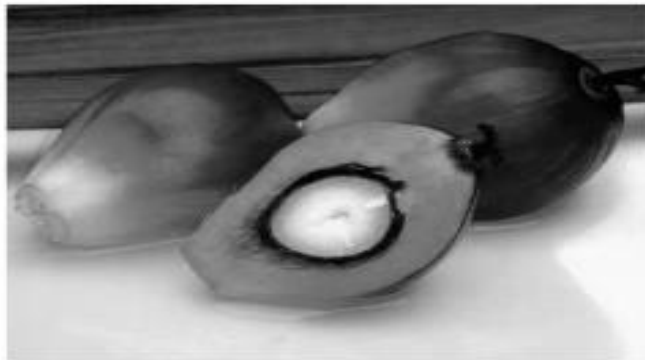
4.2.2.1. Variedad de la Palma

Dura: su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.



Fuente: Fichas Técnicas productos y frutos frescos 2009, Citado por Mujica, 2010.

Pisífera: no tiene endocarpio. La almendra es desnuda. El mesocarpio no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto. Esta variedad produce pocos frutos en el racimo. Por eso se emplea sólo para mejorar la variedad dura, mediante cruces con otras variedades.



Fuente: Fichas Técnicas productos y frutos frescos 2009, Citado por Mujica, 2010.

Ténera: es el híbrido del cruce entre Dura y Pisífera. Tiene un endocarpio delgado de menos de 2 mm de espesor. En el mesocarpio se encuentra un anillo con fibras.



Fuente: Fichas Técnicas productos y frutos frescos 2009, Citado por Mujica, 2010.

4.2.2.2. Composición Nutricional

Los datos de la composición nutricional del aceite de Palma deben interpretarse por 100 g de la porción comestible.

Tabla 1. Composición nutricional del aceite de palma

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	884 kcal
Agua	0.00 g
Proteína	0.00 g
Grasa	100.00 g
Cenizas	0.00 g
Carbohidratos	0.00 g
Fibra	0.0 g
Calcio	0 mg
Hierro	0.01 mg
Fosforo	0 mg
Vitamina E	15.94 g

Fuente: Adaptado de Mujica, 2010.

4.2.3. Importancia de la Palma Africana⁵

El fin inicial para sembrar este cultivo era de producir aceite, el cual es usado en la fabricación de margarinas, grasas, aceites comestibles y jabones.

En los momentos actuales se está proyectando también para el sector de los biocombustibles en este caso para biodiesel.

El siguiente cuadro muestra una relación de rendimientos de varios cultivos oleaginosos, comparándolos con la palma africana:

Tabla 2. Relación de rendimientos de varios cultivos oleaginosos.

N°	CULTIVO	RENDIMIENTO (Kg. Aceite/Ha/año)
1	Palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>)	+ 3,000 – 5,000
2	Cocotero (<i>Cocos nucifera</i>)	1,500 – 3,000
3	Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	400 – 500

⁵ CORTES, San. Manual técnico de palma. 2009, p. 4.

4	Cacahuete (<i>Arachis Hypogaea</i>)	400 – 500
5	Soya (<i>Glycine max</i>)	150 – 220

Fuente: Adaptado de Cortes, 2009.

4.2.4. Botánica de la Palma Africana

El científico Hutchinson ha clasificado la palma aceitera como:

- División: Fanerógamas
- Tipo: Angiosperma
- Clave: Monocotiledóneas
- Orden: Palmales
- Familia: Palmaceae
- Tribu: Coccoinea
- Genero: *Elaeis*
- Especie: *guineensis* y *oleífera*

4.2.5. Establecimiento de la plantación de palma⁶

4.2.5.1. Vivero

Pre-vivero



El pre-vivero, se usan bolsas de polietileno de 15 x 23 cm que se llenan con 1,6 kg de suelo rico en materia orgánica. Las semillas germinadas se siembran a profundidad de 1 a 2 cm. Las bolsas se colocan sobre el suelo nivelado y limpio, una a continuación de otra, en surcos de 10 bolsas de ancho y del largo que se quiera. Deben colocarse palos horizontales en todo el perímetro de la era de

⁶ SÁENZ, Livio. Cultivo de la palma africana. Guía técnica. Managua, Nicaragua. 2006, p. 7-9.

bolsitas, para sostenerlas. Aquí permanecen las plántulas de cuatro a cinco meses.

El mantenimiento del pre-vivero incluye riego diario, para mantener el suelo humedecido, pero no saturado, aplicación semanal de una solución de urea, 14 g en 4,5 litros de agua para 100 plántulas. También se puede usar un fertilizante compuesto 15:15:6:4, en la misma dosis, para el mismo número de plántulas. Cuando las plántulas tienen cuatro o cinco hojitas se trasplantan al vivero, en bolsas de mayor tamaño. Antes del trasplante al vivero, debe hacerse una selección de plántulas para eliminar aquellas anormales.

Selección de plántulas en el pre-vivero



Las plántulas a eliminar en el presemillero se pueden clasificar en:

- *Plántulas sin desarrollo.* Estas plántulas tienen un aspecto enclenque, siendo más pequeñas que el promedio de las plántulas.
- *Plántulas de hojas estrechas.* Las hojas son más largas, filiformes, de 7 a 8 veces más largas que anchas a veces enroscadas sobre sí mismas a lo largo de la nervadura central. Las plántulas de hoja estrecha y sin desarrollar son las más comunes,
- *Plántulas rechonchas.* Las hojas son cortas y anchas.
- *Plántulas erectas.* Las hojas tienen un porte erecto y forman un ángulo muy agudo con la vertical, son bastante frecuentes.

Vivero



El terreno seleccionado para ubicar el vivero no debe mostrar diferencias marcadas de pendiente. Asimismo, el área debe ser suficientemente amplia para alojar el número de plantas planificadas y contar con fuentes de agua próximas y facilidades de acceso a través de todo el año.

La estadía de las plántulas en el vivero es de 12-14 meses, esto implica que su planificación es esencial.

Antes de la fecha de siembra del vivero, en el lugar escogido debe instalarse un sistema de riego, cuyas líneas principales deben ser enterradas en zanjas de 30 cm de ancho y 50 de profundidad.

Generalmente se aconseja diseñar el vivero de forma rectangular, en donde la línea principal sea la mitad del total de las líneas de riego. Las hileras de bolsas se disponen en grupos de seis, bajo el sistema de pata de gallo. Suponiendo una distancia triangular de 90 cm, la distancia entre líneas sería de 77,94 cm y el área ocupada por planta es 0,77metros.

Las semillas pregerminadas se siembran en bolsas plásticas (una por bolsa) de 45 x 55 cm y de 1.5 mm de espesor, con perforaciones. Uno de los aspectos más importantes en un vivero de palma, es la utilización de suelo fértil superficial, con una textura buena y con contenido alto de materia orgánica. Una vez distribuidas las bolsas en el lugar del vivero, se debe proveer sombra a las palmitas, hasta los dos o tres meses de edad, pero en ningún caso la reducción de la luz debe ser superior al 60%.

Dejar crecer la plántula hasta los doce meses, edad con que se lleva al campo definitivo; antes de realizar el trasplante al campo definitivo, se debe realizar una selección rigurosa de las plántulas, con base a su conformación, desarrollo y anomalías genéticas.

4.2.5.2. Manejo de plagas y enfermedades en pre-vivero y vivero

Enfermedades

Las enfermedades más comunes en esta etapa son:

Podredumbre de la hoja.

Causada por el hongo *Corticium solana*, se presenta especialmente en áreas de alta precipitación pluvial y drenaje deficiente. Los primeros síntomas se manifiestan como una podredumbre en la base de la hoja sin abrir (cogollo), la cual al abrirse muestra lesiones, al inicio de color café oscuro, luego gris blancuzco con un halo púrpura café. El tejido muerto de la parte central de las lesiones se desprende dejando un agujero. Su control es eliminar plantas enfermas y proporcionar buen drenaje.

Mancha curvularia.

Causada por *Curvularia sp* y *C. maculata*. Es una mancha que aparece como una lesión pequeña y traslúcida, de color amarillento, la mancha tiende a volverse irregular de forma alargada entre las nervaduras de la hoja, apareciendo un halo bien definido de color amarillo marrón grisáceo, en cuyo interior se destaca un área de color marrón rojizo con anillos concéntricos. Las lesiones alcanzan de 7 a 8 cm de largo.

Mancha foliar.

Causada por el hongo *Helminthosporium sp*, la infección usualmente comienza en la punta de la hoja de color amarillo, rodeada por un área de color verde.

Antracnosis

Son varias diferentes manchas foliares, entre los hongos asociados a esta enfermedad tenemos.

Control de enfermedades

Para el control de estas enfermedades se debe de realizar las siguientes actividades:

- Hacer monitoreo de la presencia de las enfermedades,
- Proporcionar buen drenaje al vivero,
- Eliminar las malezas presentes,
- En el caso que lo amerite eliminar plantas enfermas
- Realizar aplicaciones de fungicidas como Dithane y Benlate.

Tabla 3. Principales plagas que afectan a la palma durante el vivero y su control.

PLAGA		DAÑOS	MEDIDAS DE CONTROL
Nombre común	Nombre científico		
Grillos, chapulines	Varias especies Varias especies	Los grillos dañan las plántulas recién emergidas, especialmente en pre-vivero	Chapulines control manual al iniciar el día (5:00 a 6:00 am), a estas horas los insectos tienen poca movilidad.
Áfidos Chupadores	Aphis spp Varias especies	Insectos chupadores, los áfidos normalmente no son problemas. Se alimentan en grandes colonias y están asociadas con hormigas. Estas no se alimentan de los áfidos, más bien, los protegen.	Generalmente no requieren de control químicos. El daño mecánico de las gotas de lluvias y la fauna benéfica, ejercen un control de las poblaciones.
Ácaros	Tetranychus sp Oligonychus sp	Pequeñas arañas rojizas que se alimentan en el envés de las hojas. Causan un bronceado y amarillamiento del follaje. La deficiencia de boro puede favorecer el ataque de los ácaros.	Al iniciar el daño en el follaje, aplicar plaguicidas sistémicos.
Cochinillas	Varias especies	Insectos chupadores poco comunes en viveros. Forman un crecimiento blanco harinoso que los identifica y están asociadas con hormigas.	Asperjar detergentes cubriendo el follaje en especial en el envés y a lo largo del tallo.
Desfoliadores	Varias especies	Se alimentan del follaje de la palma soporta daños altos de defoliación.	Hacer muestreo de plagas de insectos benéficos. Utilizar plaguicidas biológicos y efectivos para la orden lepidóptera.
Ratas	Signodon hispidus Ratus rattus	Se alimentan de la base del tallo dañando la palma y además transmiten enfermedades a las personas.	Destruir sitios de albergues y cria dentro del vivero (cúmulos de materia orgánica, agujeros, otros.) Mantener limpio de malezas el vivero y alrededores.
Zompopos	Atta cephalote	Se alimentan del follaje, su principal actividad está por la tarde cerca de las 4:00 pm. Identificar zompoperas dentro y fuera del vivero.	Aplicar productos que funcionan como cebos. Aplicar el producto alrededor de las zompoperas o en las zonas de mayor actividad de los insectos.
Lombrices de tierra		En general las lombrices son organismos beneficiosos y solo causan problemas en condiciones específicas. En los viveros de palma, tienen el potencial de causar problemas en bolsas pequeñas en los pre-viveros en donde "sellan" los espacios entre bolsas y dificultan un buen drenaje.	Hacer medidas de limpiezas y usar para el llenado de las bolsas suelo franco arenoso, o mezcla de materiales que proporcionen textura.

Fuente: Adaptado de Sáenz, 2006.

4.2.6. Fertilización de la palma⁷

El principal gasto en una plantación de palma después de los gastos de mano de obra, son los gastos de fertilización. Cada semestre se realiza un plan de nutrición, el cual lo determina un agrónomo. Para realizar este plan hay que considerar cinco factores determinantes.

1. La visita técnica del agrónomo.

En esta visita el asesor observa el estado de la plantación y determina con su ojo clínico, cuales nutrientes le hace falta al cultivo. Es indispensable que esta labor se realice, porque algunas deficiencias de nutrición solo se pueden observar directamente en el campo.

2. Los datos de fertilización históricos.

En una plantación se deben guardar los datos de fertilizaciones históricos, para poder evaluar la eficiencia de las decisiones de nutrición. Si se contemplan los nutrientes aplicados en el pasado, esto puede dar una guía para entender cuáles y cuantos abonos hay que aplicar en el presente.

3. Los resultados de los análisis foliares.

Para medir el estado de salud, y para detectar insuficiencias, anualmente se realizan estudios de toda la plantación que muestran los niveles de nutrientes que tienen las palmas. Estos niveles juegan un papel importante en el cálculo de la cantidad de fertilizantes que hay que aplicar al cultivo.

4. Los datos de producción.

Los datos de producción permiten determinar la cantidad de nutrientes que fueron extraídos de la plantación en forma de fruto cosechado. Los nutrientes que se extraen del cultivo hay que reponerlos. Por eso esta

⁷ SCHMIDT, Michael. Software de inteligencia de negocios para la fertilización de plantaciones de palmas de aceite. Memoria del trabajo de grado realizado para cumplir uno de los requisitos para optar al título de ingeniero de sistemas. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Carrera de ingeniería de sistemas, 2010. 6-7 p.

información es determinante para decidir la cantidad de abono que hay que aplicar.

5. Los datos de déficit hídrico.

El déficit hídrico es un indicador que muestra que tan seco fue el verano en un año. Para que las palmas desarrollen su máximo potencial de producción es indispensable, que el déficit hídrico sea lo más bajo posible.

De lo contrario la palma no puede desarrollar su máxima capacidad de producción y por lo tanto va a requerir una dosis de nutrientes menor.

El abono que se aplica y que la palma no puede absorber, es abono perdido y por lo tanto significa que se desperdiciaron recursos y dinero.

4.2.7. Marco y microelementos en la nutrición de las palmas.

4.2.7.1. *Nitrógeno*⁸

Es el segundo elemento más absorbido por la palma africana y es el más importante por su mayor costo por unidad de elementos. Se reduce significativamente la dosis de nitrógeno aplicado al suelo cuando se usa cobertura de leguminosas rastreras debidamente inoculadas con las bacterias nitrificantes en asociación con palma africana.

4.2.7.2. *Fosforo*

Es el elemento mayor de menos absorción por la palma africana. Solamente hay respuesta al fósforo en suelos con contenido muy bajo de fósforo.

4.2.7.3. *Potasio*

Es el elemento que más absorbe la palma africana y para corregir la sintomatología de una deficiencia se requiere de 2 a 8 meses y para la producción de 1 a 2 años, ya que la insolación útil del año no actúa

⁸ OWEN, Eric. Fertilización de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Colombia. Villavicencio, Meta. 2011, p. 55-60.

sobre el contenido de potasio en el año n+1 y estos dos factores sobre la producción en los años n+2 y n+3.

4.2.7.4. *Calcio*

De los elementos secundarios es el menos importante ya que generalmente el suelo contiene lo suficiente para el desarrollo y producción de la palma africana. En suelos muy fuertemente ácidos bajos en calcio se requiere calcio como fertilizante y no como correctivo, ya que la palma es tolerante al aluminio intercambiable y a la acidez. Es más importante la aplicación de calcio para la cobertura que para la palma.

4.2.7.5. *Magnesio*

Es menos absorbido que el calcio, pero es más importante porque generalmente los suelos tropicales tienen menor cantidad de magnesio que de Ca. Se presentan deficiencias serias de Mg especialmente en suelos ácidos con alto contenido de aluminio.

4.2.7.6. *Boro*

Es el elemento menor más importante ya que presenta deficiencias en todas las regiones palmeras de Colombia. Estas deficiencias en algunas regiones son tan serias que hasta producen la muerte de la palma.

4.2.7.7. *Azufre*

La absorción del azufre es el doble que la del fósforo. Por ser el azufre parte de la proteína, y ser esencial en la formación de grasas y el uso de fertilizantes de alto grado que no tiene azufre se puede presentar la deficiencia de este elemento en suelos ácidos. Además, es requerido por las coberturas.

4.2.7.8. *Cloro*

Aplicaciones de cloro aumentan el contenido de cloro en el tejido, aumentan la producción (mayor aceite/racimo, almendra/racimo, peso de almendra, peso de fruto y mayor número de racimos) y reducen contenido de potasio.

4.2.7.9. Cobre

Aplicaciones de 15 gr de sulfato de cobre al hueco a la siembra, 30 gr un año después, 60 gr dos años después y posteriormente 85 gr cada año después no permitió el "Peat yellowing" en suelos orgánicos y mantuvo el contenido de cobre en la hoja entre 5.58 y 6.18 ppm.

4.2.7.10. Otros elementos menores

Zinc, cobre, magnesio y molibdeno. Las principales fuentes son los sulfatos o quelatos y el molibdato de sodio (Na_2M_04) que contiene el 46% de molibdeno. Los sulfatos y el molibdato se pueden aplicar al plateo o al follaje y los quelatos al follaje.

4.2.8. Proceso de compostaje en la planta extractora de aceite Oleoflores.

Ilustración 1. Proceso de compostaje de raquis de palma.



Fuente: Los autores

En la Planta Extractora de Aceite de Palma y Biodiésel Oleoflores se procesan alrededor de 45 toneladas de fruta por hora. Los racimos maduros pasan por un proceso de esterilización y luego son desfrutados en un tamiz vibratorio donde se separa la futa del raquis. Este residuo (raquis de palma o tusa) se dispone en la planta de compostaje donde a través de un proceso de transformación es reutilizado convirtiéndolo en abono orgánico que se utiliza para llenar las bolsas de pre-vivero y vivero.

Para convertir el raquis en abono orgánico debe pasar un tiempo de tres meses, tiempo en el cual este pasa por varias etapas e intervienen factores como bacterias, el tiempo atmosférico, el recurso humano, entre otros.

Para el riego de las pilas de raquis, se utilizan los lodos de las lagunas de acidificación, metanogénica y facultativa. El riego en la planta de compost es periódico. Son estos lodos de las lagunas que al percolar las pilas se convierten en lixiviados, mientras que el raquis se va transformando en compost, los lodos van lavando los nutrientes que contienen estos, así cargándolos en macros y microelementos.

Cuando el compost se encuentra maduro, este es transportado en tractores con tolvas al área de vivero donde es utilizado para el llenado de bolsas.

4.2.9. Compostaje⁹

El proceso de compostaje consiste en la transformación de la materia orgánica por microorganismos en presencia de aire y bajo condiciones controladas.

4.2.9.1. *Compost*

El compost es un sustrato¹ que resulta de la descomposición controlada de residuos orgánicos a través del tiempo (compostaje). Es de color negro, granulado y sin olor. Para obtener compost es necesario que interactúen factores como temperatura, humedad y microorganismos descomponedores.

El compostaje doméstico se realiza a nivel familiar, en el jardín, terraza, patio o cualquier otro lugar apropiado, a partir de cantidades pequeñas de residuos y mediante los sistemas más sencillos. Esta práctica es un aporte individual para la preservación del medio ambiente y sin duda, una satisfacción personal ya que permite cerrar el ciclo de la materia orgánica y colaborar en el tratamiento de residuos.

⁹ FUNDACIÓN CASA DE LA PAZ. Compost y humus de lombriz, Manual de compost y humus de lombriz casero, una manera fácil y entretenida de reducir. Venezuela.: ATG, Alerce Talleres Gráficos, 2010.

4.2.9.2. *¿Cuánto tiempo demora el compost en estar maduro?*

Las primeras veces que produzcas compost, te será más difícil saberlo. Pero luego de unas cuantas veces, lo sabrás inmediatamente.

Si comienzas a elaborar compost en primavera-verano, puede tardar entre 4 a 6 meses.

Si es en otoño-invierno, puedes tardar alrededor de 8 meses.

Durante el primer mes de producción de compost, todavía es posible distinguir el tipo de material en proceso de descomposición.

En los meses siguientes, se convertirán en un sustrato de color café claro, que se tornará más oscuro a medida que pasa el tiempo.

Las características físicas que te ayudan a reconocer si está listo o no son las siguientes:

- Es de color marrón oscuro o negro, con un olor muy agradable a tierra de bosque. Su aspecto es homogéneo, no se distinguen los restos orgánicos que has ido agregando.
- Es ligero, esponjoso y se disgrega en las manos.

Para verificar si está listo, puedes hacer dos pruebas:

- Poner un poco de compost en una bolsa plástica, sin llenar, y anudarla. Si en dos días no presenta gotas de agua por el interior de la bolsa, quiere decir que está listo; si las presenta, debe mantenerse un tiempo más.
- Otra manera es tomar un puñado de compost y apretarlo. Si corren gotas de agua, es que le falta un poco de proceso; si no escurren gotas, está listo.

4.2.9.3. *Usos del compost*

El compost se utiliza principalmente para labores de jardinería. Entonces debes mezclar dos partes de tierra normal, una parte de arena y una parte de compost.

Esta mezcla sirve para abonar, mejorar la tierra para la siembra y las plantaciones, para formar huertas, etc. El compost es un excelente aporte para el suelo porque mejora la aireación y la cantidad de agua que circula dentro de él. Además, aumenta la cantidad de minerales y nutrientes disponibles para las plantas.

4.2.10. Generalidades de los lixiviados¹⁰

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. Este líquido se encuentra comúnmente asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de la filtración a través de los desechos sólidos y la reacción con los productos en descomposición y otros compuestos, es producido el lixiviado. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud.

4.2.11. Efluentes de planta extractora de aceite de palma¹¹

Dentro del proceso de extracción del aceite de palma se generan varios residuos. Uno de estos son los efluentes líquidos que se obtienen como resultado de los procesos de clarificación, esterilización y de palmistería a través de hidrociclones. En la **Tabla 3** se presenta una caracterización típica de estos efluentes.

Tabla 4. Caracterización de efluente de plantas extractoras en Colombia.

Parámetro	Unidad	Rango	Promedio
pH	Unidad	3.87 – 5.25	4.55
DBO	mg/L	18700 – 175521	48873
Temperatura	°C	53 – 77	67.4
DQO	mg/L	45256 – 232000	79729.6
Sólidos totales (ST)	mg/L	32482 – 232000	79729.6
Sólidos suspendidos (SS)	mg/L	19129 – 88258	35105

Fuente: Adaptado de Sarmiento y Pérez, 2017.

¹⁰ Disponible en Internet: < <https://sistemamid.com/preview/lixivados-pdf> >

¹¹ SARMIENTO, Natalia Julieth y PÉREZ, Karol Andrea. Propuesta de un sistema de tratamiento para la recirculación de agua residual de la planta extractora de aceite de palma africana para riego en cultivo por aspersión. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería ambiental y sanitaria, 2017. 31 p.

4.2.12. Tratamiento de lixiviados¹²

Las tecnologías de tratamiento para lixiviados son mecanismos utilizados para evitar la contaminación de los recursos naturales (Suelo, Acuífero, aguas superficiales, entre otros); por esta razón es de vital importancia escoger el sistema más pertinente, tanto tecnológica y económicamente viable.

Los tratamientos más utilizados para los lixiviados son los mismos que se utiliza para el tratamiento de las aguas residuales y residuos, teniendo en cuenta que estos se encuentran con mayor concentración y variabilidad de contaminantes.

