

**APLICACIÓN DE LA TUSA EN CAMPO COMO COMPLEMENTO DE LA
FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE *Elaeis guineensis***

WILSON VICENTE MICÀN CARVAJAL

DIRECTOR:

ADRIANA LUCIA DIAZ BOBADILLA

INGENIERO AGRONOMO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD CEAD –

ACACIAS

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA AGRONOMIA

2019

**APLICACIÓN DE LA TUSA EN CAMPO COMO COMPLEMENTO DE LA
FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE**

Elaborado por:

WILSON VICENTE MICÀN CARVAJAL

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para

Optar al título de Agrónomo

ADRIANA LUCIA DIAZ BOBADILLA

INGENIERO AGRONOMO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD CEAD –

ACACIAS

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA AGRONOMIA

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

Directora Adriana Lucia Díaz, quien me supo guiar ayudo con su experiencia, sabiduría y paciencia

María José Gómez, Integrante de la Junta Directiva Hacienda la Cabaña S.A

Doctor, Camilo Colmenares, Gerente Hacienda la Cabaña S.A

Ingeniero, Jorge Zambrano, Director de Plantación Hacienda La Cabaña S.A

Ingeniera, Viviana Díaz, Coordinadora de Sanidad y Subproductos Hacienda La Cabaña S.A

Yesid Mejía, Coordinador de Campo Hacienda la Cabaña S.A

Departamento Agronómico Hacienda la Cabaña S.A

Wilson Vicente Mican Carvajal

Dedico Este Trabajo de Grado a:

Hoy estoy seguro de quien soy y en que me he convertido; también se gracias a quienes lo he conseguido.

Por eso el agradecimiento a HACIENDA LA CABAÑA S.A., en cabeza de su Gerente; Dr. Camilo Colmenares y al Ing. Jorge Zambrano Director de Investigación quienes han tenido la generosidad de compartirme sus conocimientos en el mundo de la palma y me brindaron la oportunidad de culminar mi carrera.

Gracias a cada uno de los docentes de la Universidad, quienes contribuyeron significativamente al desarrollo a bien de mi formación profesional, de igual manera a mis amigos y compañeros que con sus aportes y experiencias de vida profesional enriquecieron el conocimiento que logré adquirir.

A toda mi familia, en especial a mi hijo Alejandro, de quien siempre recibí palabras de apoyo para continuar en momentos difíciles y por supuesto, a dos personas muy especiales quienes festejan y acompañan mi logro desde el cielo, mi hijo Juan Pablo Mican Vanegas y mi esposa Carolina Vanegas.

Wilson Vicente Mican Carvajal

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	8
2. Abstract	9
3. Introducción	10
4. Justificación	12
5. Objetivos	13
1.	13
5.1 Objetivo General	13
5.2 Objetivos Específicos	13
6. Marco Conceptual y Teórico	14
1.	14
7. Descripción del problema	16
8. Descripción de la propuesta.	17
9. Localización geográfica.	18
10. Análisis técnico.	19
11. Análisis económico y financiero.	23
12. Análisis social	25
13. Análisis ambiental.	26

14.	Conclusiones.	27
15.	Recomendaciones	28
16.	Referencias Bibliográficas	29
17.	Anexos.	31

Lista de Tablas

Tabla 1. Relación de producción y costos de los fertilizantes y la aplicación de la tusa, bajo el manejo de aplicación inmediata o el manejo convencional.....23

Tabla 2. Relación de costos de la aplicación de la tusa en campo, bajo el manejo de aplicación inmediata o el manejo convencional.....24

1. Resumen

La palma de aceite en Colombia se ha convertido en una de las principales fuentes de empleo en el sector rural, lo que ha impactado positivamente el desarrollo de las regiones y se ha convertido en una aliada de la paz, en los procesos de reintegración de las personas que pertenecieron a grupos armados. Sin embargo, en los últimos años, el costo del aceite de palma, la incidencia de plagas y enfermedades, sumado a un elevado costo de los fertilizantes químicos, ha llevado de las plantaciones a buscar estrategias que permitan la reducción de los costos en fertilización, sin afectar los rendimientos en producción y una de las alternativas en la utilización de las tusas, subproducto de la extracción del aceite de palma, como complemento a la fertilización. En este trabajo se evidencia que la reducción de los costos de fertilización en un 30%, con la adición de 350 kg de tusa por palma, durante el primer año de seguimiento, no presenta una disminución en la producción. Adicionalmente un correcto plan de transporte y distribución de las tusas desde la planta hasta el lote, puede reducir los costos del manejo de la tusa hasta en un 80%.