Existe una gran variedad de tratamientos utilizados, pero en realidad escoger cuál de todos es el más conveniente es muy complejo, ya que se cuenta con muy poca información, en la mayoría de los casos, acerca de los diagnósticos preliminares de composición y cantidad los lixiviados. Por consiguiente, es común encontrar métodos de selección diferentes, dependiendo del lixiviado existente o cuando carece del mismo. En ambos casos se debe tener en cuenta las siguientes etapas:

- Selección de las tecnologías aplicables.
- Estudios de tratabilidad con evaluación de resultados y costos.
- Estudios a escala de planta piloto.
- Proyecto de instalación

Entre los factores a considerar en los procesos de selección, entre los más importante son:

- Características de los lixiviados.
- Características de la descarga.
- Objetivo del tratamiento.
- Naturaleza de la explotación del depósito y el impacto de los lixiviados.
- Costos de las diferentes alternativas.

¹² Adaptado de ARLEY, Leonardo y PALACIO, Jhon. Evaluación del sistema alternativo de evaporación forzada de lixiviados para el relleno sanitario "Don Juanito" de Villavicencio, Meta. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería ambiental y sanitaria. 2006, p. 33-42.

4.2.12.1. Tratamiento físico

El tratamiento físico remueve los sólidos que se encuentran en los lixiviados mediante la aplicación de leyes naturales. Dentro de los tratamientos físicos encontramos, la recirculación de los lixiviados, lagunas de evaporación, osmosis inversa, filtración, macro y micro filtración, ultrafiltración, nanofiltración, e intercambio iónico.

4.2.12.2. Tratamiento químico

Este tratamiento lo que busca es la eliminación de metales pesados mediante reacciones de óxido reducción. Este proceso se fundamenta en el principio según el cual los metales disueltos en medio acuoso, sea en forma libre o en forma de complejo, presenta en su mayoría la capacidad de precipitarse en forma de hidróxidos en las condiciones de pH adecuadas, o bien, sufrir oportunas transformaciones mediante proceso redox que conlleva su posterior eliminación mediante precipitación.

Por lo general, son sistemas de puesta en marcha rápida, fácil automatización, equipamiento simple y sensibilidad a los cambios de temperatura; presentando como inconvenientes la formación de lodos y los altos costos de operación. Dentro de los tratamientos químicos encontramos, oxidación química, aplicaciones con sulfato de aluminio, entre otros.

4.2.12.3. Tratamiento biológico

Este tipo de tratamientos lo que busca es la reducción de la carga orgánica y la eliminación del nitrógeno en forma amoniacal de los lixiviados por medio de reacciones de tipo aerobias y anaerobias. Estos sistemas son los más adecuados

para la eliminación de la materia orgánica, sin embargo, se debe tener presente los componentes tóxicos presentes en los lixiviados a tratar y las afecciones sobre los microorganismos que allí actúen; por lo cual, se hace prescindible cierta aclimatación de los microorganismos a los diferentes componentes a degradar. Dentro de los tratamientos biológicos encontramos, lodos activados, lagunas de estabilización.

4.2.13. Análisis de alternativas de tratamiento de lixiviados

La **Tabla 5** presenta una síntesis de algunas de las más importantes tecnologías para el tratamiento de lixiviados generados en rellenos sanitario a nivel nacional e internacional.

Tabla 5. síntesis de alternativas de tratamientos de lixiviados.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lagunas de Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> - Aconsejable en lugares cálidos y semicálidos. - Disminuye el volumen de carga. - Costos operativos bajos si se compara con las lagunas de evaporación. - Independencia de la eficiencia del proceso frente a la calidad del lixiviado. - Altas eficiencias alcanzadas por el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta producción de lodos. - Reinyección de lodos remanentes después del proceso. - Mayor disponibilidad de área. - Alto nivel de incrustación debido a la calidad del lixiviado. - Operación en forma discontinua.
Recirculación o reciclado de lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de en la concentración de los lixiviados. - Se presenta atenuación natural. - Aumento de la humedad, mayor rapidez de degradación. - Estabiliza biológicamente el sistema. - No requiere de altos costos de inversión y operación, ni condiciones precisas de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta dificultades de implementación y requiere de tratamientos adicionales. - Los lixiviados son heterogéneos, por lo que requiere de varios canales. - Aplicación a la superficie del relleno, existe riesgo de exposición ambiental.
Lagunas de estabilización o de oxidación	<ul style="list-style-type: none"> - Bajos costos de construcción y operación. - Buena degradación orgánica - Fácil operación y manejo - Requiere de equipos de control sencillos. - Aumenta la eficiencia dependiendo la clase de laguna. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupa mucha área para su operación. - Altos costos de construcción por el terreno. - Crecimiento de algas. - Generación de olores ofensivos. - Alta dependencia del proceso con las condiciones ambientales. - Dependiendo el tipo de laguna (Aeróbico, anaeróbico o facultativo) aumenta los costos.
Digestión Anaerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiente en tratamiento de lixiviados jóvenes. - Bajos costos de operación. - Mínimo requerimiento de nutrientes. - Baja producción de lodos en exceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas relacionados con la aclimatación inicial del lodo. - Presenta un decaimiento en las eficiencias de remoción en condiciones de temperaturas bajas. - Disponibilidad de oxígeno.

		<ul style="list-style-type: none"> - Requiere utilización de otras unidades. - Altos costos de operación. - Alta sensibilidad a grandes variaciones en la calidad y cantidad del lixiviado. - Requiere de operación por parte de mano de obra calificada. - Alta producción de lodos. - Adición de Nutrientes
Precipitación Química	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de remoción de 95% para Hierro, Magnesio y Zinc. - Fácil operación. - Adaptabilidad a grandes variaciones en el flujo y composición química 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicabilidad de coagulantes. - Altos costos iniciales y de operación. - Alta producción de lodos.
Aplicación de sulfato de Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Determina eficiencia del proceso de separación de los sólidos por sedimentación. - Buena remoción en cuanto a los sólidos se refiere. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta producción de lodos. - Altos costos de operación y mantenimiento.
Osmosis Inversa	<ul style="list-style-type: none"> - Remueve partículas muy pequeñas presentes en el lixiviado. - Eficiencias de remoción mayores al 98% para amoníaco y DQO. - Altas remociones de los contaminantes presentes en los lixiviados. - Altas calidades en el efluente final. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición de un desecho altamente concentrado, voluminoso y retenido en el proceso. - Requerimiento de energía. - Altos costos de construcción, operación y mantenimiento. - Sistema de pulimiento.
Intercambio Catiónico	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiente en remoción de sales y nutrientes disueltos. - Fácilmente adaptable a grandes variaciones en el flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere un alto capital de inversión. - Altos costos de operación. - Requiere de mano de obra calificada. - Necesita de un pretratamiento extensivo.
Carbón Activado	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores eficiencias en remoción de material orgánico no biodegradable. - Alta calidad en el efluente. - Se adapta a grandes variaciones de flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta altos costos de operación y capital. - Requiere de mano de obra calificada.

Fuente: Adaptado de Palacio y Arley, 2006.

4.2.14. Marco teórico sobre la evaporación desde masas de agua¹³

4.2.14.1. Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. Para que el agua se evapore, las moléculas de agua deben cambiar de estado, de líquido a vapor y para ello se requiere energía la cual es proporcionada por la radiación solar directa y en menor grado por la temperatura ambiente del aire. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua sobre la superficie viene dada por la diferencia entre la presión de vapor de agua en la superficie evaporante y la diferencia entre la presión de vapor de agua en la atmósfera circundante.

A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente, teniendo consecuencias en la velocidad a la cual el proceso ocurre hasta que se detiene por completo si la atmósfera circundante se satura, razón por la cual es necesario renovar el aire circundante por una masa de aire más seca. Este reemplazo depende de la velocidad del viento (Camapos, 1998). Por estas razones las variables que intervienen en el proceso de evaporación son:

- Radiación solar.
- Temperatura ambiente del aire.
- Humedad atmosférica.
- Velocidad del viento.

¹³ ALARCÓN, Daniela. Optimización del proceso de evaporación de lixiviados en el relleno sanitario Santiago poniente. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Santiago de Chile.: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería civil. 2012, p. 4-11.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se muestran conceptos claves que son la base para entender y desarrollar correctamente este trabajo.

Compost: Es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico (lodos de depuración, estiércol, fracción orgánica de residuos sólidos, residuos agropecuarios y otros), los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje.

Efluente: Fluido procedente de una instalación industrial.

Evaporación: Es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial.

Evaporación forzada: Proceso físico que consiste en el paso de un estado líquido hacia un estado sólido, generalmente se somete al líquido a unas condiciones controladas para que el proceso sea mucho más rápido que en una evaporación a unas condiciones normales.

Fertilizante: Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.

Impacto ambiental: Es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente.

Lixiviado: Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.

Nutrientes: Es aquello que nutre, es decir, que aumenta la sustancia del cuerpo animal o vegetal. Se trata de productos químicos que proceden del exterior de la célula y que ésta requiere para poder desarrollar sus funciones vitales.

Palma de aceite: La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

Palmas en etapa de vivero: Son palmas que se encuentra en la etapa vivero en donde permanecen de 6 a 8 meses y reciben un suministro regular de agua y una respectiva fertilización.

Plagas: Cualquier animal que producía daños, típicamente a los cultivos.

Plan de manejo ambiental: Es aquel que establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad; incluye también los planes de seguimiento, evaluación y monitoreo y los de contingencia.

Planta de compostaje: Es una instalación destinada al reciclaje de los residuos orgánicos (que ya vimos en este otro artículo) mediante un tratamiento biológico de los mismos dando como resultado un compost o abono orgánico.

Residuos sólidos provenientes de la extracción de palma de aceite: Se trata del soporte del racimo después de quitarle las frutas y restos de poda de las palmas.

Residuos sólidos aprovechables: Cualquier objeto o material de resultante de la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que puede utilizado como materia prima para un nuevo proceso productivo.

Subproducto: Componente sólido que se obtiene a partir de la evaporación de un lixiviado.

Tratamiento: Es un conjunto de operaciones que buscan reducir o eliminar la contaminación del agua o el suelo. Puede hablarse de tratamiento de aguas (para mitigar las características no deseables en este líquido) o tratamiento de residuos (para minimizar el material a confinar, ya sea a través del reciclaje u otros métodos).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

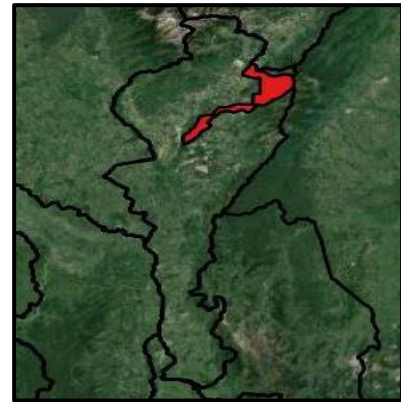
La Paz, es un municipio colombiano (**Ilustración 3**) ubicado en el departamento del Cesar (**Ilustración 2**), en el área metropolitana de Valledupar, cuya cabecera municipal es **Robles**. Cuenta con una población de alrededor de 25.000 habitantes, es centro de una rica comarca ganadera (vacunos). Se localiza a 12 km al sur de la ciudad de Valledupar.

Ilustración 3. Localización del municipio de La Paz en Colombia.



Fuente: Google Maps

Ilustración 2. Localización del municipio de La Paz en el departamento del Cesar.



Fuente: Google Maps

Ilustración 4. Localización de la Planta de Palma y Biodiésel Oleoflores.

El presente trabajo de investigación se realizará en la Planta de Palma y Biodiesel Oleoflores (**Ilustración 4**), municipio de La Paz, Cesar. Las condiciones ambientales son: Precipitación media 980.70 mm por año, temperatura promedio de 28.4°C, humedad relativa de 54 a 85%.



Fuente: Google Earth

4.5. MARCO LEGAL

En la **Tabla 6** se muestran las normas legales vigentes las cuales son esenciales para el correcto desarrollo del presente trabajo.

Tabla 6. Marco Legal Aplicable.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias.
Decreto 050 de 2018	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	Por la cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Resolución 150 del 2003	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.
Norma técnica colombiana NTC 5167 de 2011	Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo.

Fuente: Los autores.

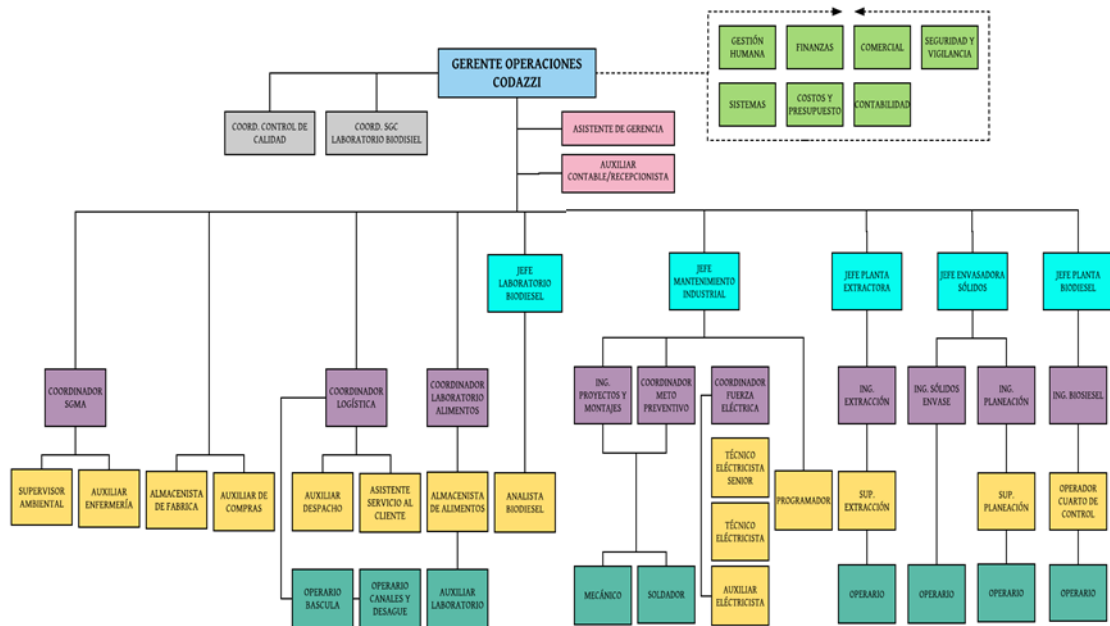
4.6. MARCO INSTITUCIONAL

4.6.1. Presentación de la Empresa¹⁴

4.6.1.1. Plan Estratégico

ORGANIGRAMA GENERAL OLEOFLORES S.A.S.¹⁵

Ilustración 5. Organigrama General Oleoflores S.A.S.



Fuente: Adaptado de Ceballos, Portela y Guerrero, 2014.

¹⁴ [Citado el 11 de septiembre de 2018] Disponible en Internet:

<<http://www.oleoflores.com/about/oleoflores>>

¹⁵ Adaptado de Ceballos, Portela y Guerrero, 2014. Disponible en Internet:

<<https://es.slideshare.net/cristinaisabel3551/presentacin-grupo-empresarial-40088466>>

OBJETIVO DE LA EMPRESA

Crece en la diversidad integrada de la cadena productiva del aceite de palma, involucrando a la comunidad, alcanzando el desarrollo sostenible y respetando el medioambiente.

MISIÓN

Somos un grupo agroindustrial, con presencia nacional e internacional, integrado en toda la cadena productiva de la palma de aceite, comprometidos con estándares de sostenibilidad, medioambiente y responsabilidad social, focalizados en garantizar la generación de valor para accionistas, asociados, colaboradores, clientes y proveedores, a través de modelos de desarrollo social e industrial.

VISIÓN

Consolidados en el mercado global como grupo agroindustrial integrado de la palma de aceite, aspiramos aumentar nuestra competitividad, siendo innovadores y efectivos, basados en las mejores prácticas, con alto desarrollo tecnológico y elevado sentido social.

VALORES CORPORATIVOS

Respeto: Reconocemos, aceptamos, apreciamos y valoramos las cualidades de los demás y de todo lo que nos rodea.

Comportamientos asociados al valor:

- Respeto por la dignidad de las personas.
- Respeto por las creencias.
- Respeto por las ideas de los demás.

Responsabilidad: Somos capaces de medir y reconocer las consecuencias de nuestros actos, llevados a cabo con plena conciencia y libertad; y rendimos cuentas por ello.

Comportamientos asociados al valor:

- Planear a tiempo las diferentes actividades.
- Reportar oportunamente las anomalías.

- Asumir las consecuencias de nuestros actos por acción u omisión.

Honestidad: Actuamos siempre con base en la verdad y la auténtica justicia.

Comportamientos asociados al valor:

- Decir siempre la verdad.
- Manejar correctamente los recursos y el dinero.
- Confidencialidad en la información.

Compromiso: Somos conscientes de la importancia que tiene cumplir con el desarrollo de un trabajo dentro del plazo estipulado. Ponemos en juego nuestras capacidades para sacar adelante todo aquello que se nos ha confiado, y que nuestra conciencia ha aceptado.

Comportamientos asociados al valor:

- Sentir como propios los objetivos de la Organización.
- Apoyar e instrumentar las decisiones, comprometidos por completo con el logro de los objetivos.
- Prevenir y superar obstáculos que interfieran con los objetivos.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación desarrollada es de tipo Experimental y Exploratoria, y nivel de investigación documentada y de campo respectivamente. De carácter cuantitativo.

5.2. POBLACIÓN

La población comprendió el total de plántulas de vivero que pasaron a campo.

5.3. MUESTRA

Debido a que esta investigación es experimental en primera instancia, se trabajaron ensayos de laboratorio para determinar la cantidad de material sólido producto de la evaporación del lixiviado, con el fin de establecer las diferentes proporciones y determinar la dosis óptima de fertilizante.

El número de plántulas que se evaluaron en el diseño experimental, se determinaron para un nivel de confianza del 90%, una población de 185 plántulas y margen de error de 10%; para una muestra de 50 palmas.

5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO

5.4.1. ETAPA 1. Caracterización del lixiviado resultante del proceso de compostaje en la Planta extractora de aceite de palma y biodiésel Oleoflores.

En esta etapa luego de conocer el origen del lixiviado y el proceso productivo donde se genera este, se procedió a realizar una identificación de los componentes principales del efluente **Tabla 7**

Tabla 7. Parámetros a Caracterizar en el lixiviado

PARÁMETROS	
Generales	pH (in situ)
	Temperatura (in situ)
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L
	Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L
	Sólidos Sedimentables mL/L
	Sólidos Suspendidos Totales mg/L
	Grasas y Aceites mg/L
Compuestos de Nitrógeno	Nitrógeno Total Kjeldahl mg N/L
	Nitrógeno Amoniacal mg N-NH3/L
Compuestos de Fosforo	Fósforo Total mg P/L
Macronutrientes	Magnesio mg Mg/L
	Potasio mg K/L
Iones	Cloruros mg Cl/L
	Sulfatos mg SO4/L

Fuente: Los autores.

Para el análisis del lixiviado se contrató al Laboratorio Ambiental y de Alimentos Nancy Flórez García, puesto que se considera que este aporta confiabilidad al resultado.

El muestreo se llevó a cabo siguiendo todos los lineamientos propuestos para la realización de un muestreo idóneo. El punto donde se tomaron las muestras fue en la canaleta de lixiviados donde confluyen todos estos provenientes del proceso de extracción.

5.4.2. ETAPA 2. Evaporación del lixiviado en condiciones controladas para la obtención del subproducto.

Se realizó una evaporación forzada del lixiviado a condiciones controladas en un horno, a una temperatura de 150 grados Celsius durante un tiempo aproximado de cuatro horas; con la finalidad de establecer la cantidad de material sólido que se puede obtener por unidad de volumen del efluente.

Este ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio Ambiental de la Universidad Popular del Cesar.

El procedimiento propuesto en esta etapa es netamente empírico.

5.4.3. ETAPA 3. Evaluación de los macronutrientes (Potasio, Magnesio, Nitrógeno y Fosforo) y parámetros como (Perdidas por volatilización, cenizas, humedad, Carbono total, densidad, pH, conductividad) en el subproducto, según la NTC 5167 (requisitos mínimos de abono orgánico mineral sólido.)

Luego de obtener la cantidad suficiente de material sólido para emplear como fertilizante en las palmas en etapa de vivero, se contrató al Laboratorio de Servicios Ambientales y Agrícola: AGRILAB, quien procedió a realizar la respectiva caracterización del material, ya que es uno de los laboratorios más reconocidos en el sector agrícola y ambiental del país, contando con amplia capacidad y confiabilidad analítica.

5.4.4. ETAPA 4. Aplicación del subproducto resultante de la evaporación del lixiviado y establecimiento de las proporciones ideales de este, para determinar su dosis óptima en la complementación nutricional de las palmas en etapa de vivero.

La fertilización foliar se inicia entre los 20 y 30 días de sembradas las semillas, hasta aproximadamente los 3 meses, utilizando productos específicos para esta fase¹⁶.

Una vez culminado los primeros 3 meses desde la siembra de las semillas, las plántulas pasan a la siguiente etapa (vivero) donde los nutrientes contenidos en la nuez no serán suficientes, por lo que se procede a establecer un plan de fertilización.

Identificado el tipo de suelo que contenía la funda, se establecieron las cantidades de los nutrientes de mayor requerimiento **Tabla 8**

¹⁶ CHAVES, Francisco y RIVADENEIRA, Julio. Manual del Cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq.). Ecuador, 2003, p. 21-22.

Tabla 8. Recomendaciones de fertilización química en la etapa de vivero. Estación Experimental Santo Domingo, 1997.

MACRONUTRIENTES				
Resultados de análisis de suelo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
BAJO	60	30	40	30
MEDIO	40	15	20	20
ALTO	25	10	15	15

Fuente: Adaptado de Manual del Cultivo de Palma aceitera, 2003.

Para la aplicación o distribución del fertilizante en esta etapa, se necesitó que el suelo tuviera suficiente humedad y alrededor de la plántula, lo más cerca al borde de la funda o bolsa de polietileno. No se aplicó en periodos de alta precipitación por probable lixiviación, evaporación de elementos y/o posible toxicidad por la concentración y mayor dilución del fertilizante.

5.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para determinar la dosis óptima del subproducto en la complementación de los nutrientes de las palmas en etapa de vivero, se plantearon los siguientes tratamientos (Diseño Experimental Completamente al azar) **Tabla 9**.

Tabla 9. Tratamientos diseñados en la investigación.

TRATAMIENTOS	N° DE PALMAS	N° DE REPETICIONES	FERTILIZANTES	VARIABLES A MONITOREAR
1 Subproducto	10	Cada palma equivale a una repetición	Subproducto (gr)	Altura de la palma, Diámetro del bulbo, Número de hojas, Número de hojas diferenciadas.
2 Subproducto complementado con fertilización química			Urea (gr)	
			MAP (gr)	
			Subproducto (gr)	
			Borozinco (cc/lt)	
3 Lixiviado complementado con fertilización química			Urea (gr)	
			MAP (gr)	
			Lixiviado (cc)	
			Borozinco (cc/lt)	
4 Testigo Comercial			Kieserita (gr)	
	Integrador (gr)			
	Borozinco (cc/lt)			
5 Testigo Absoluto			-	

Fuente: Los autores

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. ETAPA 1. Análisis del concepto emitido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar y los impactos negativos que puede producir el vertimiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta Oleoflores.