Palabras claves: Biomasa. Tusas, poda, fertilizante orgánico, Palma de Aceite

2. Abstract

The oil palm in Colombia has become one of the main sources of employment in the rural sector, which has positively impacted the development of the regions and has become an ally of peace, in the processes of reintegration of people who belonged to armed groups. However, in recent years, the cost of palm oil, the incidence of pests and diseases, coupled with a high cost of chemical fertilizers, has led plantations to look for strategies that allow the reduction of fertilization costs, without affect the yields in production and one of the alternatives in the use of the tusas, by-product of the extraction of the oil of palm, like complement to the fertilization. In this work it is evident that the reduction of fertilization costs by 30%, with the addition of 350 kg of tusse per palm, during the first year of follow-up, does not present a decrease in production. Additionally, a correct transport and distribution plan for the tusses from the plant to the batch can reduce the costs of handling the tussa by up to 80%.

Keywords: Biomass. Tusas, pruning, organic fertilizer, Oil Palm

3. Introducción

Una de las mejores opciones, si se desea reactivar el campo en Colombia, es el establecimiento de agroindustrias que generen empleos al sector rural y que impacten positivamente el desarrollo de las regiones, y una de las alternativas es la Palma de Aceite. Sin embargo, para obtener buenas producciones, se requiere de una alta extracción de nutrientes del suelo, los cuales deben ser restituidos con el objetivo de no degradarlos y hacer sostenible la productividad. Los suelos en donde en la actualidad se desarrollan muchas de las áreas de palma de aceite, no cuentan con un acervo nutritivo suficiente para sostener la productividad (Munévar 1998), por lo que la necesidad de aplicar un plan de fertilización se hace inherente a la eficiencia productiva.

Una adecuada nutrición de las palmas, no solo juega un papel importante en la conformación de los racimos, el peso y la productividad, también es importante su balance para contrarrestar la incidencia de enfermedades y el ataque de las plagas, patologías que pueden afectar directamente la rentabilidad del cultivo.

Una de las estrategias para el mejoramiento de los suelos en los cultivos en general es el reciclaje de la biomasa, y se utiliza tanto en cultivos de ciclo corto como perennes. En la palma de aceite una de las alternativas de reciclaje de nutrientes, es el uso de las tusas como complemento de la fertilización y el acondicionamiento de los suelos, trabajos realizados en Malasia, donde se hace seguimiento al efecto de la tusa en el suelo durante 17 años, relacionan los beneficios tanto para el cultivo, como para el suelo y los micro, meso y macro organismos (Liew Voon y Zaharah 2010).

De acuerdo al reporte de Fedepalma, información con corte al 28 de febrero de 2018 el área productiva para esta actividad estaba alrededor de las 521.891 hectáreas, la producción fue de 1.645.846 toneladas y su rendimiento de 2,90 ton/ha. (Fedepalma, 2018). De lo anterior se puede inferir que de acuerdo a esta producción (1.645.846 toneladas) se generan alrededor de 126,1 Millones de toneladas de biomasa residual sólida y de esta; 25 millones de toneladas corresponden a la tusa y racimos vacíos (20 %), cálculos extrapolados de Arevalo, Ramirez,

Garcia-Nunez, 2015.

Este trabajo, es una validación que se realizó a nivel local en la plantación Hacienda la Cabaña, donde se documentaron los beneficios económicos y las observaciones preliminares que se pueden hacer durante el primer año de la implementación de la tusa como complemento de la fertilización ordinaria.

4. Justificación

Durante el procesamiento de los racimos de fruta fresca, en la agroindustria de la palma, se generan grandes volúmenes de subproductos, los cuales tiene que ser evacuados y dispuestos adecuadamente, para evitar congestiones de materiales no deseados y garantizar el correcto funcionamiento de las plantas extractoras, por consiguiente, el manejo que se les debe dar a estos subproductos, debe ser el más indicado, teniendo en cuenta sus propiedades. El más abundante de los sub productos, es la tusa, que es el soporte de los frutos dentro de la conformación del racimo, por cada tonelada de fruta fresca procesada, se obtienen aproximadamente 350 kg, de tusa (Ramírez *et al.* 2011). Por esta razón si no se tienen programas establecidos para el correcto uso y disposición de las tusas, se pueden presentar problemas sanitarios y ambientales, cuya mitigación suele ser más costosa que su manejo. Dentro de la composición de la tusa, se encuentran elementos que pueden ser utilizados como complemento de la fertilización de las palmas, lo que impacta en la reducción de costos, y trabajos de investigación han demostrado los beneficios en el acondicionamiento de suelos, sus propiedades físico-químicas y su impacto positivo en el desarrollo radicular de las palmas (Chiew y Rahman. 2002). Con el fin de aprovechar los beneficios que trae al cultivo de la palma de aceite, el manejo de las tusas como complemento nutricional de las palmas, se desarrolló en la plantación Hacienda la Cabaña, un trabajo de manejo de tusas, con el fin de documentar las experiencias particulares, para soportar una estrategia más ambiciosa del manejo de las tusas en sus áreas establecidas.

5. Objetivos

1.

5.1 Objetivo General

Aprovechar la Biomasa de la tusa producida en la planta de beneficio de la palma de aceite como fertilizante orgánico.

5.2 Objetivos Específicos

- Analizar dos estrategias de distribución de las tusas en los lotes de palma de aceite en la plantación Hacienda la Cabaña.
- Realizar una comparación de costos de implementación de la fertilización con la utilización de biomasa de las tusas distribuidas en campo de manera inmediata o con redistribución desde puntos de acopio.

6. Marco Conceptual y Teórico

1.

El cultivo de palma de aceite es exótico, introducido en América y establecido extensamente como monocultivo para la producción de aceite (Bustillo, 2014), Llegó a Colombia en 1932 y en la actualidad se registran cerca de 537.177 hectáreas sembradas en 148 municipios de 22 departamentos (Fedepalma, 2018) y más de 5000 productores de los cuales 4.200 son palmicultores de pequeña escala (Fedepalma, 2016a). Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma de aceite es uno de los más versátiles, ya que además de la producción de aceite crudo de palma y de palmiste, esta industria también genera subproductos como la torta de palmiste que por sus contenidos de proteína es utilizado ampliamente como suplementos alimenticios para animales, la fibra y la cascara o cuesco que sirven como combustible para las calderas de vapor y de generación eléctrica, y la tusa que se utiliza como acondicionador de suelos y una fuente valiosa de potasio.

La utilización de tusas como abono es una práctica útil por varias razones: se está reciclando nutrientes aportados con la fertilización y/o que se han extraído del pool del suelo y que se han inmovilizado en estos tejidos. Con la adición de 300 kg de tusa por palma (42,9 toneladas por hectárea) se está adicionando un equivalente de 4,8 kg de KCl por palma (si consideramos una concentración de K en la tusa y en base húmeda de 0,8% y 85% de humedad). No solo se aporta K, también en concentraciones importantes de N, P, Mg y Boro, como ejemplo el mismo aporte de 300 kg de tusa tiene un equivalente a 0,25 kg de DAP por palma (concentración media de P en base húmeda de 0,017%) y un equivalente de 10 gramos de Borato 48 por palma (Zaharah y Lim. 2000). Es supremamente útil en suelos bien drenados, de texturas gruesas y con horizontes con gran volumen de gravas y gravillas como muchos de los existentes en la zona Oriental palmera y en otras zonas del país. Estudios recientes muestran que la tusa no solo es importante por su aporte directo de nutrientes sino porque estimula la proliferación de raíces terciarias y a partir de ello, se mejora la eficiencia de uso de los demás nutrientes aplicados al agro sistema, con consecuencias positivas como menores pérdidas de nutrientes hacia fuentes hídricas y hacia el subsuelo por las aguas freáticas, menor contaminación y ahorro para el bolsillo de los

cultivadores (Ramírez *et al.* 2011). Los subproductos de la palma aportan materia orgánica que incrementa el Carbono orgánico del mismo, protege el suelo de la erosión laminar, disminuye la temperatura edáfica, mejora el almacenamiento de agua para el cultivo, mejora la estructura del suelo y mejora toda la actividad de macro, meso y microorganismos (Ramírez *et al.* 2011).

En plantaciones con planta extractora y siguiendo el manejo específico por UMA, se aprovechan estos subproductos para mejorar los suelos muy pedregosos y de texturas gruesas, siempre cuidando de no aplicar estos materiales en zonas bajas y húmedas en donde la descomposición es anaeróbica. Las dosis de aplicación oscilan entre 100 y 400 kg de tusa por palma (15 a 55 t/ha. con un contenido de humedad del 85%). En plantaciones en donde se usa chipiadora que ayuda a disminuir el tamaño de los fragmentos y con ello a disminuir el volumen del material (más superficie, más rápido pierde agua) e incrementa el peso, se ha recomendado aplicarle roca fosfórica con la tusa para que en su descomposición sirva como acidulante de la roca y así aprovechar los dos materiales. Esto es una práctica que se usa también en donde se está comportando la tusa. Tenemos también de gran importancia la posibilidad de convertir estos materiales en bio carbón (Ramírez *et al.* 2011).