6.1.1. *Análisis del concepto emitido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar respecto al vertimiento del lixiviado al suelo.*

De acuerdo al concepto emitido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar (**Ver Anexo 1**) al no estar fijada la norma correspondiente a vertimientos al suelo, los parámetros analizados al lixiviado (**Ver Anexo 2**) pueden evaluarse respecto a la **Resolución 0631 de 2015 “Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”**¹⁷ ya que, indirectamente estos lixiviados entraran en contacto con las aguas superficiales y subterráneas, ya sea en época de invierno por escorrentía o en verano por vertimiento obligatorio debido al manejo de este.

En el capítulo cuarto de la mencionada resolución, **“PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS – ARnD A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES, SECTOR: ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE AGROINDUSTRIA Y GANADERÍA,** en su **ARTICULO 9. *Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas – ARnD a cuerpos de agua superficiales, sector: actividades productivas de agroindustria y ganadería*”** se fijan los respectivos valores que deben cumplir estos vertimientos por parte de la agroindustria, luego del debido tratamiento del efluente. Para el caso específico de la empresa, el vertimiento del lixiviado se hace sin tratamiento previo, lo dificulta cumplir

¹⁷ Resolución 0631 de 2015, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Disponible en internet:

<http://www.aguasdebuga.net/intranet/sites/default/files/Resoluci%C3%B3n%200631%20de%202015-Calidad%20vertimientos.pdf>

parcialmente con los valores límites máximos permisibles establecidos en la resolución por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

En la **Tabla 10** se observa una comparativa del resultado de la caracterización del lixiviado respecto a los valores fijados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Tabla 10. Análisis comparativo del resultado de la caracterización del lixiviado respecto a la resolución 0631 de 2015.

COMPARATIVA VERTIMIENTO DE LIXIVIADO A CUERPOS DE AGUA			
PARÁMETROS	UNIDADES	EXTRACCIÓN DE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL	
		Resolución	Caracterización
		0631 de 2015	Lixiviado
Cloruros	mg Cl/L	500	919
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	1500	3430
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	600	8289
Fósforo Total	mg P/L	Análisis y Reporte	59,5
Grasas y Aceites	mg/L	20	78,4
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH3/L	Análisis y Reporte	234
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	Análisis y Reporte	358
pH	unidades de pH	6 9	12
Sólidos Sedimentables	mL/L	2	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	400	7040
Sulfatos	mg SO4/L	500	103
Temperatura	°C	40	31

 No cumple  Probablemente cumple  Cumple

Fuente: Los autores

Como se puede observar en la **Tabla 10** los valores de los parámetros como Temperatura, Sulfatos y aquellos que deben ser reportados, a diferencia de los Cloruros, DBO, DQO, pH, Fosforo Total, Grasas y Aceites, Nitrógeno Amoniacal y Total, Sólidos Sedimentables y Suspendidos Totales; son los únicos que probablemente cumplen con esta norma a pesar de que el vertimiento no cuenta un tratamiento previo.

6.1.2. Análisis de los impactos negativos que puede producir el vertimiento del lixiviado.

La relación entre los valores de DBO₅ y DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia orgánica contaminante. Si el valor de la relación DBO₅/DQO en el agua residual es de aproximadamente 0.5 o más, el agua es tratable biológicamente (agua biodegradable); mientras que si es menor de 0.5 el agua es difícilmente biodegradable.

La más simple, consiste en establecer la relación DQO/DBO₅. Cuando la DBO₅ tiene un valor cercano al de la DQO, los procesos biológicos son eficientes en la degradación de la materia orgánica. En caso contrario, si la DQO es mucho mayor que la DBO₅, la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica no es eficiente y el agua residual no sería degradable por medios biológicos¹⁸.

Al calcular la relación **DBO₅/DQO** se obtiene una relación de 0.4, la cual confirma que el lixiviado generado en la planta de compostaje es difícilmente biodegradable, lo que supone que su tratamiento no es viable por medios biológicos y nos afirma la viabilidad técnica de emplear otros medios de tratamientos, tales como el propuesto en esta investigación.

Al descargar el efluente con esta DBO a un cuerpo de agua receptor, la materia orgánica presente será consumida por los microorganismos, lo que ocasiona la disminución del oxígeno presente, causando afectaciones a la biota acuática del cuerpo de agua.

La presencia de cloruros en las aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos minerales de sal gema, contaminación proveniente de diversos efluentes de la actividad industrial, aguas excedentarias de riego agrícolas y sobre todo de las minas de sales potásicas (Catalán L. et al., 1971; Petty John, 1972; Bond y Straub, 1973; Águeda, 1997; Metcalf y Eddy, 1998; Tebbutt, 1999)¹⁹.

Las plantas y los animales muestran una gran variedad de tolerancia a los cloruros, ya que existen organismos extremadamente resistentes a elevadas concentraciones de cloruros que viven en lagos salinos o entre

¹⁸ GUÍA AMBIENTAL PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE PRETRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES, 2002. [citado el 07 de julio de 2019]. Disponible en Internet: <<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/efluentesindustriales/Efluentesindustriales1.pdf>>

¹⁹ [Citado el 08 de julio de 2019] Disponible en Internet: <<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94296/04ComponentesAguas02.pdf>>

rocas costeras. Sin embargo, la descarga de elevadas cantidades de cloruros sobre organismos de agua dulce puede provocar efectos adversos sobre los mismos²⁰.

La contaminación de los cuerpos de agua por grasas y aceites, el hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos²¹.

La cantidad de sólidos suspendidos en un cuerpo de agua, su principal causa la constituyen los procesos erosivos y extractivos, y su efecto sobre los ecosistemas acuáticos se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello impedimento de fotosíntesis.²²

Las concentraciones de sulfatos superiores a lo que se encuentra naturalmente en los cuerpos de agua, no solo causa alteraciones en la biota acuática, sino también causa afectaciones a la salud de los animales.

Los animales también son sensibles a altos niveles de sulfato. En animales jóvenes, altos niveles pueden estar asociados con diarrea crónica y grave, y en algunos casos, la muerte²³.

En consecuencia, “El deterioro de la calidad del agua es un gran problema que va en aumento, y es considerado uno de los principales problemas ambientales (Salgot *et al.*, 1999). Las principales causas, tanto para el agua dulce como la salada, son los vertidos incontrolados de las aguas residuales urbanas e industriales, muchas veces sin tratamiento, así como las prácticas agrícolas deficientes”.²⁴

²⁰ [Citado el 08 de julio de 2019] Disponible en Internet: <<http://www.prtr-es.es/Cloruros-Cl-total,15666,11,2007.html>>

²¹ [Citado el 08 de julio de 2019] Disponible en Internet: <<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3039&termino=contaminantes+del+agua%2C+grasas+y+aceites>>

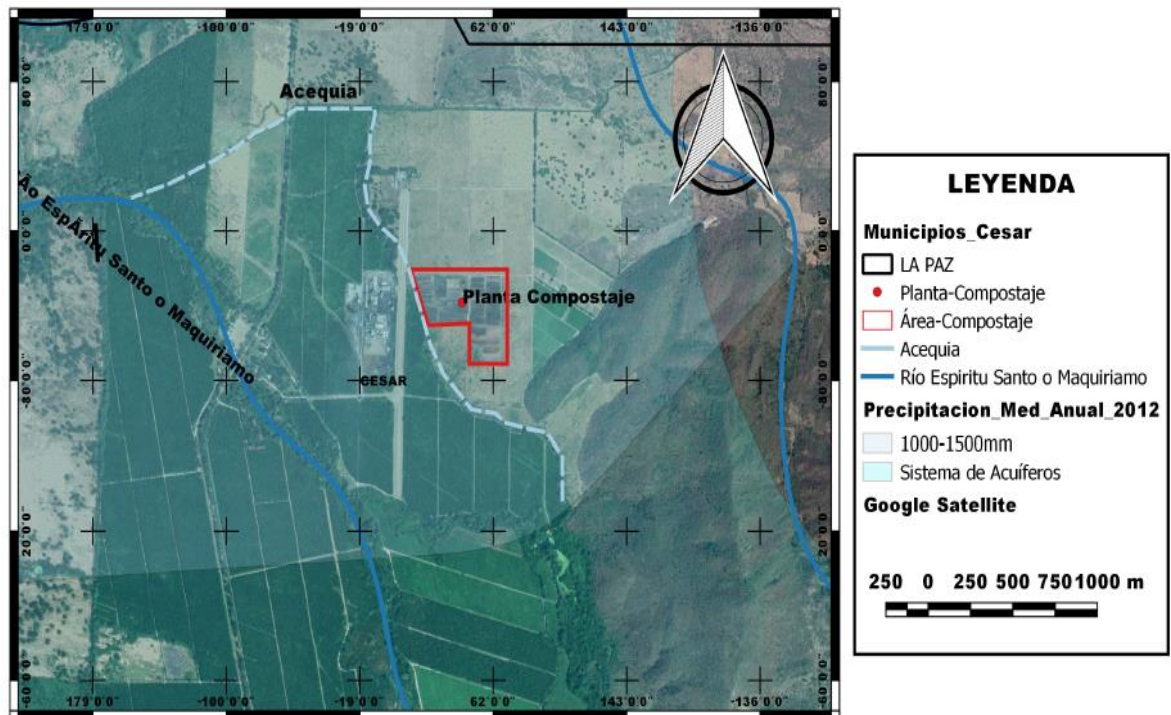
²² Ramírez, A., Restrepo, R., y Viña, G. CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. Bucaramanga. 1997. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831997000100009>

²³ [Citado el 08 de julio de 2019] Disponible en Internet: <<https://www.lenntech.es/sulfatos.htm#ixzz5t6r499iq>>

²⁴ [citado el 19 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<https://www.redalyc.org/html/863/86325090002/>>

En la **Ilustración 6** se observa una representación temática de la planta de compostaje y las aguas superficiales, atmosférica (precipitación) y acuíferos con los que interactúa el lixiviado producto de esta actividad.

Ilustración 6. Mapa hídrico planta de compostaje de Oleoflores.



Fuente: Los autores

En la leyenda se puede observar que, a unos escasos kilómetros de la planta de compostaje, fluye el Río Espíritu Santo o Maquiriamo; y a otros metros de esta misma, hace su recorrido una acequia que es utilizada por la empresa para el riego de las plantaciones de palmas adultas y el transporte del lixiviado para el enriquecimiento mineral de los mismos cultivos de palma.

En la capa de precipitación, se aprecia la media anual para el 2012 y que esta se encuentra recubriendo toda el área de la planta de compostaje de la empresa con variación mínima y máxima de 1000 a 1500 milímetros de lluvia respectivamente, lo que permitiría estimar el volumen medio de lixiviado generado para este año asumiendo que dicho fenómeno atmosférico fuese homogéneo.

Para un área de compostaje (**Ver Anexo 4**) aproximadamente 12.1 hectáreas, se estima un caudal medio de lixiviado mínimo y máximo de 121.365 a 181.856 m³ respectivamente (**Ver Tabla 11**). Asumiendo que no hay pérdidas por infiltración y escorrentía.

Tabla 11. Estimación de caudal de lixiviado para época de invierno.

ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE LIXIVIADO GENERADO PARA EL PERIODO DE PRECIPITACIÓN MEDIO ANUAL DE 2012 EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE OLEOFLORES.	
Caudal de lixiviado: 1 m³/día	
Área de planta de Compostaje: 12.1 hectáreas	
Mínimo: 1000 mm	Máximo: 1500 mm
1 mm → 1 L/m²	
$1000 \text{ L/m}^2 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * 12.1 \text{ ha}$	$1500 \text{ L/m}^2 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * 12.1 \text{ ha}$
Precipitación media anual en el Área de Compostaje	
121.000 m³	181.500 m³
Caudal de lixiviado generado para un día de precipitación	
$\frac{121.000 \text{ m}^3}{365 \text{ días}} + 1 \text{ m}^3/\text{día}$	$\frac{181.500 \text{ m}^3}{365 \text{ días}} + 1 \text{ m}^3/\text{día}$
332,51 m³/día	498,26 m³/día
Caudal de lixiviado generado para un año de precipitación	
121.000 m³/año + 365 m³/año	181.500 m³/año + 365 m³/año
121.365 m³/año	181.856 m³/año
Estimación sin tener en cuenta las pérdidas ocurridas en la precipitación y asumiendo que estos fluidos físicamente tienen las mismas propiedades.	

Por otra parte, también se aprecia la capa de los Sistemas de Acuíferos de Colombia en donde los acuíferos del Departamento del Cesar, efectivamente pasan por debajo de la planta, lo que aumenta el riesgo de contaminación de los mismos al no contemplar la planta de compostaje un sistema de aislamiento de las pilas de raquis con el suelo.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del caudal de lixiviado generado en la planta de compostaje de Oleoflores S.A.S para el periodo de lluvia comprendido entre el mes de enero y diciembre de 2018, despreciando las pérdidas por riego, infiltración, escorrentía, otro tipo de pérdida.

Tabla 12. Estimación de caudal de lixiviado para las precipitaciones de 2018.

ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE LIXIVIADO GENERADO PARA EL PERIODO DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL DE 2018²⁵ EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE OLEOFLORES.	
Caudal de lixiviado: 1 m³/día	
Área de planta de Compostaje: 12.1 hectáreas	
Precipitación Total Anual: 1368 mm	
1 mm → 1 L/m²	
$1368 \text{ L/m}^2 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * 12.1 \text{ ha}$	
Precipitación Total Anual en el Área de Compostaje	
165.528 m³	
Caudal de lixiviado generado para un día de precipitación	
$\frac{165.528 \text{ m}^3}{365 \text{ días}} + 1 \text{ m}^3/\text{día}$	
454,50 m³/día	
Caudal de lixiviado generado para un año de precipitación	
$165.528 \text{ m}^3/\text{año} + 365 \text{ m}^3/\text{año}$	
165.893 m³/año	

²⁵ IDEAM. Registro de Precipitación Total Anual para la Estación CODAZZI DC. Código: 28020460.

6.2. ETAPA 2. Proceso de evaporación del lixiviado generado en el proceso de compostaje para la obtención del subproducto.

Para obtener la fracción sólida del lixiviado, se experimentó con diferentes equipos de calentamiento en el laboratorio ambiental de la universidad.

Se inició con la evaporación de un litro de lixiviado, medidos en una probeta de 500 ml (**Ilustración 8**) y posteriormente conducido al horno (**Ilustración 7**) a una temperatura aproximadamente de 150°C.

Ilustración 8. Medición de volumen de lixiviado a evaporar



Fuente: Los autores.

Ilustración 7. Horno utilizado para la evaporación.



Fuente: Los autores.

Ilustración 9. Cantidad de subproducto obtenido en un litro de lixiviado.



Fuente: Los autores.

En varias carreras de evaporación se determinó que por cada litro de lixiviado evaporado se obtuvo una media de 22.527 gramos de subproducto (**Ilustración 9**) teniendo en cuenta las pérdidas presentes, todo durante un tiempo transcurrido de 3.5 horas. Lo que permite afirmar que la cantidad de subproducto depende de la cantidad de sólidos presentes en el lixiviado, entre más densa o consistente se encuentre la muestra, mayor obtención de subproducto.

Ilustración 10. Evaporación del lixiviado en estufa eléctrica.



Fuente: Los autores.

Cabe resaltar que la muestra de lixiviado utilizada en los ensayos se encontraba completamente líquida, razón por la cual la cantidad de subproducto obtenido fue relativamente pequeña, sin embargo, a pesar de la condición física de la muestra de lixiviado, se considera apreciable esta cantidad.

De igual forma, se utilizaron otros equipos de calentamiento (**Ilustración 10 y 11**), para la optimización del tiempo de evaporación y cantidad de subproducto obtenido, ya que los ensayos de evaporación en el horno tomaban mucho tiempo. Siendo así, con el nuevo equipo se logró la reducción del tiempo de evaporación.

Se realizaron ensayos para conocer los sólidos sedimentables presentes en el lixiviado. Este consistió en hacerlo pasar a través de un tamiz (**Ilustración 12**), lo que permitió aseverar que los sólidos en el lixiviado mayormente se encuentran disueltos, haciendo que los tratamientos físicos sean poco eficientes.

Luego de evaporar la fracción líquida en el lixiviado utilizando los diferentes equipos, se obtuvo la cantidad de subproducto suficiente para enviar una muestra a caracterizar. El subproducto se muestra en la **Ilustración 13**.

Ilustración 11. Evaporación del lixiviado en estufa a gas natural.



Fuente: Los autores.

Ilustración 12. Tamizado del lixiviado



Fuente: Los autores.

Ilustración 13. Cantidad obtenida de subproducto.



Fuente: Los autores.

Finalmente, en cuanto a las características físicas del subproducto se observó que posee una apariencia granular y fina, de color marrón claro a oscuro y de olor totalmente diferente a las condiciones iniciales en el lixiviado, siendo en este último mucho más agradable.

6.3. ETAPA 3. Evaluación de los macronutrientes según la NTC 5167 y base comparativa entre la composición del subproducto y el compost de raquis de palma de aceite.

6.3.1. Evaluación de los macronutrientes según la NTC 5167

Según la NTC 5167 todos los productos orgánicos empleados como fertilizantes o abonos y enmiendas del suelo deben cumplir con los requerimientos específicos dictados por la misma, teniendo en cuenta las características de origen y proceso para la obtención del subproducto evaporado, lo hemos clasificado en abono orgánico mineral.

Tabla 13. Requisitos específicos para abono orgánico mineral sólido²⁶.

ABONO ORGÁNICO MINERAL SÓLIDO	
Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales.	Producto sólido obtenido por mezcla o combinación de abonos minerales y orgánicos de origen animal, vegetal, pedogenético (geológico) o provenientes de lodos de tratamiento de aguas residuales, que contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico oxidable total y de los parámetros que se indican.
Parámetros a caracterizar	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas por volatilización % - Contenido de cenizas % - Contenido de humedad, máximo 15 % - Contenido de Carbono Orgánico Oxidable Total, mayor de 5% y menor de 15 % - N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, elementos menores, reportar si la riqueza total de cada elemento mínimo es 2 % - La suma de los elementos a reportar debe ser mínimo 10% - Densidad, reportar - pH, reportar

²⁶ Norma técnica colombiana NTC 5167, Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo, 2004, p. 3

	<ul style="list-style-type: none"> - Residuo insoluble en ácido, máximo 50 % del contenido de cenizas. - Contenido de sodio, reportar - Conductividad eléctrica, reportar - Límites máximos en mg/kg (ppm) de los metales pesados expresados a continuación (sólo para productos de mezcla con residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales): <table style="margin-left: 40px; border: none;"> <tr><td>Arsénico (As)</td><td>41</td></tr> <tr><td>Cadmio (Cd)</td><td>39</td></tr> <tr><td>Cromo (Cr)</td><td>1 200</td></tr> <tr><td>Mercurio (Hg)</td><td>17</td></tr> <tr><td>Níquel (Ni)</td><td>420</td></tr> <tr><td>Plomo (Pb)</td><td>300</td></tr> </table> <p style="margin-left: 40px;">Se indicará la materia prima de la cual procede el producto.</p>	Arsénico (As)	41	Cadmio (Cd)	39	Cromo (Cr)	1 200	Mercurio (Hg)	17	Níquel (Ni)	420	Plomo (Pb)	300
Arsénico (As)	41												
Cadmio (Cd)	39												
Cromo (Cr)	1 200												
Mercurio (Hg)	17												
Níquel (Ni)	420												
Plomo (Pb)	300												
<p>Parámetros a garantizar (en base húmeda)</p>	<p>Contenido de carbono orgánico oxidable total (% C) Humedad máxima (%) Contenido total de nitrógeno (% Nt) El nitrógeno se expresará en forma orgánica y mineral N org N- NH₄+y N- NO₃ Contenido de Potasio total (% K₂O) Contenido de Potasio soluble (% K₂O) Contenido de Fósforo Total (% P₂O₅) Contenido de Fósforo soluble (% P₂O₅) Contenido de Calcio (% CaO) Contenido de Magnesio (% MgO) Contenido de Elementos menores (%) Densidad (g/cm³) Contenido de metales pesados (mg/kg) (ppm)</p>												

Fuente: Adaptado de *NTC 5167*, 2004.

Basados en los parámetros expresados en la **Tabla 13**, se hizo un balance de cuáles eran los macronutrientes más relevantes para la investigación, para realizar la respectiva caracterización se contrató al laboratorio de servicios ambientales y agrícolas AGRILAB que cuenta con amplia capacidad y confiabilidad analítica. Los resultados de dicha caracterización se muestran en la **Tabla 14** y (**Anexo 5**).

Tabla 14. Caracterización y composición del subproducto.

Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades
Humedad	N.A.	17.2	%
pH	pH	10.2	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	CE	87.1	dS/m
Retención de Humedad	Ret. Hum.	56.6	%
Cenizas	N.A.	56.9	%
Perdidas por Volatilización	N.A.	25.9	%
Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	31.2	meq/100g
Densidad Real (En Base Seca)	N.A.	0.962	g/cm ³
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	5.90	%
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	3.91	Adimensional
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL			
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	1.51	%
Nitrógeno Total	NT	1.51	%
Fósforo	P ₂ O ₅	0.783	%
Potasio	K ₂ O	6.61	%
Calcio	CaO	1.19	%
Magnesio	MgO	2.16	%
Azufre	S	0.382	%
Hierro	Fe	0.156	%
Manganeso	Mn	89.6	mg/kg
Cobre	Cu	43.2	mg/kg
Zinc	Zn	38.1	mg/kg
Boro	B	60.0	mg/kg
Sodio	Na	0.476	%
Silicio (Soluble en HF)	SiO ₂	4.15	%

Fuente: Los autores

A continuación, se presenta la tabla de chequeo para determinar si el subproducto evaporado cumple los requisitos mínimos para abono orgánico mineral y en los casos en donde no se cumplió con lo expresado en la NTC 5167, se dejaron pautas para su cumplimiento.

Nota: La abreviatura **VNTC** será el valor registrado en la NTC 5167 y **VSE** será el valor registrado para la Caracterización y composición del subproducto.

Tabla 15. Chequeo de los requisitos mínimos para abono orgánico mineral según la NTC 5167.

REQUISITOS ESPECÍFICOS	VNTC (%)	VSE (%)	CUMPLE (✓)		PAUTAS PARA SU CUMPLIMIENTO
			SI	NO	
Contenido de humedad	≤15	17.2		✓	Someter el subproducto a calentamiento hasta disminuir la humedad al 15%.
Carbono Orgánico Oxidable Total	>5 y <15	5.90	✓		N. A
Nitrógeno Orgánico	≥2	1.51		✓	La norma solo exige reportar si la riqueza total de cada elemento es mínimo 2 %, en este caso los elementos no deben reportarse.
Nitrógeno Total	≥2	1.51		✓	
Fósforo {P ₂ O ₅ }	≥2	0.783		✓	
Calcio CaO	≥2	1.19		✓	
Magnesio MgO	≥2	2.16	✓		Reportar
Potasio {K ₂ O}	≥2	6.61	✓		Reportar
Azufre	≥2	0.382		✓	La norma solo exige reportar si la riqueza total de cada elemento mínimo es 2 %, en este caso los elementos no deben reportarse
Hierro	≥2	0.156		✓	
Silicio {SiO ₂ }	≥2	4.15	✓		Reportar
Suma de los elementos a reportar	≥10	12,92	✓		N. A

Fuente: Los autores

De forma general, el análisis de los requisitos específicos según esta Norma técnica nos deja saber que el subproducto tiene la potencialidad para ser reconocido como un abono orgánico mineral sólido, sin embargo, si se quiere llevar el producto a la comercialización, es decir garantizar el registro de venta ante el ICA regulado por la RESOLUCIÓN No. 150 del 2003 que para este caso específico dicta que se debe cumplir con contenidos mínimos de nutrientes de: Nitrógeno total (N) 3,0 %, Fósforo Asimilable (P₂O₅) 3,0 % y Potasio Soluble en Agua (K₂O) 3,0 %.²⁷

Por consiguiente, si se desea dar cumplimiento a la NTC 5167 y obtener registro ante el ICA, se deberán hacer ajustes en humedad y en algunos macronutrientes que se encuentran en porcentajes bajos en el subproducto, para ello se puede adicionar MAP agrícola (40 g por kilo de subproducto) y

²⁷ RESOLUCIÓN No. 150, 2003. Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia.

Urea (27g por kilo de subproducto) para suplir el producto en términos de fósforo y nitrógeno.

En la siguiente tabla se observan los porcentajes finales de los macronutrientes que inicialmente no cumplen con lo establecido en la mencionada resolución para el registro de venta ICA y que luego de la adición de MAP y Urea se cumple en su totalidad con el requerimiento para registrar el subproducto como fertilizante (abono orgánico mineral sólido).

Tabla 16. Porcentajes de Nitrógeno y fósforo después de la adición de MAP y UREA.

PORCENTAJES FINALES DE NITRÓGENO (N) Y FOSFORO (P₂O₅)				
Gramos de nitrógeno en 1kg de subproducto al 1,51% (N)	Gramos de fósforo en 1kg de subproducto al 0,783% (P ₂ O ₅)	Gramos de nitrógeno en 27g de Urea al 46% (N)	Gramos de nitrógeno en 40g de MAP al 12% (N)	Gramos de fósforo en 40g de MAP al 61% (P ₂ O ₅)
15,1	7,83	12,42	4,8	24,4
Gramos de nitrógeno en el subproducto después de la adición de MAP y UREA		Gramos de fósforo en el subproducto después de la adición de MAP y UREA		
32,32		32,23		
PORCENTAJE FINAL DE NITRÓGENO		PORCENTAJE FINAL DE FOSFORO		
3,029		3,021		

Fuente: Los autores.

6.3.2. Base comparativa entre la composición química del subproducto y el compost de raquis de palma de aceite de varias investigaciones.

La alternativa más utilizada para el aprovechamiento del raquis de palma de aceite es el compost. Sin embargo, este por sí solo no puede usarse como reemplazo de la fertilización química; de hecho, para utilizar el compost como complemento nutricional se deben tener en cuenta muchos factores, puesto que, las palmas tienen altas demandas de nutrientes, además de que la liberación de los nutrientes en el compost es lenta, adicionalmente su calidad es variable por lo cual se debe someter a análisis fisicoquímicos frecuentes para ser normalizados y estandarizados.

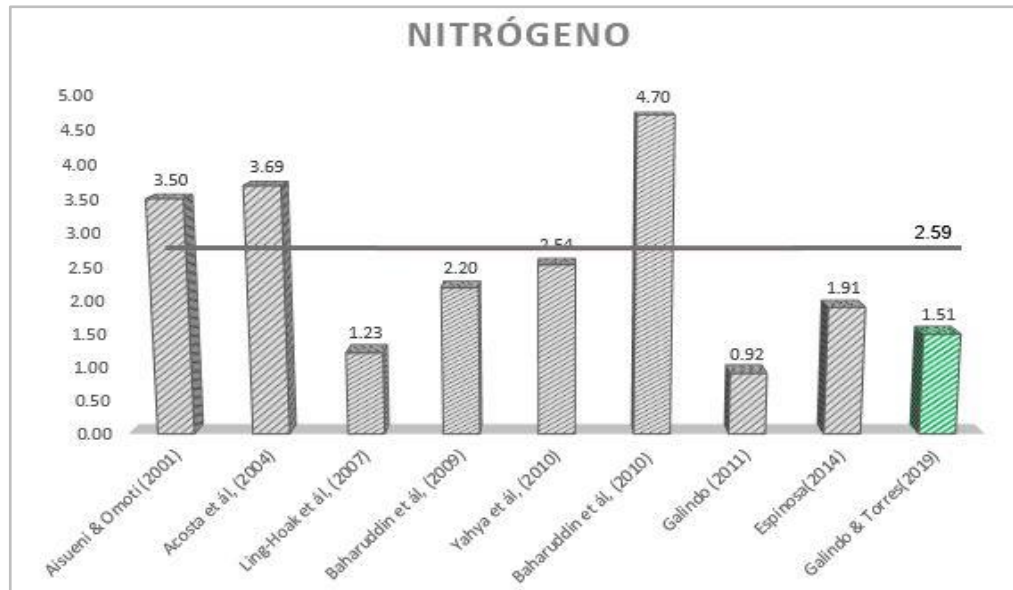
El subproducto objeto de esta investigación proviene del lixiviado generado a partir del compostaje del raquis, el proceso subsiguiente a este es la evaporación, en este proceso se puede correr el riesgo de perder componentes volátiles esenciales como el nitrógeno, entre otros. Por esta razón, la base comparativa se entablará entre la caracterización del compost de raquis de palma y la caracterización del subproducto evaporado con el fin de determinar experimentalmente si las pérdidas por volatilización son considerables.

Tabla 17. Composición química de subproductos de la agroindustria de palma de aceite.

REFERENCIA	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	pH
COMPOST DE RAQUIS DE PALMA DE ACEITE						
Aisueni & Omoti (2001)	3.50	1.40	3.00	0.90	2.40	8.40
Acosta et ál. (2004)	3.69	2.01	4.71	0.79	4.46	N.R
Ling-Hoak et ál. (2007)	1.23	0.17	1.54	0.28	0.53	5.91
Baharuddin et ál. (2009)	2.20	1.30	2.80	1.00	0.70	8.10
Yahya et ál. (2010)	2.54	1.19	2.89	0.81	1.16	8.50
Baharuddin et ál. (2010)	4.70	1.25	5.16	1.41	2.55	7.41
Galindo (2011)	0.92	0.70	1.69	0.85	2.22	7.35
Espinosa (2014)	1.91	0.56	1.82	0.53	2.82	N.R
PROMEDIO	2.59	1.07	2.95	0.82	2.11	7.61
SUBPRODUCTO						
Galindo & Torres (2019)	1.51	0.783	6.61	2.16	1.19	10.2
Diferencia con respecto al promedio (+) > Promedio < (-)	-1.08	-0.29	3.66	1.34	-0.92	2.59

Fuente: Los autores

Gráfica 1. Contenido de Nitrógeno en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.

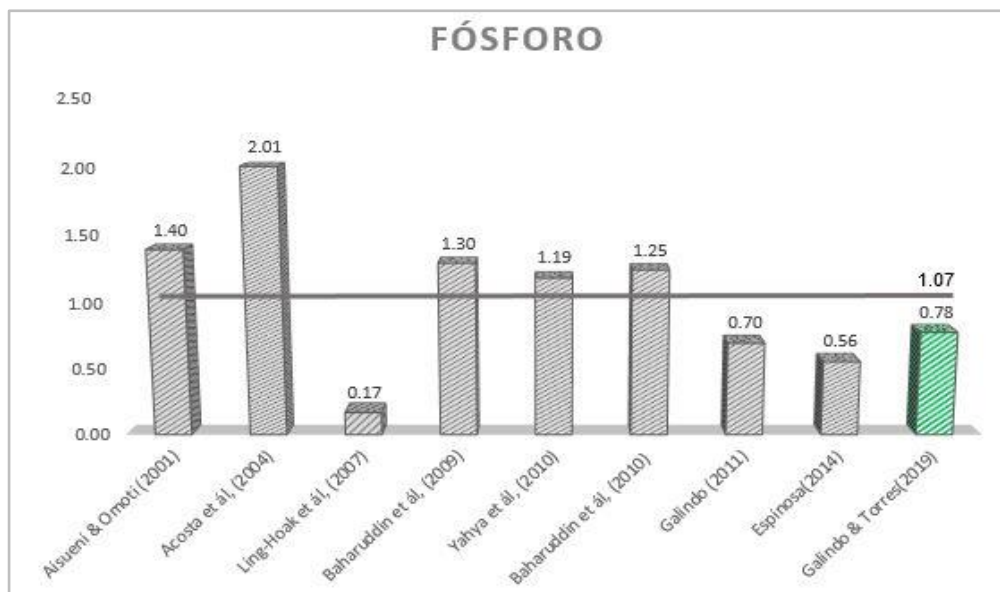


Fuente: Los autores

Tal como se esperaba al observar la **Gráfica 1** se manifiesta que el contenido de nitrógeno en el subproducto es mucho más bajo que el promedio, el nitrógeno presenta un punto de ebullición por debajo de los cero grados centígrados, lo que explicaría brevemente porque el contenido de nitrógeno está tan bajo.

De acuerdo a la investigación de Owen (2011), el nitrógeno es el segundo elemento más absorbido por la palma africana y es el más importante por su mayor costo por unidad de elementos. Además, menciona que el contenido de nitrógeno depende del contenido de materia orgánica y éste depende de los antecedentes del suelo (vegetación o cultivo anterior). Por lo tanto, al ser el subproducto de origen mineral el contenido de materia orgánica presente en este va a ser bajo, lo que lleva a la disminución del contenido de nitrógeno. Sin embargo, el origen del compost de raquis de los autores en relación a la **Gráfica 1** es orgánico; y aun así el subproducto no se encuentra con el contenido más bajo.

Gráfica 2. Contenido de Fósforo en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.



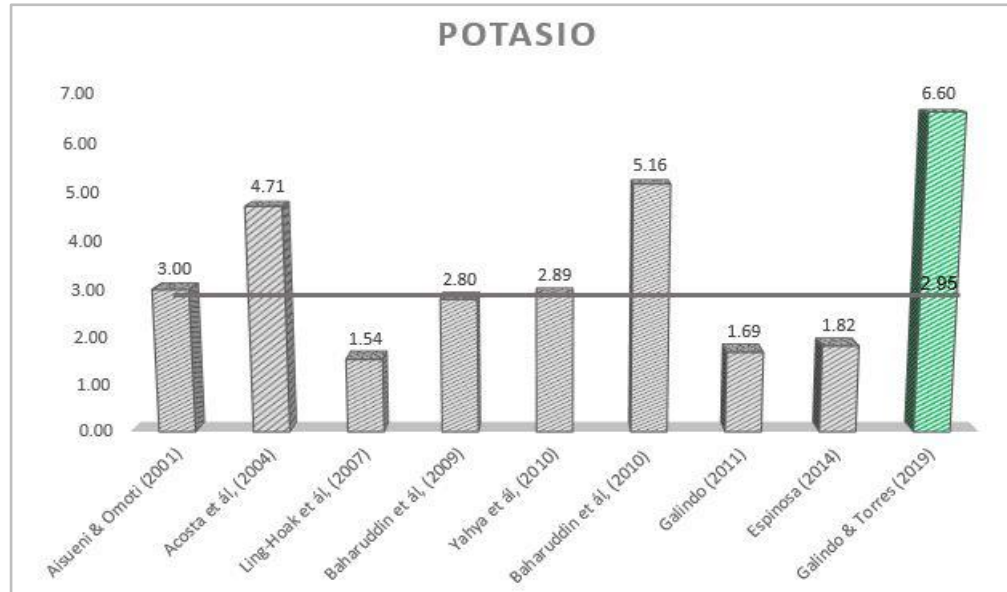
Fuente: Los autores

Según lo observado en la **Gráfica 2** se puede decir que el contenido de fósforo se encuentra en un porcentaje bajo en el subproducto, cuyo valor está por debajo del promedio, aunque tampoco llega a ser el más bajo de las caracterizaciones presentes. Dado que el P_2O_5 (Óxido de fósforo (V)) presenta un punto de ebullición de $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que el subproducto sólo se sometió a temperaturas controladas que oscilan entre los $80\text{-}120\text{ }^{\circ}\text{C}$, es acertado concluir que este valor estaría más relacionado con la carga inicial de fosforo presente en el lixiviado.

El Fósforo ayuda a que las raíces y la plántula se desarrollen más rápidamente, mejora la eficiencia del uso del agua, mejora la resistencia a enfermedades en algunos cultivos, acelera la maduración y es vital en la formación de la semilla. Todos estos son factores importantes en el rendimiento y en la calidad del cultivo (Roberts, 1997).

El fósforo es el elemento mayor de menos absorción por la palma africana. Solamente hay respuesta al fósforo en suelos con contenido muy bajo de fósforo (Owen, 2011). También argumenta Owen et al. que, 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).

Gráfica 3. Contenido de Potasio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.



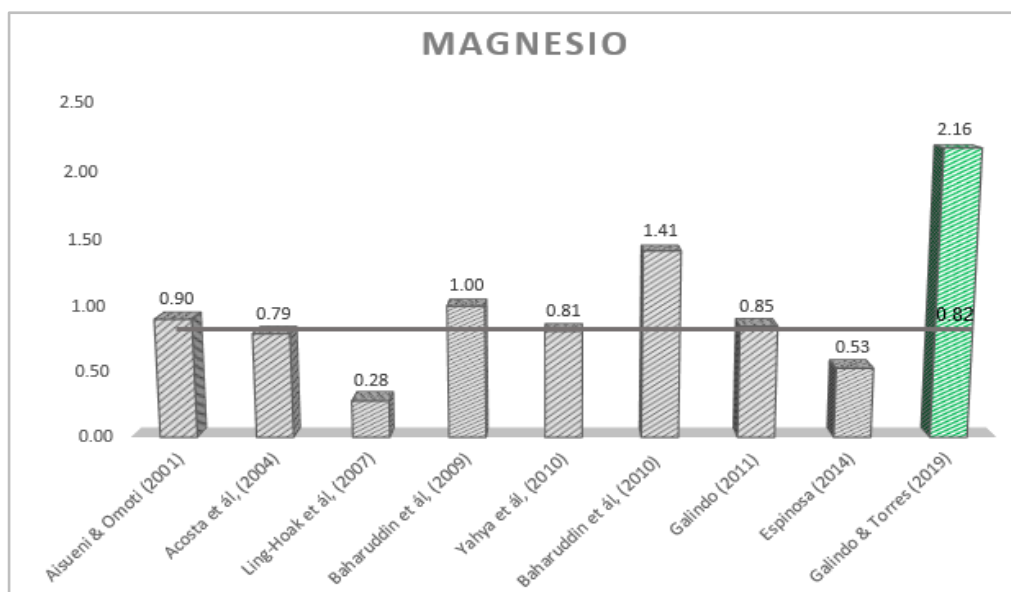
Fuente: Los autores

El contenido de potasio en el subproducto está por encima de la media y es el valor más alto entre las caracterizaciones presentes, este valor es atribuido a la carga inicial de potasio en el lixiviado y a juzgar por el punto de ebullición del K_2O (Óxido de potasio) de $740\text{ }^{\circ}\text{C}$ se puede decir que la evaporación no causa ninguna afectación significativa en las propiedades de este para que haya un aumento o disminución de su contenido.

Según Owen (2011), el Potasio es el elemento que más absorbe la palma de aceite e influye en el número de racimos por palma y el peso medio del racimo. El nivel en el suelo debe ser mayor de $0.15\text{-}0.20\text{ me}/100\text{g}$. Además del contenido alto de potasio es ventajoso que los suelos tengan una relación $\text{Mg}/\text{K} < 4$ para palmas jóvenes y $\text{Mg}/\text{K} < 2$ para palmas adultas.

Por otra parte, (Roberts, 1997) argumenta en su investigación que el Potasio y el Fosforo son dos de los tres nutrientes primarios esenciales para el crecimiento de la planta. Son primarios porque la planta lo requiere en cantidades altas y esenciales porque son indispensables para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta y no pueden ser reemplazados por otros nutrientes.

Gráfica 4. Contenido de Magnesio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.

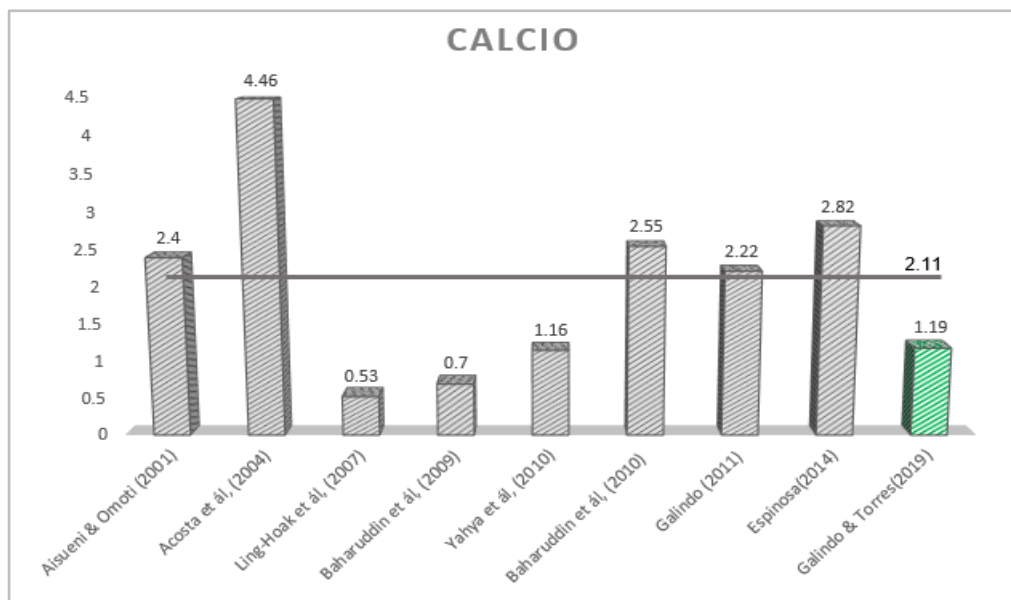


Fuente: Los autores

El contenido de Magnesio en el subproducto está por encima de la media y es el valor más alto entre las caracterizaciones presentes, este valor es atribuido a la carga inicial de Magnesio en el lixiviado y tomando como referencia el punto de ebullición el MgO (Óxido de Magnesio) que es 3600°C se puede decir que la evaporación no causa ninguna afectación significativa en las propiedades de este para que haya un aumento o disminución de su contenido.

El magnesio es menos absorbido que el calcio, pero, es más importante porque generalmente los suelos tropicales tienen menor cantidad de magnesio que de Ca. Además, es un componente esencial de la clorofila y acompaña a los fosfatos, se combina con éstos para trasladarse a los sitios precisos como compuestos de fosfato de magnesio (Owen, 2011).

Gráfica 5. Contenido de Calcio en subproductos de la agroindustria de palma de aceite.



Fuente: Los autores

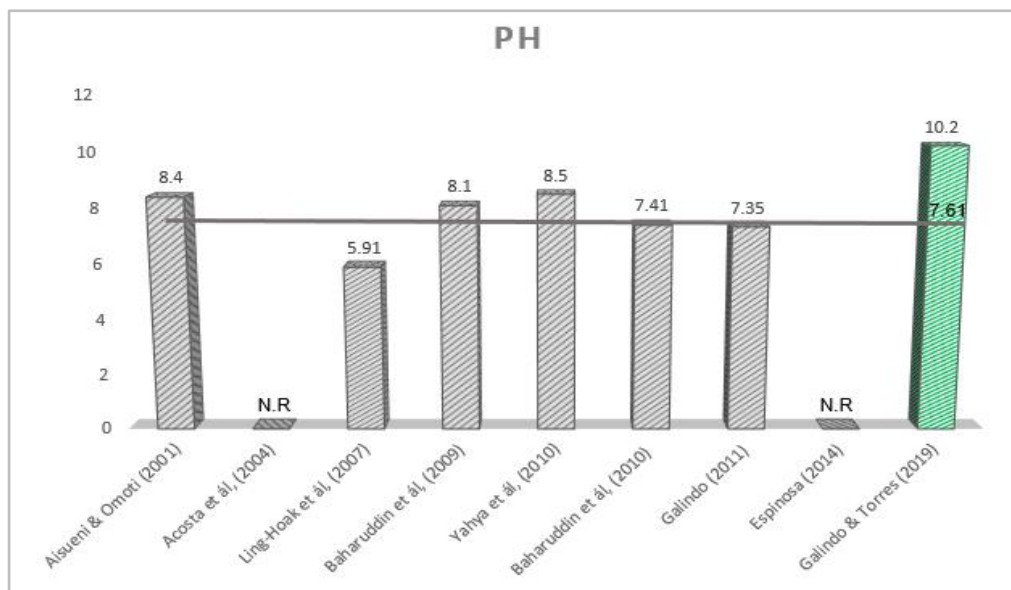
El contenido observado de calcio es inferior al promedio, pero tomando en cuenta que el calcio es un micronutriente que no perfila entre los nutrientes esenciales para el crecimiento de la palma de aceite, lo cual se considera que su valor es apropiado.

El calcio forma parte de la pared celular para formar tamices protectores que permiten el paso de nutrientes a la célula. Además, funciona como sustancia pegante entre las paredes de las células²⁸.

Por otra parte, Owen (2011), argumenta en su investigación que, síntomas de deficiencia no se han presentado en plantaciones ya que suelos pobres aportan la calidad necesaria para el desarrollo. Por lo tanto, se considera que el contenido de calcio en el subproducto es suficiente para que la planta realice las funciones correspondientes a este microelemento.

²⁸ OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Y MARTING, G., 1970. El abonamiento de la palma de aceite en el mundo. *Fertilite*. 36:30-61. Citado por OWEN, Eric.

Gráfica 6. pH en subproductos de la industria de palma de aceite.



Fuente: Los autores

El pH en el subproducto es considerablemente alto, alcalinidad que se cree es producida por el contenido de cationes de Magnesio, Potasio y Calcio. Para suelos de cultivo de palma de aceite el pH: es de 4.5- 7.5 óptimo, pero se adapta desde 3 a 8.2²⁹, por lo cual es importante adecuar el pH conforme a los suelos donde se aplique el subproducto.

²⁹ Sáenz, m. 2006. «Cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*)». Nicaragua. 27 p

6.3.3. Base comparativa entre la composición física del subproducto y del compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.

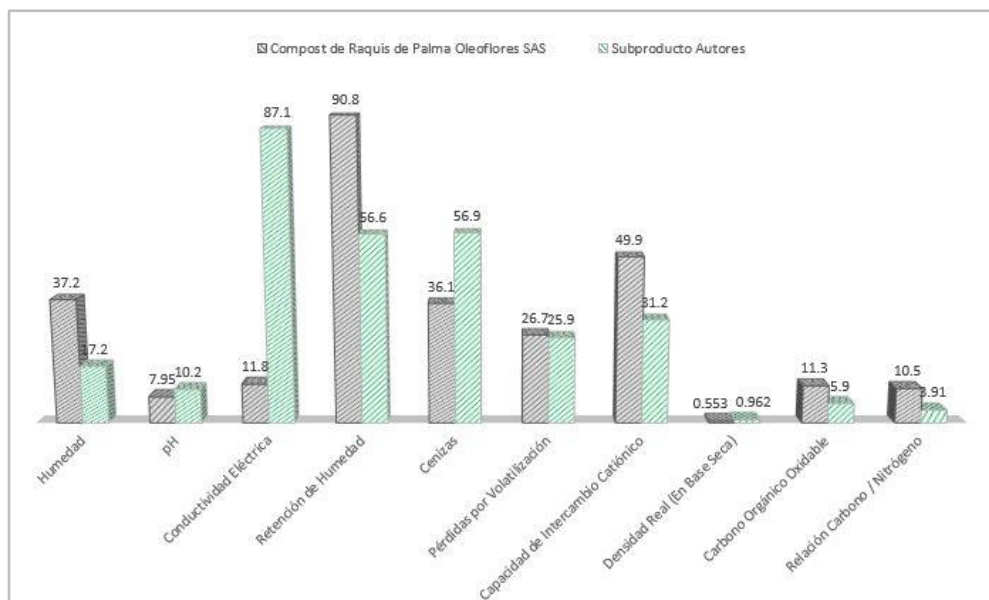
Basados en el resultado de la caracterización del subproducto obtenido mediante la evaporación del lixiviado que se produce en la planta de compostaje de la empresa Oleoflores SAS (**Anexo 5**) y la caracterización del Raquis de compost de palma de aceite de la misma (**Anexo 6**), se hizo una comparativa (**Tabla 18**) de cada una de las variables caracterizadas.

Tabla 18. Comparativa caracterización de raquis de palma y subproducto.

VARIABLE	EXPRESIÓN/SIGLA	UNIDADES	RESULTADOS	
			Compost de Raquis de Palma Oleoflores SAS	Subproducto Autores
Humedad	N.A.	%	37.2	17.2
pH	pH	Unidades de pH	7.95	10.2
Conductividad Eléctrica	CE	dS/m	11.8	87.1
Retención de Humedad	Ret. Hum.	%	90.8	56.6
Cenizas	N.A.	%	36.1	56.9
Pérdidas por Volatilización	N.A.	%	26.7	25.9
Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	meq/100g	49.9	31.2
Densidad Real (En Base Seca)	N.A.	g/cm ³	0.553	0.962
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	%	11.3	5.9
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	Adimensional	10.5	3.91
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL				
Nitrógeno Total	NT	%	1.08	1.51
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	%	1.08	1.51
Fósforo	P ₂ O ₅	%	0.969	0.783
Potasio	K ₂ O	%	1.1	6.61
Calcio	CaO	%	2.2	1.19
Magnesio	MgO	%	1.4	2.16
Azufre	S	%	0.197	0.382
Hierro	Fe	%	0.993	0.156
Manganeso	Mn	mg/kg	26.9	89.6
Cobre	Cu	mg/kg	50.1	43.2
Zinc	Zn	mg/kg	87	38.1
Boro	B	mg/kg	21.2	60
Sodio	Na	%	0.036	0.476
Silicio (Soluble en HF)	SiO ₂	%	28.4	4.15
Residuo Insoluble en Ácido	N.A.	%	23.5	N.A.

Fuente: Los autores

Gráfica 7. Comparativa composición física del compost y subproducto.



Fuente: Los autores

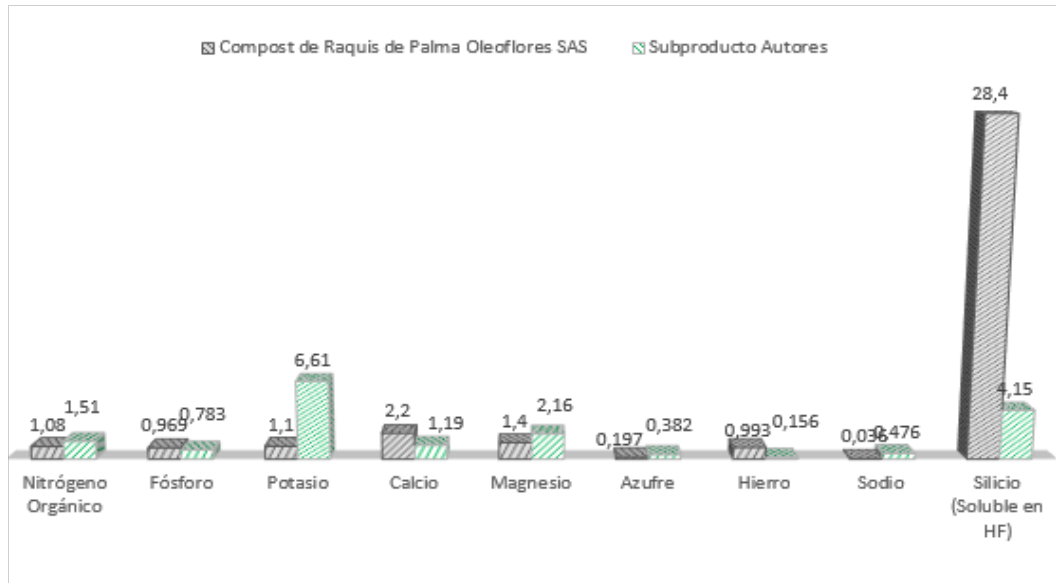
Las diferencias esperadas en cuanto a humedad son notables, es razonable que el compost tenga mayor humedad que el subproducto, sin embargo, en ambos casos siguen siendo altas si se desean utilizar como fertilizantes; el pH y la conductividad eléctrica son mucho mayores en el subproducto esto podría deberse a que este tiene mayor cantidad de compuestos, soportado por el contenido de cenizas, aunque éstas también podría estar asociadas al contenido de cloruro.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico, se observa que en el compost de la empresa es relativamente superior al subproducto, a pesar de esta razón la liberación de algunos cationes en el compost es más lenta que en el subproducto, eso debido a que el contenido de nutrientes del compost no se encuentra en su totalidad en su parte acuosa, sino también en su fracción fibrosa.

Por otra parte, respecto a la relación C/N en el subproducto es considerablemente bajo, esto se debe a la mineralización del mismo, sin embargo, se espera que sea suficiente para que organismos biológicos puedan ayudar en el aporte de sustancias asimilables, entre otras.

6.3.4. Base comparativa entre la composición mineral del subproducto y del compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.

Gráfica 8. Comparativa composición mineral para elementos expresados en (%)



Fuente: Los autores

Entre las diferencias más notables observadas en la **Gráfica 8** se encuentran los contenidos de los macroelementos como Nitrógeno, Potasio, Magnesio, Sodio y Azufre que son más altos en el subproducto que en el compost de la empresa, a pesar del proceso de obtención y las características que presentan los elementos. También se evidencia que los contenidos de macroelementos como el fosforo y calcio son más altos en el compost, así como los contenidos de microelementos como Hierro y Silicio.

Por otra parte, para los elementos expresados en mg/kg cuya concentración es ínfima, se encontró que los contenidos de Manganeso y Boro son más altos en el subproducto y que los contenidos de Zinc y cobre son más altos en el compost.

Estas diferencias pueden explicarse al describir la forma en la que el compost y el subproducto obtuvieron su carga nutricional. El compost está sometido a un proceso de degradación, es rico en compuestos orgánicos de lenta liberación; en cuanto al subproducto este proviene de la evaporación del lixiviado que es rico en compuestos que libera el mismo compost, siguiendo este orden de ideas el lixiviado tendrá obtención de nutrientes a medida que el compost se degrade.

6.4. ETAPA 4. Formulación del plan de fertilización para determinar el rendimiento del subproducto en la complementación nutricional de las palmas en etapa de vivero y análisis de las características morfoagronómicas frente a la aplicación de los diferentes tratamientos.

6.4.1. Elaboración e implementación del plan de fertilización para determinar el rendimiento del subproducto en la complementación nutricional.

Para iniciar con la formulación del plan se debe conocer los requerimientos de nutrientes que tienen las palmas en cada una de sus etapas.

Tabla 19. *Requerimientos nutricionales de la semana 8 hasta la semana 25.*

REQUERIMIENTOS DE LAS PALMAS (GR)	
N	15
P₂O₅	9
K₂O	20
MgO	4
S	6
B	0,15
Mn	0,20
Zn	0,20

Fuente: Adaptado de plan de fertilización interno de Oleoflores.

Tabla 20. *Porcentaje de nutrientes en los fertilizantes.*

PORCENTAJE DE NUTRIENTES EN LOS FERTILIZANTES (%)								
Fertilizantes	N	P₂O₅	K₂O	MgO	S	B	Mn	Zn
Kieserita	-	-	-	25	20	-	-	-
Integrador	15	9	20	1,8	3,8	0,15	0,2	0,2
MAP	10	50	-	-	-	-	-	-
Urea	46	-	-	-	-	-	-	-
Subproducto	1,51	0,783	6,61	2,16	0,382	0,006	0,00896	0,00381

Fuente: Los autores.

Todos los planes de fertilización elaborados e implementados se hicieron de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las Palmas desde las 8 semanas hasta las 25 semanas de crecimiento con cumpliendo total o parcial, en donde los macronutrientes de esencial cumplimiento son: N, P₂O₅, K₂O y S. Siguiendo los requerimientos construidos con base a la experiencia operacional de la empresa Oleoflores.

A continuación, se plantean los siguientes tratamientos en los que se evaluará la potencialidad del subproducto.

Tratamiento N°1. Fertilización subproducto:

Este tratamiento tiene como propósito evaluar la potencialidad del subproducto utilizándolo exclusivamente para cumplir parcialmente con los requerimientos nutricionales de las palmas.

Tratamiento N°2. Fertilización subproducto completado con fertilización química:

Con este tratamiento se busca conocer la compatibilidad del uso del subproducto completado con los productos químicos utilizados generalmente por la empresa para la fertilización.

Tratamiento N°3. Fertilización lixiviada completado con fertilización química:

Este tratamiento se ejecutó con la finalidad de monitorear el efecto que produce el lixiviado en las palmas sin dejar de lado la complementación química.

Tratamiento N°4. Fertilización química:

Este tratamiento se elaboró con la finalidad de mantener un testigo comercial que permitiera entablar una base comparativa entre el fertilizante utilizado habitualmente y el subproducto en prueba.

Tratamiento N°5. Sin fertilización:

El tratamiento tiene el objetivo de fijar un punto de referencia respecto a los demás tratamientos.

En las siguientes tablas se muestran los requerimientos nutricionales de las palmas y su cumplimiento con cada uno de ellos en los diferentes tratamientos.

Tabla 21. Plan de fertilización para el subproducto en el Tratamiento 1.

EDAD DE LAS PALMAS		DOSIS DEL FERTILIZANTE			APORTE DE ELEMENTOS DISPONIBLES POR PARTE DEL SUBPRODUCTO (GR)						
Meses	Semana	Subproducto (gr)	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	B	Mn	Zn (mg/kg)	
2	8										
3	9	28	0,4228	0,2192	1,8508	0,6048	0,107	0,0017	0,0025	0,0011	
	10										
	11	28	0,4228	0,2192	1,8508	0,6048	0,107	0,0017	0,0025	0,0011	
4	12										
	13	28	0,4228	0,2192	1,8508	0,6048	0,107	0,0017	0,0025	0,0011	
	14										
5	15	35	0,5285	0,2741	2,3135	0,756	0,1337	0,0021	0,0031	0,0013	
	16										
	17	35	0,5285	0,2741	2,3135	0,756	0,1337	0,0021	0,0031	0,0013	
6	18										
	19	35	0,5285	0,2741	2,3135	0,756	0,1337	0,0021	0,0031	0,0013	
	20										
7	21	42	0,6342	0,3289	2,7762	0,9072	0,1604	0,0025	0,0038	0,0016	
	22										
	23	42	0,6342	0,3289	2,7762	0,9072	0,1604	0,0025	0,0038	0,0016	
7	24										
Total		315	4,76	2,47	20,82	6,80	1,20	0,0189	0,0282	0,0120	
Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos de las palmas(%)			31,71	27,41	104,11	170,1	24,07	9,45	14,11	6,00	

Fuente: Los autores.

Tabla 22. Plan de fertilización para el subproducto complementado con fertilización química en el tratamiento 2.

EDAD DE LAS PALMAS		DOSIS DEL FERTILIZANTE				APORTE DE ELEMENTOS DISPONIBLES POR PARTE DEL FERTILIZANTE (GR)							
Meses	semana	Boro zinc foliar cc/lit	MAP (gr)	Urea (gr)	subproducto (gr)	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	B	Mn	Zn (mg/kg)
2	8			2		0,92							
3	9				16	0,2416	0,1253	1,0576	0,3456	0,0611	0,001	0,0014	0,0006
	10			2		0,92							
	11		3		22	0,6322	16,723	1,4542	0,4752	0,084	0,0013	0,002	0,0008
4	12	2											
	13				31	0,4681	0,2427	2,0491	0,6696	0,1184	0,0019	0,0028	0,0012
	14			4		1,84							
5	15				31	0,4681	0,2427	2,0491	0,6696	0,1184	0,0019	0,0028	0,0012
	16	2,5		4		1,84							
	17		6		37	11,587	32,897	2,4457	0,7992	0,1413	0,0022	0,0033	0,0014
6	18			4		1,84							
	19				37	0,5587	0,2897	2,4457	0,7992	0,1413	0,0022	0,0033	0,0014
	20	2,5		4		1,84							
7	21				46	0,6946	0,3602	3,0406	0,9936	0,1757	0,0028	0,0041	0,0018
	22			5		2,3							
	23		6		46	1,2946	33,602	3,0406	0,9936	0,1757	0,0028	0,0041	0,0018
7	24			5		2,300							
7	25				49	0,7399	0,3837	3,2389	1,0584	0,1872	0,0029	0,0044	0,0019
Total		7	15	28	315	20,06	9,97	20,82	6,80	1,20	0,0189	0,0282	0,0120
Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos de las palmas						133,71	110,74	104,11	170,1	24,07	9,45	14,11	6

Fuente: Los autores.

Tabla 23. Plan de fertilización para el lixiviado complementado con fertilización química en el tratamiento 3.

EDAD DE LAS PALMAS		DOSIS DEL FERTILIZANTE			
Meses	semana	Borozinco foliar cc/lt	MAP (gr)	Urea (gr)	Lixiviado (300ml/1000ml)
2	8			2	
3	9				400
	10			2	
	11		3		400
	12	2			
4	13				400
	14			4	
	15				400
	16	2,5		4	
5	17		6		400
	18			4	
	19				400
	20	2,5		4	
6	21				400
	22			5	
	23		6		400
	24			5	
7	25				400
Total		7	15	28	3600

Fuente: Los autores.

Para la aplicación de lixiviado se diluyo la mezcla a razón de 300 ml de lixiviado en 1000 ml de agua, es decir a una concentración de 23,08%. Para este plan no se calculó los porcentajes de cumplimiento de los requerimientos de las palmas, debido a la dilución que presentan los nutrientes en el lixiviado calcular estos valores sería irrelevante. Para sustentar dicha afirmación se presenta a continuación una demostración.

Tabla 24. Demostración del aporte de Potasio proporcionado por el lixiviado.

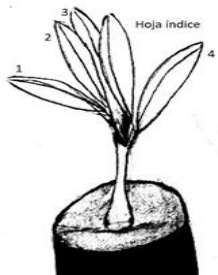

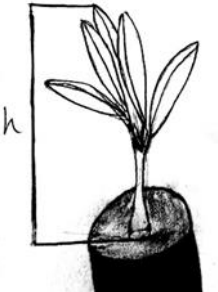
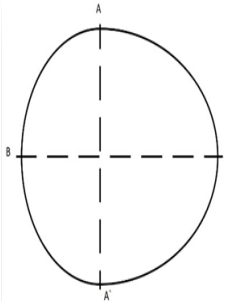
DEMOSTRACIÓN DE GRAMOS DE POTASIO (K) PROPORCIONADOS POR EL LIXIVIADO			
Concentración (K g/ml)	Lixiviado diluido (ml)	Lixiviado (ml)	Gramos de K proporcionados por el lixiviado
0.00387	3600	830.88	3.215

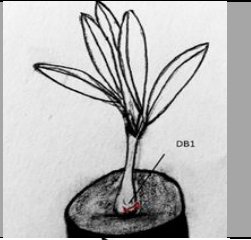
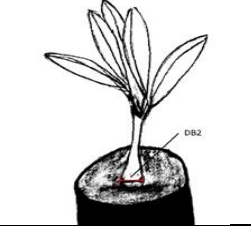
Fuente: Los autores.

6.4.2. Criterio para la selección de las variables a monitorear en las palmas y condiciones iniciales en el establecimiento del vivero.

Teniendo en cuenta la experiencia de la empresa en el manejo de las palmas en etapa de vivero, se seleccionaron las variables sujeto a monitoreo durante los primeros meses de las palmas en esta etapa, mostrándose en la siguiente tabla.

Tabla 27. Variables morfoagronómicas a monitorear en etapa de vivero.

VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS		
Parámetro	Descripción	Representación
Número de hojas	Número de hojas que presente la palma por fuera de la hoja índice.	
Numero de hojas diferenciadas	Número de hojas que presenta bifurcación o división.	
Altura de la palma	Medida desde el bulbo de la palma hasta la punta de la hoja más larga.	
Diámetro del bulbo	Medida del diámetro de la protuberancia redondeada u ovalada que se presenta debajo del tallo, generalmente es ovalada, por tanto, se deben tomar medidas de 2 diámetros, en la representación se muestra la vista en planta de un bulbo de una palma en donde el DB ₁ es la medida de la sección A-A' y DB ₂ es la medida de la sección B-B'	

Diámetro del bulbo 1	Medida del diámetro de la sección A-A'	
Diámetro del bulbo 2	Medida del diámetro de la sección B-B'	
Diámetro del bulbo promedio	Valor que se obtiene del promedio de DB ₁ y DB ₂ .	$\frac{DB_1 + DB_2}{2}$

Fuente: Los autores.

Una vez se seleccionaron las variables que se monitorearon durante los meses de experimentación, se procedió al establecimiento del vivero y selección de las palmas de pre-vivero aptas para pasar a la etapa subsiguiente (**Ilustración 14**). Luego se rotulo cada tratamiento, se inició con la toma del primer registro de datos de las variables seleccionadas para el mes 0 y finalmente con la aplicación de los fertilizantes correspondiente en cada uno de los tratamientos.

Las condiciones físicas iniciales de las palmas se observan en el **Anexo 11**, las cuales presentaban características saludables.

Ilustración 14. Establecimiento de vivero y primera fertilización de las palmas.

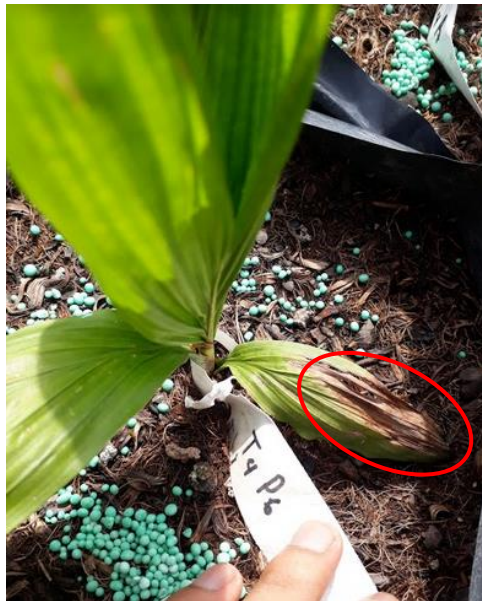


Fuente: Los autores.

6.4.3. Análisis físico de las palmas frente a la primera aplicación de los diferentes fertilizantes en los tratamientos.

Transcurridos los primeros quince días desde la aplicación de la primera fertilización, se observaron los primeros cambios y respuestas de las palmas frente a la aplicación de los fertilizantes en cada uno de los tratamientos. Algunos de estos cambios físicos se aprecian en la **Ilustración 15 y 16**; y de forma general en el **Anexo 12**.

Ilustración 16. Quemazón de hoja en el T_4P_6



Fuente: Los autores.

Ilustración 16. Agrietamiento de la hoja en el T_5P_9 .



Fuente: Los autores.

Muchas de las afectaciones de las palmas son quemazones en sus hojas y algunos agrietamientos. Este tipo de lesiones fueron causadas por insolación, dado a la ubicación del vivero y que este no cuenta con ningún tipo de cubierta de protección de la radiación solar. La frecuencia de riego del vivero es un factor que influyó en la generación de estas lesiones en las palmas, ya que este se efectuó de forma manual y con una frecuencia diaria. A todo esto, se le suma las altas temperaturas registradas durante los días después del establecimiento del vivero y las pocas precipitaciones.

Adicionalmente, estas lesiones pudieron haber resultado en el momento inicial cuando las palmas se encontraban en edad de pre-vivero, dado que las instalaciones estaban cubiertas por polisombra (**ilustración17**) la cual no permitía una exposición directa con al sol, al

momento de su traslado al sitio previsto para la etapa vivero se pudieron hacer movimientos bruscos generando las afectaciones presentadas.

Por otra parte, se descarta que esta sintomatología en las palmas se deba a la aplicación de los fertilizantes, ya que las afectaciones se presentaron en todos los tratamientos. También, se excluye que sea a razón de exceso o déficit en los aportes de nutrientes, debido

a que las palmas poseen unas características muy particulares cuando su nutrición no es la adecuada o no se planifico de manera idónea.

El hecho de que las lesiones se hayan presentado en todos los tratamientos, evidencia que el subproducto ha de cumplir con los requerimientos nutricionales de las palmas durante este tiempo. Además, que no produce en ellas algún tipo de reacción perjudicial.

Finalmente, teniendo en cuenta la experiencia de los ingenieros de la empresa en la fertilización de palmas con compost de raquis, y que una de las primeras afectaciones generadas a las palmas durante la aplicación de este, fue la quemazón y pérdida de las hojas, debido a la carga de microorganismos presentes en el compost, ya que este se obtiene a partir de un proceso de degradación. Mientras que el subproducto se obtiene mediante un proceso de calentamiento, esto permite eliminar gran parte de estos microorganismos que resultan perjudiciales para las palmas, hecho que se comprueba con la aplicación del subproducto y que este no tuvo ningún tipo de reacción perjudicial hacia la misma.

Ilustración 17. Instalaciones de pre-vivero.



Fuente: Los autores.

6.4.4. Análisis físico general de las palmas transcurrido el experimento.

Luego de monitorear la evolución de las palmas durante las primeras semanas de experimento, se evaluó durante este tiempo la aparición de sintomatologías anormales en el vivero en cada uno de los tratamientos. Se puede observar en la **Ilustración 18** y **19** una sintomatología que padecen las plantas durante la etapa de vivero frente al cambio climático.

Ilustración 19. *Corrugamiento de la palma en la hoja índice.*



Fuente: Los autores.

Ilustración 19. *Corrugamiento en hoja índice desarrollada parcialmente.*



Fuente: Los autores.

Esta sintomatología se presentó en mayor proporción en el tratamiento 3 (**Ver Anexo 13**), lo que lleva a argumentar que es un hecho aislado del cumplimiento de los requerimientos nutricionales.

Por otra parte, una vez identificado y evaluado el síntoma, el ingeniero supervisor de la investigación explica dicha sintomatología, “Este síntoma se presenta por estrés hídrico (déficit o exceso), esta sintomatología se viene presentando en el vivero desde hace algún tiempo y creemos que puede ser favorecido por el cambio climático ya que está relacionado con condiciones agro climatológicas como lo es el aumento del coeficiente de agotamiento del agua almacenada en el

suelo y disponible para las palmas, alta evapotranspiración, baja humedad relativa, presencia de vientos y altas temperaturas. Adicional a esto hay que tener en cuenta que nuestros materiales son sensibles a las variaciones de humedad” (Ramos, 2019).

De acuerdo al concepto del ingeniero el corrugamiento está dentro del rango de lo comercialmente normal, es decir dentro de los porcentajes de descartes normales.

6.4.5. Análisis estadístico de las características morfoagronómicas de las palmas en etapa de vivero.

Terminado el tiempo de evaluación y monitoreo de las variables morfoagronómicas seleccionadas en las palmas, se procedió a realizar un análisis estadístico de los datos recolectados en el tiempo de estudio. Los datos mostrados a continuación corresponden al valor neto de crecimiento en cada una de las palmas en el tiempo de monitoreo (4.5 meses).

Tabla 28. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 1.

		REPETICIONES										TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF. 95%	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10							+	-
		T1	ALP	0,59	1,44	0,59	0,80	0,66	0,80	0,73	1,04							1,74	2,51
	DBU	0,07	0,08	0,46	0,32	0,13	0,07	0,11	0,29	0,18	0,08	1,78	0,18	0,02	0,13	0,11	0,75	0,19	0,17
	#TH	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96
	#DH	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	13,00	1,30	0,90	0,95	0,54	0,73	1,86	0,74

MAX: Verde MIN: Rojo

Fuente: Los autores.

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

Como se observa en la tabla, la altura máxima y mínima se presentaron en la palma número 10 y las palmas número 1 y 3 respectivamente. Las palmas en este tratamiento tuvieron una media de crecimiento de 1,09 centímetros durante el tiempo de monitoreo para la variable altura, se interpreta con respecto a la desviación estándar que, el crecimiento de cada una de las palmas está disperso con respecto a la media a razón de 0,63 centímetros aproximadamente, encontrándose que más o menos 7 palmas en este tratamiento se encuentran alrededor de la media.

Para el desarrollo del bulbo, la palma con mayor crecimiento fue la palma número 3 y con el menor crecimiento, la palma número 1 y 6. En cuanto a las hojas emitidas por las palmas, se observa que solo el número 2 y 7 emitieron 3 hojas; el resto solo una hoja.

Con una confianza del 95%, se determinó que los valores reales de crecimiento de las palmas para cada una de las variables seleccionadas, se encuentran en el rango de 1,33-0,85; 0,19-0,17; 1,84-0,96 y 1,86-0,74 para la altura de la palma, diámetro del bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas respectivamente.

De manera general, por medio de los coeficientes de variación calculados, se puede inferir que los datos en las variables número de hojas diferenciadas y diámetro del bulbo, se encuentran con una mayor dispersión respecto a la media, que los datos de las variables número de hojas y altura de la palma.

Tabla 29. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 2.

		REPETICIONES										TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF. 95%	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10							+	-
T2	ALP	2,48	0,90	1,05	0,98	1,21	3,04	1,44	2,76	0,82	4,30	18,99	1,90	1,40	1,18	1,00	0,62	2,77	1,03
	DBU	0,33	0,35	0,17	0,17	0,25	0,28	0,37	0,46	0,30	0,34	3,01	0,30	0,01	0,09	0,07	0,29	0,31	0,30
	#TH	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	16,00	1,60	0,93	0,97	0,84	0,60	2,18	1,02
	#DH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00	1,00	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96

MAX: Verde MIN: Rojo

Fuente: Los autores.

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

En la **Tabla 29** se muestra la altura máxima y mínima de las palmas, donde el valor superior es para la palma número 10 y el inferior para la palma número 9. Las palmas en este tratamiento tuvieron una media de crecimiento de 1,90 centímetros durante el tiempo de monitoreo para la variable altura, lo que permite interpretar con respecto a la desviación estándar que, el crecimiento de cada una de las palmas está disperso con respecto a la media a razón de 1,18 centímetros aproximadamente, encontrándose que más o menos 7 palmas en este tratamiento se encuentran alrededor de la media.

Para el desarrollo del bulbo, la palma con mayor crecimiento fue la palma número 8 y con el menor crecimiento, la palma número 3 y 4; la media para esta variable fue de 0,30 centímetros, con una desviación estándar de 0,09. En cuanto a las hojas emitidas por las palmas, se observa que solo el número 3, 7 y 9 emitieron 3 hojas; el resto solo una hoja.

Con una confianza del 95%, se determinó que los valores reales de crecimiento de las palmas para cada una de las variables seleccionadas, se encuentran en el rango de 2,77-1,03; 0,31-0,30; 2,18-1,02 y 1,84-0,96 para la altura de la palma, diámetro del bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas respectivamente.

De manera general, por medio de los coeficientes de variación calculados, se puede inferir que los datos en las variables número de hojas diferenciadas, número total de hojas y altura de la palma, se encuentran con una mayor dispersión respecto a la media, que los datos de la variable diámetro del bulbo.

Tabla 30. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 3.

		REPETICIONES										TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF. 95%	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10							+	-
		T3	ALP	0,56	0,56	0,43	0,56	1,72	0,36	0,56	0,27							0,36	0,24
	DBU	0,15	0,17	0,13	0,17	0,26	0,12	0,40	0,10	0,08	0,07	1,66	0,17	0,01	0,10	0,07	0,59	0,17	0,16
	#TH	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	13,00	1,30	0,23	0,48	0,42	0,37	1,44	1,16
	#DH	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,00	1,20	0,18	0,42	0,32	0,35	1,31	1,09

MAX: Verde MIN: Rojo

Fuente: Los autores.

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

Como se observa en la tabla, la altura máxima y mínima se presentaron en las palmas número 5 y 10 respectivamente; el valor superior para la palma número 7 e inferior para la palma número 10 con respecto a la variable diámetro del bulbo. Las palmas en este tratamiento tuvieron una media de crecimiento de 0,56 centímetros durante el tiempo de monitoreo para la variable altura y 0,17 centímetros para la variable diámetro del bulbo, se interpreta con respecto a la desviación estándar que, el crecimiento de cada una de las palmas está disperso con respecto a la media a razón de 0,42 y 0,10 centímetros aproximados respectivamente, encontrándose que más o menos 7 palmas en este tratamiento se encuentran alrededor de la media.

En cuanto a las hojas emitidas por las palmas, se observa que solo el número 5, 8 y 10 emitieron 2 hojas; el resto solo una hoja.

Con una confianza del 95%, se determinó que los valores reales de crecimiento de las palmas para cada una de las variables seleccionadas, se encuentran en el rango de 0,67-0,45; 0,17-0,16; 1,44-1,16 y 1,31-1,09 para la altura de la palma, diámetro del bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas respectivamente.

De manera general, por medio de los coeficientes de variación calculados, se puede inferir que los datos en las variables altura de la

palma y diámetro del bulbo, se encuentran con una mayor dispersión respecto a la media, que los datos de las variables número de hojas y número de hojas diferenciadas.

Tabla 31. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 4.

		REPETICIONES										TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF. 95%	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10							+	-
		T4	ALP	3,67	1,22	1,00	1,22	1,15	1,22	1,08	2,75							3,21	1,67
	DBU	0,42	0,25	0,12	0,29	0,32	0,28	0,23	0,35	0,37	0,34	2,97	0,30	0,01	0,08	0,06	0,28	0,30	0,29
	#TH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	20,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
	#DH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96

MAX: Verde MIN: Rojo

Fuente: Los autores.

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

En la **Tabla 31** se muestra la altura máxima y mínima de las palmas, donde el valor superior es para la palma número 1 y el inferior para la palma número 3. Las palmas en este tratamiento tuvieron una media de crecimiento de 1,82 centímetros durante el tiempo de monitoreo para la variable altura y 0,30 centímetros para la variable diámetro del bulbo, se interpreta con respecto a la desviación estándar que, el crecimiento de cada una de las palmas está disperso con respecto a la media a razón de 1,00 y 0,08 centímetro aproximados respectivamente, encontrándose que más o menos 7 palmas en este tratamiento se encuentran alrededor de la media.

En cuanto a las hojas emitidas por las palmas, se observa que todas emitieron el mismo número de hojas y solo 2 palmas en este tratamiento tuvieron una variación diferenciada de sus hojas con respecto al resto.

Con una confianza del 95%, se determinó que los valores reales de crecimiento de las palmas para cada una de las variables seleccionadas, se encuentran en el rango de 2,44-1,20; 0,30-0,29; 2,00-2,00 y 1,84-0,96 para la altura de la palma, diámetro del bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas respectivamente.

De manera general, por medio de los coeficientes de variación calculados, se puede inferir que los datos en las variables altura de la palma, diámetro del bulbo y número de hojas diferenciadas, se encuentran con una mayor dispersión respecto a la media.

Tabla 32. Datos matemáticos registrados para las variables seleccionadas en el tratamiento 5.

		REPETICIONES										TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF. 95%	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10							+	-
T5	ALP	0,19	0,26	0,22	0,22	1,06	0,34	0,15	0,19	1,01	0,19	3,83	0,38	0,12	0,35	0,26	0,91	0,46	0,31
	DBU	0,14	0,08	0,05	0,04	0,08	0,03	0,04	0,05	0,03	0,08	0,62	0,06	0,00	0,03	0,03	0,56	0,06	0,06
	#TH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	#DH	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	11,00	1,10	0,10	0,32	0,18	0,29	1,16	1,04

MAX: Verde MIN: Rojo

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

Fuente: Los autores.

Como se observa en la tabla, la altura máxima y mínima se presentaron en la palma número 5 y las palma número 7 respectivamente. Las palmas en este tratamiento tuvieron una media de crecimiento de 0,38 centímetros durante el tiempo de monitoreo para la variable altura, se interpreta con respecto a la desviación estándar que, el crecimiento de cada una de las palmas está disperso con respecto a la media a razón de 0,35 centímetros aproximadamente, encontrándose que más o menos 7 palmas en este tratamiento se encuentran alrededor de la media.

Para el desarrollo del bulbo, la palma con mayor crecimiento fue la palma número 1 y con el menor crecimiento, las palmas número 6 y 9. En cuanto a las hojas emitidas por las palmas, se observa que en todo este tratamiento las palmas emitieron solo una hoja.

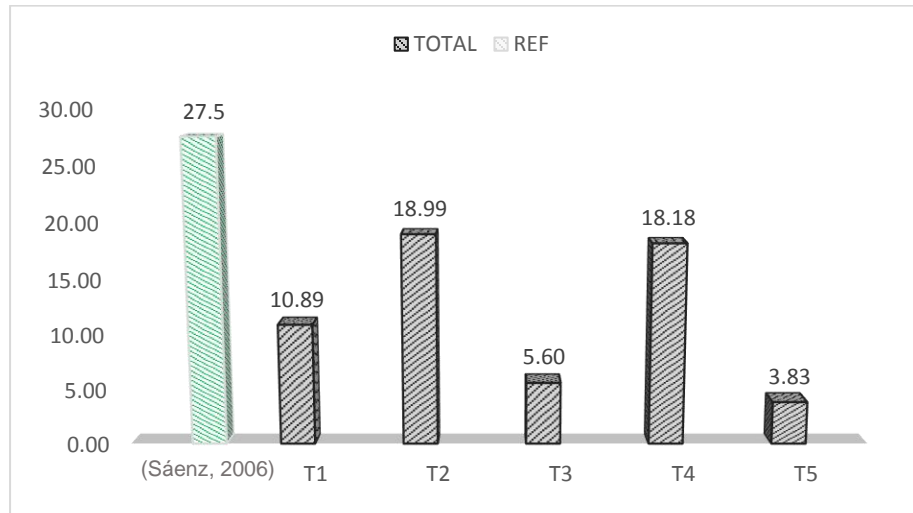
Con una confianza del 95%, se determinó que los valores reales de crecimiento de las palmas para cada una de las variables seleccionadas, se encuentran en el rango de 0,46-0,31; 0,06-0,06; 1,00-1,00 y 1,16-1,04 para la altura de la palma, diámetro del bulbo, número total de hojas y número de hojas diferenciadas respectivamente.

De manera general, por medio de los coeficientes de variación calculados, se puede inferir que los datos en las variables altura de la palma, diámetro del bulbo y número de hojas diferenciadas, se encuentran con una mayor dispersión respecto a la media.

Se confirma que las palmas se desarrollaron de forma heterogénea y que cada una tiene necesidades y requerimientos diferentes; y

responden a condiciones favorables o poco favorables de distintas maneras, por lo que estos factores juegan un papel determinante reflejado en el desarrollo y evolución de las mismas.

Gráfica 9. Comparativa altura de la palma (cm) en los tratamientos.



Fuente: Los autores.

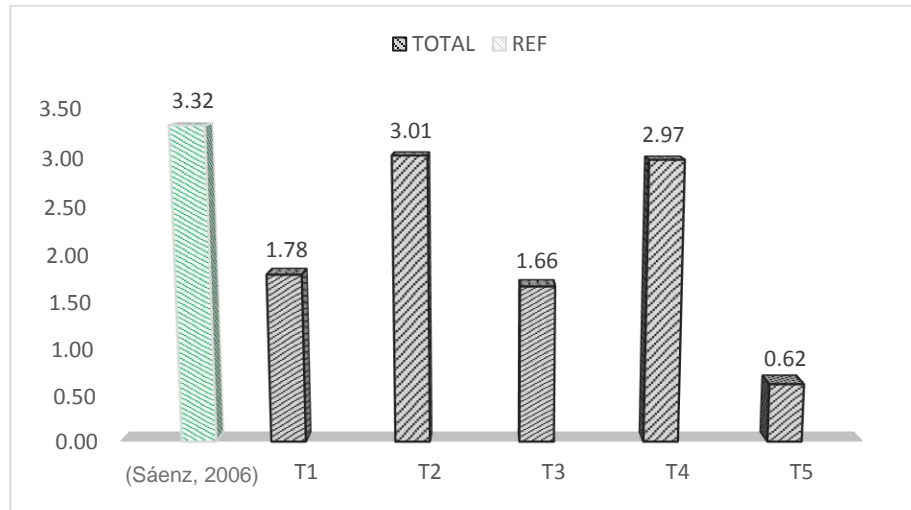
En la gráfica se muestra el crecimiento neto correspondiente a la altura de las palmas en cada uno de los tratamientos durante el tiempo de evaluación para la variable altura, el cual se evidencia que en el tratamiento 2 y 4 hubo una mayor respuesta de las palmas en cuanto al fósforo, macroelemento responsable del crecimiento. Por otro lado, ninguno de los tratamientos cumple con el valor de referencia para este tiempo de desarrollo, sin embargo, los tratamientos 2 y 4 se desarrollaron en un 70%, lo que lleva a argumentar que factores como los descritos en el literal 6.4.3. *Análisis físico de las palmas*, pudo haber interferido en el crecimiento normal, ya que, mientras esta utilizaba algunos macros y microelementos para sanar hojas y aumentar resistencia de agentes externos como radiación solar y estrés hídrico, disminuía la absorción del macroelemento responsable del crecimiento.

Adicionalmente, los tratamientos 2 y 4 tuvieron aproximadamente el mismo crecimiento, lo que permite aseverar igual respuestas de las fertilizaciones en las palmas.

Para el caso de los tratamientos 3 y 5, se observa que no hubo respuesta significativa en cuanto a crecimiento en altura, lo que permite

inferir que solo se cumplió con el 20 y 14% del requerimiento nutricional específico respectivamente.

Gráfica 10. Comparativa diámetro del bulbo de la palma (cm) en los tratamientos.



Fuente: Los autores.

En la gráfica se muestra el crecimiento neto correspondiente al diámetro del bulbo de las palmas en cada uno de los tratamientos durante el tiempo de evaluación para la variable diámetro del bulbo, el cual se evidencia que en el tratamiento 2 hubo una mayor respuesta de las palmas en cuanto al fósforo, macroelemento responsable del crecimiento. El segundo tratamiento con mejor respuesta fue el número 4, seguido del número 1, 3 y 5. Para este caso específico, se puede evidenciar que los tratamientos 1 y 3 se encuentran 1,54 y 1,66 centímetros por debajo del valor de referencia, cumpliendo con el 54 y 50% del requerimiento específico respectivamente.

Adicionalmente, se observa que los tratamientos 2 y 4 tuvieron una respuesta significativa, lo que permite afirmar que la fertilización química complementada con el subproducto genera los mismos efectos en las palmas que la fertilización química habitual de Oleoflores.

Tabla 33. Comparativo general de datos estadísticos en los tratamientos.

		TOTAL	MEDIA	VARIA NZA	DESV. EST.	DESV. MED.	COEF. VAR.	INTER. CONF.	
								95%	
								+	-
T1	ALP	10,89	1,09	0,39	0,63	0,48	0,58	1,33	0,85
	DBU	1,78	0,18	0,02	0,13	0,11	0,75	0,19	0,17
	#TH	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96
	#DH	13,00	1,30	0,90	0,95	0,54	0,73	1,86	0,74
T2	ALP	18,99	1,90	1,40	1,18	1,00	0,62	2,77	1,03
	DBU	3,01	0,30	0,01	0,09	0,07	0,29	0,31	0,30
	#TH	16,00	1,60	0,93	0,97	0,84	0,60	2,18	1,02
	#DH	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96
T3	ALP	5,60	0,56	0,18	0,42	0,23	0,76	0,67	0,45
	DBU	1,66	0,17	0,01	0,10	0,07	0,59	0,17	0,16
	#TH	13,00	1,30	0,23	0,48	0,42	0,37	1,44	1,16
	#DH	12,00	1,20	0,18	0,42	0,32	0,35	1,31	1,09
T4	ALP	18,18	1,82	1,00	1,00	0,84	0,55	2,44	1,20
	DBU	2,97	0,30	0,01	0,08	0,06	0,28	0,30	0,29
	#TH	20,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
	#DH	14,00	1,40	0,71	0,84	0,64	0,60	1,84	0,96
T5	ALP	3,83	0,38	0,12	0,35	0,26	0,91	0,46	0,31
	DBU	0,62	0,06	0,00	0,03	0,03	0,56	0,06	0,06
	#TH	10,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	#DH	11,00	1,10	0,10	0,32	0,18	0,29	1,16	1,04

ALP: Altura de la palma.

DBU: Diámetro del bulbo.

#TH: Número total de hojas.

#DH: Número de hojas diferenciadas.

Fuente: Los autores.

Como muestra la **Tabla 33**, los tratamientos con mejor crecimiento promedio de las palmas se encuentran en el número 2, tratamiento utilizando el subproducto complementado con fertilización química y el número 4 utilizando la fertilización química habitual de Oleoflores. En estos dos tratamientos las palmas tuvieron una respuesta significativa en cuanto a los requerimientos nutricionales en comparación con los tratamientos 1,3 y 5. Sin embargo, el tratamiento número 1 demostró mejor respuesta que el número 3, tratamiento donde se utilizó lixiviado complementado con fertilización química. Esto permite afirmar que el subproducto cumple parcialmente con los requerimientos nutricionales de las palmas y no reemplaza la fertilización química, pero tiene la potencialidad de cumplir con los requerimientos de cultivos con menor

requerimiento nutricional. Por otra parte, para el tratamiento número 5, se cree que, al no contemplar fertilización, los nutrientes disponibles en el sustrato permitieron gran parte de su desarrollo.

Con respecto al promedio, se puede observar que en los tratamientos 1 y 4, la mayor parte de las palmas se encontraron con valores de altura por debajo, seguido del tratamiento 2 con solo 6 palmas y el número 3 con 5. Para la variable diámetro del bulbo, solo el tratamiento número 2 mantuvo un crecimiento homogéneo entre sus palmas para esta variable, superando cada una de ellas al promedio. Los tratamientos con los crecimientos por debajo en cuanto al promedio se presentaron en el tratamiento número 3 y 4 con igual número de palmas. En cuanto al número de hojas emitidas por las palmas, el tratamiento que mantuvo la homogeneidad entre sus palmas, fue el número 4 y los más heterogéneos fueron los tratamientos 2 y 3.

Por medio del coeficiente de variación se puede inferir de manera general que, el tratamiento con la menor dispersión entre las palmas en cada una de sus variables es el tratamiento número 4, el cual se empleó la fertilización habitual de la empresa.

En efecto, al realizar una comparativa entre el tratamiento 2 y 4, con una confianza del 95% se puede afirmar que las palmas en el tratamiento 4 se encontraban entre y el valor real de crecimiento que las palmas en el tratamiento 2, que se encontraban en intervalos de confianza más amplios para el valor real de crecimiento.

A continuación, se muestran las siguientes tablas donde se evaluó el resultado del diseño experimental.

Tabla 34. Anova altura de la palma para los diferentes tratamientos.

ANOVA ALTURA DE LA PALMA							Ft		
FACT. CORRECC	Fc	66,13	FV	gl	Sc	CM	Fc	95%	99%
SUM. CUAD. TOTAL	ScTota	47,33	TTOS	4	19,47	4,87	7,86	2,58	4,26
SUM. CUAD. TTOS	ScTtos	19,47	EE	45	27,86	0,62	 	SIGNIFICATIVO	
SUM. CUAD. E. EXP.	ScEE	27,86	TOTAL	49	47,33	 			

Fuente: Los autores.

Tabla 35. Anova diámetro del bulbo para los diferentes tratamientos.

ANOVA DIÁMETRO DEL BULBO								Ft	
FACT. CORRECC	Fc	2,02	FV	gl	Sc	CM	Fc	95%	99%
SUM. CUAD. TOTAL	ScTota	0,80	TTOS	4	0,40	0,10	11,54	2,58	4,26
SUM. CUAD. TTOS	ScTtos	0,40	EE	45	0,39	0,01		SIGNIFICATIVO	
SUM. CUAD. E. EXP.	ScEE	0,39	TOTAL	49	0,79				

Fuente: Los autores.

Tabla 36. Anova número total de hojas en los diferentes tratamientos.

ANOVA NÚMERO TOTAL DE HOJAS								Ft	
FACT. CORRECC	Fc	106,58	FV	gl	Sc	CM	Fc	95%	99%
SUM. CUAD. TOTAL	ScTota	22,42	TTOS	4	5,52	1,38	3,67	2,58	4,26
SUM. CUAD. TTOS	ScTtos	5,52	EE	45	16,90	0,38		SIGN	NO SIGN
SUM. CUAD. E. EXP.	ScEE	16,90	TOTAL	49	22,42				

Fuente: Los autores.

Tabla 37. Anova número diferenciado de hojas en los diferentes tratamientos.

ANOVA NÚMERO DIFERENCIADAS DE HOJA								Ft	
FACT. CORRECC	Fc	81,92	FV	gl	Sc	CM	Fc	95%	99%
SUM. CUAD. TOTAL	ScTota	24,08	TTOS	4	0,68	0,17	0,33	2,58	4,26
SUM. CUAD. TTOS	ScTtos	0,68	EE	45	23,40	0,52		NO SIGNIFICATIVO	
SUM. CUAD. E. EXP.	ScEE	23,40	TOTAL	49	24,08				

Fuente: Los autores.

Según los resultados obtenidos se puede inferir que, para la altura de la palma y diámetro del bulbo se encuentra significancia al 95% y al 99% lo que nos indica que para una comparativa entre los tratamientos estas variables son indispensables para decir que tratamiento es mejor que otro, para el número total de hojas se encontró significancia al 95% y no al 99% lo que indica que esta variable se debe tomar en cuenta para la comparativa entre los tratamientos y para el número diferenciado de hojas no se encontró significancia al 95%, ni al 99% por lo que se concluye que esta variable no contiene información relevante para una comparativa entre los tratamientos.

Analizando los datos obtenidos en la toma de las características morfoagronómicas cuantitativas, los tratamientos que mostraron mejores resultados fueron el **tratamiento 2** (subproducto complementado con fertilización química) y el **tratamiento 4** (fertilización química utilizada habitualmente en Oleoflores). Por tanto, en esta investigación los tratamientos validados como los más efectivos son el **tratamiento 4** y **el tratamiento 2**, para aseverar esta afirmación se deben hacer pruebas comerciales con tiempos prolongados de evolución siguiendo los planes de fertilización propuestos en los **anexos 9 y 10**.

7. CONCLUSIONES

El vertimiento del lixiviado a los cuerpos de agua receptores sin tratamiento previo, presenta un riesgo potencial principalmente para la biota acuática, aquellos animales que habitan alrededor de la empresa y las personas que se abastecen de las aguas subterráneas y superficiales sin tratamiento previo al consumo. Adicionalmente, se desconoce en gran medida la magnitud de la afectación que genera este vertimiento, ya que resulta complejo la estimación exacta de los cuerpos de agua subterráneas que se encuentran aledaños o debajo de la planta de compostaje de la empresa.

Se comprobó mediante las diferentes alternativas de calentamiento que someter el lixiviado a temperaturas por encima de los 100 °C no genera pérdidas considerables de nutrientes.

La factibilidad de usar el subproducto como complemento nutricional en Oleoflores es alta, pues las características fisicoquímicas de este hacen posible que pueda aplicarse en la agroindustria sin ningún problema.

De manera general la agroindustria de palma de aceite genera impactos, tanto positivos como negativos en el desarrollo de su actividad, razón por la cual esta debe estudiar a fondo aquellos que generan perturbaciones al ambiente y plantear estrategias para subsanar los mismos. Por otra parte, la autoridad ambiental en general debe aumentar las exigencias para el otorgamiento de permisos y licencias ambientales; al igual que incrementar la vigilancia y control de los procesos que se llevan a cabo en el desarrollo de actividades que generen impactos negativos al ambiente.

Por esta razón, es necesario impulsar tecnologías que busquen la mitigación de dichos impactos, las aplicaciones que trae consigo la evaporación del lixiviado proveniente de la agroindustria de la palma de aceite, no sólo se centran en el uso del subproducto como complemento nutricional, sino que busca dar una propuesta al aprovechamiento de un residuo rico en minerales que hasta el momento es un contaminante. En otras palabras, se busca la optimización de los recursos que tiene la agroindustria de la palma de aceite e impulsa a la misma para que sea mucho más amigable con el ambiente.

8. RECOMENDACIONES

8.1. Recomendaciones Generales.

- Estudiar métodos de evaporación que permitan obtener altas tasas de lixiviado evaporado en el menor tiempo posible.
- Estudiar el contenido de nutrientes del lixiviado a diferentes concentraciones para conocer su potencialidad en el empleo como fertilizante.
- Investigar modelos de producción del subproducto que permitan estandarizar su contenido nutricional y características físicas.
- Realizar pruebas de fertilización del subproducto en diferentes cultivos y plantas de jardinería.

8.2. Recomendaciones para Oleoflores S.A.S.

- Realizar pruebas del subproducto a escala comercial, utilizando los planes de fertilización propuestos en los anexos 9 y 10.
- Realizar un estudio de factibilidad económico para conocer los costos de producción del subproducto y fertilización empleando el plan de fertilización propuesto en el anexo 10.
- Implementar un mecanismo que aisle las pilas de compost del suelo para reducir la infiltración del lixiviado.

9. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A.; Chinchilla, C. y Torres, R. Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma Baharuddin, A.S., M. Wakisaka, Y. Shirai, S. Abd-Aziz, N.A. Abdul-Rahman and M.A. Hassan.

Aisueni, N.O. Omoti, U. 2001. The Role of Compost in Sustainable Oil Palm Production. Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress (Agriculture). p. 23.

ALARCÓN, Daniela. Optimización del proceso de evaporación de lixiviados en el relleno sanitario Santiago poniente. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Santiago de Chile.: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería civil. 2012, p. 4-11.

ARLEY, Leonardo y PALACIO, Jhon. Evaluación del sistema alternativo de evaporación forzada de lixiviados para el relleno sanitario "Don Juanito" de Villavicencio, Meta. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería ambiental y sanitaria. 2006, p. 33-42.

Baharuddin, A.S. Hock, L.S. Yusof, M.Z. Abdul, N. Shah, U. Hassan, M.A. Wakisaka, M. Sakai, K. Shirai, Y. 2010. Effects of palm oil mill effluent (POME) Vol. 9(16), pp.2427-2436. Consultado en línea en: <http://www.academicjournals.org/AJB>

Baharuddin, A.S., M. Wakisaka, Y. Shirai, S. Abd-Aziz, N.A. Abdul-Rahman and M.A. Hassan, 2009. Co-composting of empty fruit bunches and partially treated palm oil mill effluents in pilot scale. Int. J. Agric. Res., 4: -78.

CHAVES, Francisco y RIVADENEIRA, Julio. Manual del Cultivo de Palma Aceitera (Elaeis Guineensis Jacq.). Ecuador, 2003, p. 21-22.

CORTES, San. Manual técnico de palma. 2009, p. 4.

Espinosa, E. 2014. Caracterización y mejoramiento del compost de raquis de palma africana (*Elaeis guineensis*) de Palmeras del Ecuador, campamento Shushufindi, p 24.

FEDEPALMA, Guía ambiental de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Bogotá, 2011, p. 26.

FUNDACIÓN CASA DE LA PAZ. Compost y humus de lombriz, Manual de compost y humus de lombriz casero, una manera fácil y entretenida de reducir. Venezuela.: ATG, Alerce Talleres Gráficos, 2010.

Galindo, T. Informe visita a plantación. Documento interno de trabajo de Cenipalma, Colombia (Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite). Informe de visita a plantación. Enero de 2011.

GOH, K y HÄRDTR, R. Oil palm Management for large resistance yield, Citado por MOSQUERA, Mauricio y SÁNCHEZ, Andrés. Sistemas de aplicación de fertilizantes químicos. Zona Oriental de Colombia, 2006, p. 12.

GUÍA AMBIENTAL PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE PRETRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES, 2002.

GURMITH, S.; MANNIHARAN, S. y TOTH, TS. 1989. United plantations approach to palm oil mill by product management and utilization. Porim international Palm Oil Development Conference, Module II: Agriculture Proceeding (Malasia) :225-234., Citado por CORTÉS, Camilo; CAYÓN, Daniel; AGUIRRE, Víctor y CHAVES, Bernardo. Respuestas de palmas de vivero a la aplicación de residuos de la planta extractora, 2006, p. 24.

Ling-Hoak, O. Keong-Hoe, L. Khoon-San, C. 2007. Conversión de efluentes y RV en fertilizante orgánico con cero desperdicios. Revista Palmas. Vol. 28. Tomo 2. 180-190 p.

MUJICA, Carolina. Evolución del sector palmicultor. Bucaramanga, 2010, p. 16-19.

Norma técnica colombiana NTC 5167, Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo, 2004, p. 3

OWEN, Eric. Fertilización de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Colombia. Villavicencio, Meta. 2011, p. 55-60.

Ramírez, A., Restrepo, R., y Viña, G. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. formulaciones y aplicación. Bucaramanga. 1997.

Resolución 0631 de 2015, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

RESOLUCIÓN No. 00150, 2003. Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia.

SÁENZ, Livio. Cultivo de la palma africana. Guía técnica. Managua, Nicaragua. 2006, p. 7-9.

Sáenz, m. 2006. «Cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*)». Nicaragua. p 27.

Sandoval, J., Peña, M. (2007). Análisis del desempeño de un humedal artificial de flujo subsuperficial en zonas tropicales basado en modelos hidráulicos y una cinética de primer orden. Conferencia Latinoamericana de saneamiento LATINOSAN 2007. Cali – Colombia.

SARMIENTO, Natalia Julieth y PÉREZ, Karol Andrea. Propuesta de un sistema de tratamiento para la recirculación de agua residual de la planta extractora de aceite de palma africana para riego en cultivo por aspersion. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería ambiental y sanitaria, 2017. 31 p.

SCHMIDT, Michael. Software de inteligencia de negocios para la fertilización de plantaciones de palmas de aceite. Memoria del trabajo de grado realizado para cumplir uno de los requisitos para optar al título de ingeniero de sistemas. Bogotá

D.C.: Pontifica Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Carrera de ingeniería de sistemas, 2010. 6-7 p.

Yahya, A. Puay, C.S., Abiodun, T.I., Suryanto, H. 2010. Effect of adding palm oil mill decanter cake slurry with regular turning operation on the composting process and quality of compost from oil palm empty fruit bunches. *Bioresource Technology*, 101: 22. 8736-8741.

10. ANEXOS

Anexo 1. Concepto evaluación de vertimiento por la Corporación Autónoma Regional del Cesar.

COPIÓN: PCA-04-114
VERSIÓN: 2.0
FECHA: 29/03/2019



Valledupar, 17 de junio de 2019

OF-CGSACV-127

Señorita
BRENDA JACOME RAMOS
Estudiante de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Correo: brenda16k@hotmail.com; lu.salfredotorres@unicesar.edu.co

ASUNTO: Respuesta a solicitud con radicado 04250 del 20 de mayo de 2019

Reciba un cordial saludo,

En atención a lo solicitado por usted mediante oficio de fecha de 20 de mayo del año en curso, recibido en Corpocesar bajo el radicado No 04250, a través del cual solicita "la evolución de los parámetros analizados a un lixivado generado en el proceso de extracción de aceite", comedidamente me permito indicarle lo siguiente:

1. A la fecha no existe una norma que establezca los límites máximos permitidos en materia de vertimiento al suelo, por lo anterior, se debe tener en cuenta lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.3.9.1, en el cual se expresa lo siguiente: *Artículo 2.2.3.3.9.1. Régimen de transición. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fijará mediante resolución, los usos del agua, criterios de calidad para cada uso, las normas de vertimiento a los cuerpos de agua, aguas marinas, alcantarillados públicos y al suelo y el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales, Subterráneas. Mientras el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expida las regulaciones a que hace referencia el inciso anterior, en ejercicio de las competencias de que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes los artículos 2.2.3.3.9.2 al 2.2.3.3.9.12, artículos 2.2.3.3.9.14 al 2.2.3.3.9.21 y artículos 2.2.3.3.10.1, 2.2.3.3.10.2, 2.2.3.3.10.3, 2.2.3.3.10.4, 2.2.3.3.10.5 del presente Decreto. Por lo anterior, si no está fijada la norma correspondiente a vertimiento al suelo usted podría realizar un análisis comparativo y evaluar los parámetros adjuntos en su solicitud, empleando lo descrito en el artículo 2.2.3.3.9.14 del Decreto 1076 de 2015.*

Agradecemos habernos consultado, y estaremos atentos a darle respuesta a sus solicitudes orientadas a nuestra misión.

Atentamente,


EDUARDO ENRIQUE LÓREZ ROMERO

Coordinador para la Gestión de Saneamiento Ambiental y Control de Vertimientos


Profesional: Carlos Alberto Osorio Molins, Profesional Especializado.



Tel: (57) 5748960 Fax: (57) 574737181 - Línea de atención 018000915306

Km 2 vía La Paz, Lote 1 U.I.C. Casa el Campo Frente a la feria ganadera - Valledupar, Cesar - Colombia

Anexo 2. Resultado caracterización del lixiviado.



Laboratorio
Nancy Flórez García S.A.S.
Establecimiento de Análisis
Nº. 874 CDMB8-7

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
Nº 19148

<p>INFORMACIÓN DEL CLIENTE EMPRESA : LORENA FELICIA SIERRA CUELLO DIRECCIÓN : MZ 15 CASA 1 CASIMIRO MAESTRE CONTACTO : LORENA SIERRA CUELLO CARGO : PARTICULAR</p> <p>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA NOMBRE : LIXIVIADOS LUGAR DE MUESTREO : HACIENDA LAS FLORES PUNTO DE MUESTREO : CANALETA LIXIVIADOS TIPO DE MUESTRA : SIMPLE PLAN DE MUESTREO : N.S PROC. DE MUESTREO : N.S</p>	<p>NIT : 56077894 CIUDAD : VALLEDUPAR TELÉFONO : NO SUMINISTRADO</p> <p>HORA MUESTRA : 10:13 MUESTREO : 2018/10/05 RECEPCIÓN : 2018/10/05 INICIO ENSAYOS : 2018/10/05 FINAL ENSAYOS : 2018/10/19 INFORME : 2018/10/19</p>
---	--

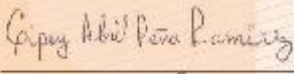
CODIGO : 181042297
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Cloruros mg Cl/L	SM 4500-Cl B - Argentométrico	2,00	2018/10/11	919
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	2018/10/05	3430
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2018/10/08	8289
Fósforo Total mg P/L	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,050	2018/10/18	59,3
Grasas y Aceites mg/L	SM 5520 D - Extracción Soxhlet	25,0	2018/10/17	78,4
Magnesio mg Mg/L	SM 3030 K / SM 3111 B - Espectrométrico	0,1000	2018/10/12	204,8059
Nitrógeno Amoniacal mg N-NH3/L	SM 4500-NH3 B,C - Titulométrico	0,500	2018/10/17	234
Nitrógeno Total Kjeldahl mg N/L	SM 4500-Norg B / SM 4500-NH3 B,C - Volumétrico	2,00	2018/10/13	358
Potasio mg K/L	SM 3030 K / SM 3500-K B - Espectrométrico	1,0000	2018/10/09	3870,2350
Sólidos Sedimentables mL/L	SM 2540 F - Cono Imhoff	0,1	2018/10/08	20
Sólidos Suspendidos Totales mg/L	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2018/10/10	7040
Sulfatos mg SO4/L	SM 4500-SO4 E - Turbidimétrico	10,0	2018/10/11	103

NOTA :
 Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
 (A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
 Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifique su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución No. 1658 del 12 de julio de 2011. Resolución de Renovación - Extensión No. 1927 del 29 de julio de 2014. Resolución de Extensión No 1326 del 23 de junio de 2017. Resolución de Extensión No. 0099 del 9 de enero de 2018.

APROBÓ



GIPSY FABIAN
 TR: 800-04478
 Jefe Fisicoquímico
 Fin de Informe

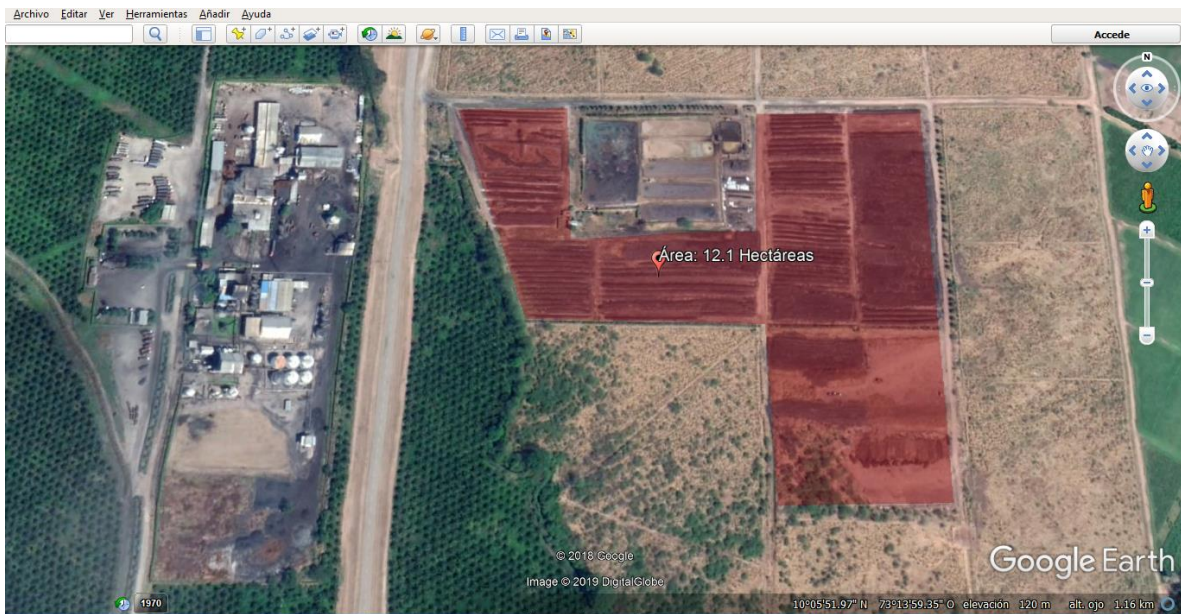
Página 1 de 1

Teléfonos: (5)5842072 Fax:5703920-3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
 Carrera 15No. 13C - 72 Esquina - Valledupar

Anexo 3. Registro muestra de pH in situ del lixiviado.



Anexo 4. Área de Compostaje Oleoflores, Estimado en Google Earth.



Anexo 5. Resultado de la caracterización del subproducto.



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIALES
ORGÁNICOS



Informe N°	11447-V1-2019	N° de Laboratorio	AMO-03358-2019
------------	---------------	-------------------	----------------

Información del Cliente

Remitente	LORENA FELICIA SIERRA CUELLO	Responsable	SR. LUIS ALFREDO TORRES
Propietario	SR. LUIS ALFREDO TORRES	Email contacto	luisalfredotorres@unicesar.edu.co
Fecha Ingreso	22-03-2019	Fecha Emisión	09-04-2019

Información de la Muestra enviada por el Cliente

Identificación suministrada	N.S.	Lote / Bloque	N.S.
Fuente del Material / Inf. Adicional	NO ESPECIFICADO	Contrato N°	N.A.
Descripción Física	Sólido café	Condiciones recepción	CONFORME

CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS SÓLIDOS

Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Humedad	N.A.	17.2	%	70 °C / Gravimétrico / NTC 5167
pH	pH	10.2	Unidades de pH	Pasta de saturación / Potenciométrico / NTC 5167
Conductividad Eléctrica	CE	87.1	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / NTC 5167
Retención de Humedad	Ret. Hum.	56.6	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas	N.A.	56.9	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167
Perdidas por Volatilización	N.A.	25.9	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167
Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	31.2	meq/100g	Acetato de amonio / Volumétrico / NTC 5167
Densidad Real (En Base Seca)	N.A.	0.962	g/cm ³	Directo / Gravimétrico / NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	5.90	%	Sin. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5167
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	3.91	Adimensional	Relación matemática

CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL

Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	1.51	%	Micro-Kjeldahl / Volumétrico / NTC 370
Nitrógeno Total	NT	1.51	%	Sumatoria de Especies de Nitrógeno requeridas por el cliente
Fósforo	P ₂ O ₅	0.783	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Colorimétrico / NTC 234
Potasio	K ₂ O	6.61	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures
Calcio	CaO	1.19	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures
Magnesio	MgO	2.16	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures

Anexo 6. Resultado de la caracterización de compost de raquis de palma de aceite de Oleoflores S.A.S.



INFORME DE RESULTADOS

ÁREA DE ANÁLISIS DE MATERIALES
ORGÁNICOS



Informe N°	01777-V2-2019	N° de Laboratorio	AMO-02027-2019
------------	---------------	-------------------	----------------

Información del Cliente			
Remitente	OLEOFLORES S.A	Responsable	Ing. CESAR AUGUSTO ROMERO
Propietario	OLEOFLORES S.A.S	Email contacto	cromero@oleoflores.com
Fecha Ingreso	18-12-2018	Fecha Emisión	17-01-2019

Información de la Muestra enviada por el Cliente			
Identificación suministrada	RAQUIS DE PALMA	Lote / Bloque	M1
Fuente del Material / Inf. Adicional	NO ESPECIFICADO	Contrato N°	N.A.
Descripción Física	Sólido Café	Condiciones recepción	CONFORME

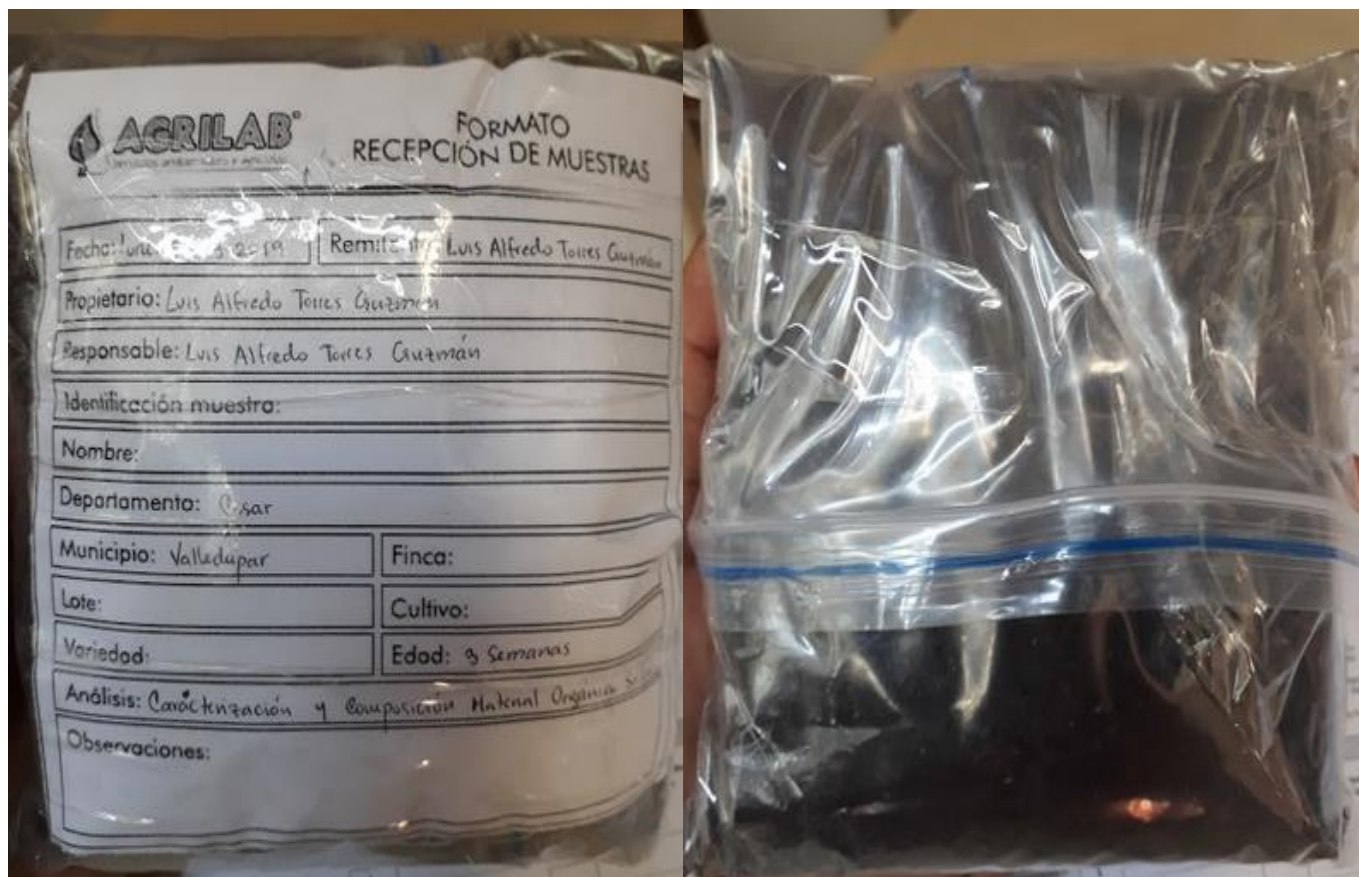
CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS SÓLIDOS

Variable	Expresión/Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
Humedad	N.A.	37.2	%	70 °C / Gravimétrico / NTC 5167
pH	pH	7.95	Unidades de pH	Pasta de saturación / Potenciométrico / NTC 5167
Conductividad Eléctrica	CE	11.8	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / NTC 5167
Retención de Humedad	Ret. Hum.	90.8	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas	N.A.	36.1	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167
Perdidas por Volatilización	N.A.	26.7	%	700 °C / Gravimétrico / NTC 5167
Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	49.9	meq/100g	Acetato de amonio / Volumétrico / NTC 5167
Densidad Real (En Base Seca)	N.A.	0.553	g/cm3	Directo / Gravimétrico / NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	11.3	%	Sin. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5167
Relación Carbono / Nitrógeno	C/N	10.5	Adimensional	Relación matemática

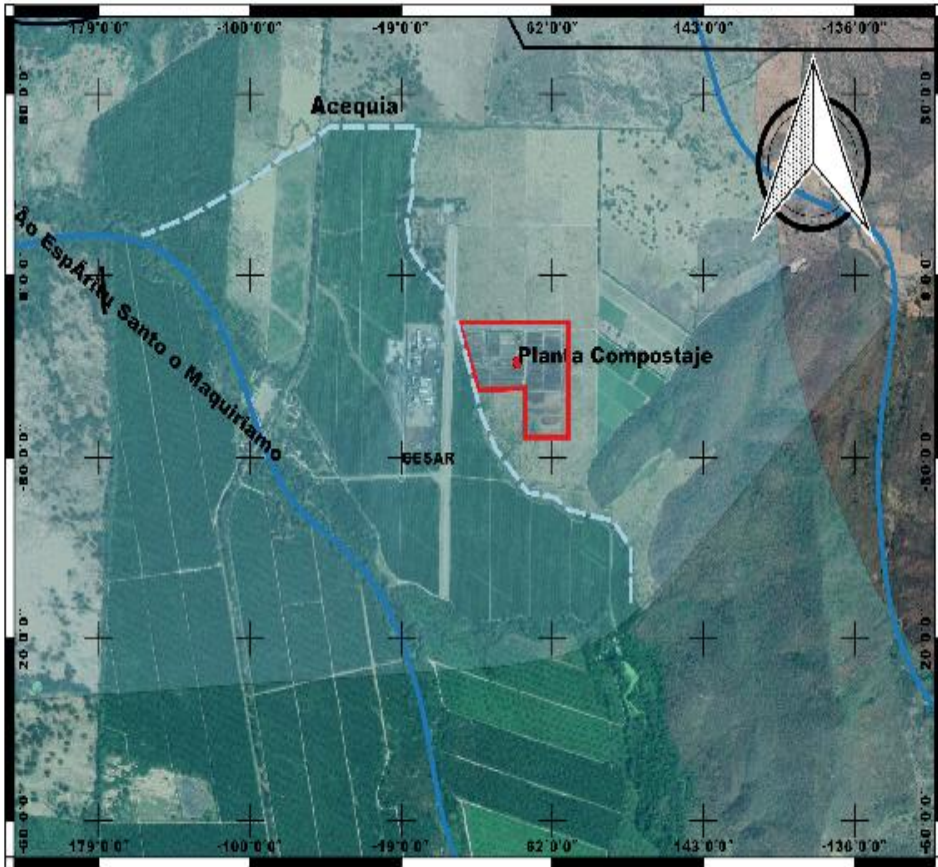
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN MINERAL

Nitrógeno Total	NT	1.08	%	Sumatoria de Especies de Nitrógeno requeridas por el cliente
Nitrógeno Orgánico	N Orgánico	1.08	%	Micro-Kjeldahl / Volumétrico / NTC 370
Fósforo	P ₂ O ₅	0.969	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / Colorimétrico / NTC 234
Potasio	K ₂ O	1.10	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures
Calcio	CaO	2.20	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures
Magnesio	MgO	1.40	%	MVH Ácido Nítrico:Ácido Perclórico / EAA / PlantAnalysisProcedures

Anexo 7. Muestra del subproducto a caracterizar.



MAPA HÍDRICO PLANTA DE COMPOSTAJE DE OLEOFLORES



LEYENDA

Municipios_Cesar

- LA PAZ
- Planta-Compostaje
- Área-Compostaje
- Acequia
- Río Espíritu Santo o Maquiriamo

Precipitacion_Med_Anuual_2012

- 1000-1500mm
- Sistema de Acuíferos

Google Satellite

250 0 250 500 750 1000 m

Anexo 9. Plan de fertilización química habitual de Oleoflores SAS

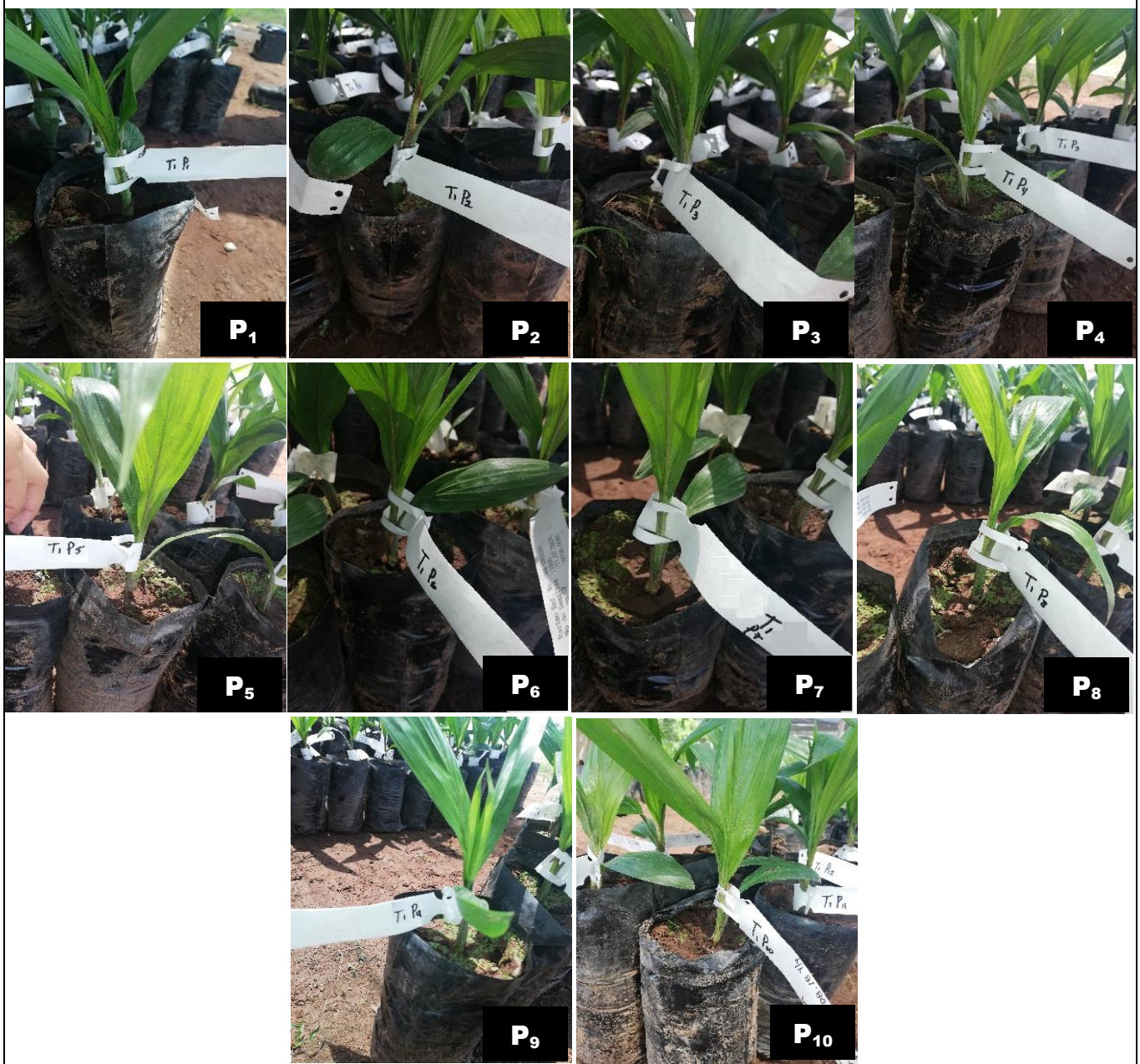
EDAD DE LA PALMA		DOSIS COMERCIAL DE FERTILIZANTE QUÍMICO			APORTE DE ELEMENTOS DISPONIBLES POR PARTE DEL FERTILIZANTE QUÍMICO							
MESES	SEMANA	fertilizante sulfato de magnesio (kieserita) (gr)	fertilizante Integrador (gr)	Fertilizante foliar (borozinco) cc/lt	N (gr)	P ₂ O ₅ (gr)	K ₂ O (gr)	MgO (gr)	S (gr)	B (gr)	Mn (gr)	Zn (gr)
2	8											
3	9		5		0.750	0.450	1.000	0.090	0.190	0.008	0.010	0.010
	10											
	11		7		1.050	0.630	1.400	0.126	0.266	0.011	0.014	0.014
4	12			2								
	13		10		1.500	0.900	2.000	0.180	0.380	0.015	0.020	0.020
	14											
	15		10		1.500	0.900	2.000	0.180	0.380	0.015	0.020	0.020
5	16			2.5								
	17		12		1.800	1.080	2.400	0.216	0.456	0.018	0.024	0.024
	18											
	19		12		1.800	1.080	2.400	0.216	0.456	0.018	0.024	0.024
6	20			2.5								
	21		15		2.250	1.350	3.000	0.270	0.570	0.023	0.030	0.030
	22	5						1.250	1.000			
	23		15		2.250	1.350	3.000	0.270	0.570	0.023	0.030	0.030
7	24	5						1.250	1.000			
	25		16		2.400	1.440	3.200	0.288	0.608	0.024	0.032	0.032
	26											
	27		16		2.400	1.440	3.200	0.288	0.608	0.024	0.032	0.032
8	28			3								
	29		18		2.700	1.620	3.600	0.324	0.684	0.027	0.036	0.036
	30	10						2.500	2.000			
	31		18		2.700	1.620	3.600	0.324	0.684	0.027	0.036	0.036
9	32	10						2.500	2.000			
	33		20		3.000	1.800	4.000	0.360	0.760	0.030	0.040	0.040
	34											
	35		20		3.000	1.800	4.000	0.360	0.760	0.030	0.040	0.040
10	36			3.5								
	37		23		3.450	2.070	4.600	0.414	0.874	0.035	0.046	0.046
	38	10						2.500	2.000			
	39		23		3.450	2.070	4.600	0.414	0.874	0.035	0.046	0.046
11	40	10						2.500	2.000			
	41		25		3.750	2.250	5.000	0.450	0.950	0.038	0.050	0.050
	42											
	43		25		3.750	2.250	5.000	0.450	0.950	0.038	0.050	0.050
12	44			3.5								
	45		30		4.500	2.700	6.000	0.540	1.140	0.045	0.060	0.060
	46											
	47		30		4.500	2.700	6.000	0.540	1.140	0.045	0.060	0.060
Total	48			4								
			50	350	21	52.50	31.50	70.00	18.80	23.30	0.53	0.70

Anexo 10. Plan de fertilización subproducto complementado con fertilización química.

EDAD DE LA PALMA		DOSIS COMERCIAL DE FERTILIZANTE				APORTE DE ELEMENTOS DISPONIBLES POR PARTE DE LOS FERTILIZANTES							
MESES	SEMANA	Fertilizante foliar (borozinco) cc/lt	Fertilizante MAP (gr)	Fertilizante Urea (gr)	Subproducto (gr)	N total (gr)	P ₂ O ₅ (gr)	K ₂ O (gr)	MgO (gr)	S (gr)	B (gr)	Mn (gr)	Zn (mg/kg)
2	8			2		0.92							
3	9				16	0.2416	0.1253	1.0576	0.3456	0.0611	0.0010	0.0014	0.0006
	10			2		0.92							
	11		3		22	0.6322	1.6723	1.4542	0.4752	0.0840	0.0013	0.0020	0.0008
	12	2											
4	13				31	0.4681	0.2427	2.0491	0.6696	0.1184	0.0019	0.0028	0.0012
	14			4		1.84							
	15				31	0.4681	0.2427	2.0491	0.6696	0.1184	0.0019	0.0028	0.0012
	16	2.5		4		1.84							
5	17		6		37	1.1587	3.2897	2.4457	0.7992	0.1413	0.0022	0.0033	0.0014
	18			4		1.84							
	19				37	0.5587	0.2897	2.4457	0.7992	0.1413	0.0022	0.0033	0.0014
	20	2.5		4		1.84							
6	21				46	0.6946	0.3602	3.0406	0.9936	0.1757	0.0028	0.0041	0.0018
	22			5		2.3							
	23		6		46	1.2946	3.3602	3.0406	0.9936	0.1757	0.0028	0.0041	0.0018
	24			5		2.3							
7	25				49	0.7399	0.3837	3.2389	1.0584	0.1872	0.0029	0.0044	0.0019
	26			5		2.3							
	27				49	0.7399	0.3837	3.2389	1.0584	0.1872	0.0029	0.0044	0.0019
	28	3		5		2.3							
8	29		7		55	1.5305	3.9307	3.6355	1.188	0.2101	0.0033	0.0049	0.0021
	30			5		2.3							
	31				55	0.8305	0.4307	3.6355	1.188	0.2101	0.0033	0.0049	0.0021
	32			6		2.76							
9	33				62	0.9362	0.4855	4.0982	1.3392	0.2368	0.0037	0.0056	0.0024
	34			6		2.76							
	35		7		62	1.6362	3.9855	4.0982	1.3392	0.2368	0.0037	0.0056	0.0024
	36	3.5		6		2.76							
10	37				71	1.0721	0.5559	4.6931	1.5336	0.2712	0.0043	0.0064	0.0027
	38			6		2.76							
	39				71	1.0721	0.5559	4.6931	1.5336	0.2712	0.0043	0.0064	0.0027
	40			6		2.76							
11	41		9		77	2.0627	5.1029	5.0897	1.6632	0.2941	0.0046	0.0069	0.0029
	42			6		2.76							
	43				77	1.1627	0.6029	5.0897	1.6632	0.2941	0.0046	0.0069	0.0029
	44	3.5		6		2.76							
12	45				92	1.3892	0.7204	6.0812	1.9872	0.3514	0.0055	0.0082	0.0035
	46			6		2.76							
	47		9		92	2.2892	5.2204	6.0812	1.9872	0.3514	0.0055	0.0082	0.0035
	48	4											
Total		21	47	91	1,078	53.384	31.941	71.256	23.285	4.118	0.065	0.097	0.041

Anexo 11. Registro fotográfico de las palmas en los diferentes tratamientos.

REGISTRO TRATAMIENTO N° 1



REGISTRO TRATAMIENTO N° 2



REGISTRO TRATAMIENTO N° 3



REGISTRO TRATAMIENTO N° 4



REGISTRO TRATAMIENTO N° 5



Anexo 12. Estado físico de las palmas 15 días después de la primera fertilización.

CONDICIONES FÍSICAS DE LAS PALMAS TRANSCURRIDO LOS PRIMEROS 15 DÍAS





Anexo 13. Sintomatología general de las palmas durante el experimento.

SÍNTOMA DE CORRUGAMIENTO EN LAS PALMAS



Anexo 14. Aplicación de fertilizantes a los diferentes tratamientos.

APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.



Anexo 15. Primer registro de datos características morfoagronómicas.

REGISTRO DE DATOS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÓMICAS											
TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHA DE REGISTRO : 17/06/2019									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	Altura de la palma (cm)	30,00	32,70	35,80	28,00	28,50	32,00	31,40	27,30	29,50	33,00
	Diámetro del bulbo 1 (cm)	1,06	1,26	0,88	0,83	0,85	1,04	0,97	0,94	0,92	1,11
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	1,06	1,24	0,90	0,88	0,88	1,08	1,07	0,91	0,82	1,06
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,06	1,25	0,89	0,86	0,87	1,06	1,02	0,93	0,87	1,09
	Número de hojas	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Número de hojas diferenciadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T2	Altura de la palma (cm)	31,00	31,00	30,00	30,20	30,00	29,30	31,00	28,50	30,00	30,50
	Diámetro del bulbo 1 (cm)	0,72	0,65	0,93	0,77	0,68	0,75	0,97	0,50	0,55	0,65
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	0,69	0,76	0,92	0,72	0,74	0,75	0,69	0,64	0,71	0,75
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	0,71	0,71	0,93	0,75	0,71	0,75	0,83	0,57	0,63	0,70
	Número de hojas	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Número de hojas diferenciadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	Altura de la palma (cm)	27,00	30,00	28,50	29,00	29,00	31,50	31,00	31,00	29,50	28,00
	Diámetro del bulbo 1 (cm)	0,66	0,69	0,72	0,60	0,62	0,92	0,67	0,97	0,80	0,94
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	0,79	0,67	0,68	0,70	0,57	0,87	0,58	0,95	1,06	0,86
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	0,73	0,68	0,70	0,65	0,60	0,90	0,63	0,96	0,93	0,90
	Número de hojas	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Número de hojas diferenciadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	Altura de la palma (cm)	30,00	31,00	28,80	29,00	29,60	28,00	29,20	27,50	29,30	27,50
	Diámetro del bulbo 1 (cm)	0,82	1,02	1,05	1,05	0,90	1,17	0,73	0,94	1,03	1,08
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	0,80	1,02	1,02	1,08	0,85	1,04	0,72	1,02	1,15	0,72
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	0,81	1,02	1,04	1,07	0,88	1,11	0,73	0,98	1,09	0,90
	Número de hojas	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Número de hojas diferenciadas	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T5	Altura de la palma (cm)	28,00	29,50	31,50	29,00	28,70	33,00	31,00	28,00	26,50	27,00
	Diámetro del bulbo 1 (cm)	0,52	0,68	0,90	0,85	0,80	1,00	0,82	0,83	0,90	0,75
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	0,73	0,64	1,07	0,80	0,88	0,95	0,96	0,78	0,83	0,74
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	0,63	0,66	0,99	0,83	0,84	0,98	0,89	0,81	0,87	0,75
	Número de hojas	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Número de hojas diferenciadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 16. Último registro de datos características morfoagronómicas.

REGISTRO DE DATOS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÓMICAS											
TRATAMIENTOS	VARIABLES	FECHA DE REGISTRO : 12/09/2019									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	Altura de la palma (cm)	31,60	37,90	37,40	30,80	30,50	34,80	33,80	31,30	35,50	41,00
	Diametro del bulbo 1 (cm)	1,22	1,42	1,96	2,31	1,45	1,20	1,49	1,98	1,24	1,47
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	1,10	1,40	2,50	1,36	1,16	1,16	1,15	1,67	1,74	1,02
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,16	1,41	2,23	1,84	1,31	1,18	1,32	1,83	1,49	1,25
	Número de hojas	7,00	11,00	7,00	7,00	7,00	7,00	11,00	7,00	7,00	7,00
	Número de hojas diferenciadas	4,00	6,00	4,00	4,00	0,00	1,00	0,00	4,00	5,00	4,00
T2	Altura de la palma (cm)	40,20	33,40	33,20	33,00	34,00	40,10	36,20	38,50	32,00	44,90
	Diametro del bulbo 1 (cm)	2,24	1,65	1,41	0,89	1,36	1,75	1,81	2,10	1,55	2,45
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	1,53	1,72	1,04	1,04	1,90	1,75	2,65	1,88	1,87	1,35
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,89	1,69	1,23	0,97	1,63	1,75	2,23	1,99	1,71	1,90
	Número de hojas	7,00	7,00	11,00	7,00	7,00	7,00	11,00	7,00	11,00	7,00
	Número de hojas diferenciadas	4,00	0,00	4,00	4,00	0,00	4,00	8,00	8,00	0,00	4,00
T3	Altura de la palma (cm)	28,90	31,90	29,83	30,90	32,80	32,45	32,90	31,19	30,45	28,00
	Diametro del bulbo 1 (cm)	1,40	1,37	1,06	1,36	1,44	1,45	2,06	1,31	1,37	0,96
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	1,19	1,30	1,33	1,27	1,58	1,21	1,76	1,24	0,95	1,13
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,30	1,34	1,19	1,32	1,51	1,33	1,91	1,27	1,16	1,04
	Número de hojas	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	7,00	8,00	7,00	8,00
	Número de hojas diferenciadas	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	0,00
T4	Altura de la palma (cm)	42,00	35,00	31,60	33,00	33,20	32,00	32,40	37,10	40,10	33,90
	Diametro del bulbo 1 (cm)	1,74	1,74	1,25	1,65	1,30	0,89	1,49	1,10	1,71	1,56
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	2,00	1,34	1,18	1,16	1,85	2,08	1,56	1,30	0,95	2,24
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,87	1,54	1,22	1,41	1,58	1,49	1,53	1,20	1,33	1,90
	Número de hojas	7,00	7,00	11,00	11,00	11,00	11,00	7,00	7,00	11,00	7,00
	Número de hojas diferenciadas	4,00	4,00	4,00	1,00	4,00	8,00	4,00	4,00	8,00	4,00
T5	Altura de la palma (cm)	28,35	30,32	32,09	29,59	31,64	34,18	31,12	28,35	29,32	27,35
	Diametro del bulbo 1 (cm)	1,14	0,94	1,25	0,91	1,02	1,00	1,03	0,91	0,96	1,04
	Diámetro del bulbo 2 (cm)	0,93	0,95	1,05	0,92	1,08	1,01	1,03	1,04	0,91	0,99
	Diámetro del bulbo promedio (cm)	1,04	0,94	1,15	0,91	1,05	1,00	1,03	0,98	0,94	1,02
	Número de hojas	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Número de hojas diferenciadas	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00

Anexo 17. Oficio solicitud de pasantía para desarrollar investigación en la empresa Oleoflores S.A.S.



Agustín Codazzi, 11 de ~~Junio~~ **Julio** 2019



Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Ing. Luis Alberto Romero Benjumea
Jefe de Departamento del Programa
Presente

Me dirijo a ud., en la oportunidad de solicitar a los Estudiantes **LUIS ALFREDO TORRES GUZMÁN**, C.C. 1.049.943.369 y **CLAUDIA PATRICIA GALINDO MARTÍNEZ**, C.C. 1.065.836.277, del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar (UPC), para realizar su pasantía profesional en esta empresa a partir del **15 de julio de 2019** y por un periodo de **16 semanas consecutivas** de acuerdo al convenio **DE PASANTÍAS CELEBRADO ENTRE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR Y OLEOFLORES S.A.S.**

Los Estudiantes **LUIS ALFREDO TORRES GUZMÁN** y **CLAUDIA PATRICIA GALINDO MARTÍNEZ** estarán bajo la supervisión y asesoría de los Ingenieros **OSIAS DAVID RAMOS COGOLLO** Coordinador Área Genética y **CESAR AUGUSTO ROMERO** Supervisor de Compostaje y Lombricultura, donde desarrollará durante esta pasantía el proyecto titulado **"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PALMAS *Elaeis guineensis* Jacq COMPLEMENTANDO SU NUTRICIÓN CON EL SUBPRODUCTO GENERADO A PARTIR DE LA EVAPORACIÓN DEL LIXIVIADO PRODUCIDO EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA PLANTA OLEOFLORES, DE LA PAZ - CESAR"** aprobado por el Ing. **JUAN CARLOS CASTILLO** Director de Investigación y Desarrollo

Sin más que hacer referencia.

Atentamente,

TATIANA AVILA OLIVEROS
Coordinadora de Gestión Humana

Empresa: Oleoflores SAS
Departamento: Germinación y Somilla
Dirección / Teléfono: KL 5 via Codazzi, 3157277615 cromero@oleoflores.com y gramos@oleoflores.com