Las tusas, lodos y cenizas no son residuos peligrosos, lo que pasa es que el volumen de la biomasa es tan alto que como todo material orgánico empieza su proceso de descomposición con generación de gases como CO₂, metano y otros nitrosos. Estos subproductos bien tratados e incorporados al suelo apuntan al secuestro de C, reciclaje de nutrientes, disminución del lavado y pérdida de nutrientes hacia cuerpos de agua y a los indicadores de calidad de los suelos en particular el que trata del mantenimiento del C.O en la capa arable. Además de recuperar una parte de la inversión que el productor ya ha hecho en fertilizantes, adicionalmente las cenizas tienen efecto encalante que históricamente se ha usado para mejorar suelos extremadamente ácidos (Ramírez *et al.* 2011).

7. Descripción del problema

El manejo de los subproductos, generados por el beneficio del fruto de palma de aceite, requiere de un plan logístico de manejo, retiro, transporte y disposición final. La tusa es uno de los subproductos cuyo manejo representa los más altos costos, el transporte hasta el sitio de embalaje, el manejo fitosanitario entorno a su descomposición de plagas como *Stomoxys calcitrans* y *Strategus aloeus* y el impacto de sus lixiviados sobre las condiciones físico-químicas del suelo, son algunos de los problemas más frecuentes en las plantaciones. Sin embargo, la alternativa de poder utilizar la tusa como complemento a la fertilización de las palmas en campo, representa una opción agronómicamente viable, que puede ayudar en la eficiencia del manejo de plagas, el mejoramiento de las condiciones del suelo, la reduciendo del impacto ambiental y la disminución de costos de fertilización, sin afectar la productividad del cultivo.

8. Descripción de la propuesta.

Antes del 2017, el manejo de las tusas en la plantación Hacienda la Cabaña, no presentaba un plan de manejo estructurado en beneficio del cultivo, por el contrario, la disposición de este subproducto se había convertido en un problema, por espacio, manejo fitosanitario, transporte y posterior recolección y distribución, lo que demanda un inversión considerable de recursos, con un retorno económico negativo, desaprovechando una fuente considerable de materia orgánica y de contenidos nutricionales.

Como parte del plan de manejo de los subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite, en la Hacienda la Cabaña, producto de trabajos de validación realizados en 2017, se estableció un plan de intervención y manejo adecuado de las tusas, que consiste en la distribución en campo del material en fresco procedente de la planta de beneficio, en cantidades de 350 kg/palma. Dentro del manejo fitosanitario durante la temporada de lluvia este material se cubre con plástico durante treinta días a partir de su disposición final. Este plan se implementó con el fin de reducir los costos de manejo de subproductos, aprovechar el contenido nutricional de las tusas, y disminuir la aplicación de fertilizantes de síntesis.

Teniendo en cuenta este cambio en la estrategia de manejo de las tusas en la plantación Hacienda la Cabaña, se planteó la propuesta de hacer una evaluación económica considerando los aportes nutricionales de la materia orgánica al suelo, la reducción en fertilización y los costos de disposición final.

9. Localización geográfica.

Este trabajo se desarrolló en la zona palmera de los llanos orientales en el municipio de Cumaral departamento del Meta, en la plantación Hacienda la cabaña, en el lote 74 de la finca Yopalito y en el lote 11 de la finca Aposentos. Con altura promedio de 305 msnm, clima tropical, 25,6°C de temperatura media, precipitación anual de 3421 mm, con tiempo seco de diciembre a marzo y lluvias durante el resto del año (Jaramillo y Chávez. 2000)

10. Análisis técnico.

En el cultivo de la palma de aceite, es uno de los cultivos que genera subproductos de interés técnico y económico para la agroindustria, entre los que se pueden citar: las tusas, la fibra, el cuesco, la ceniza y los lodos, de estos algunos son utilizados como combustibles para las calderas que generan vapor o electricidad y otros por sus contenidos de materia orgánica son implementados como acondicionadores del suelo (Ramírez *et. al.* 2011). Para contribuir en la reducción del impacto ambiental generado por los subproductos de la agroindustria de la palma de aceite, es necesario establecer prácticas adecuadas que permitan incorporar estos productos dentro de la cadena productiva (Ramírez *et. al.* 2011),

Las Tusas.

Este material lignocelulósico, producto del desfrutado de los racimos de la palma, presenta entre un 60 y 65% de humedad y entre un 1 y 2,5% de aceite, la tusa es un material rico en Potasio (K) y en menos proporción Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Magnesio (Mg). La composición de polisacáridos es de aproximadamente un 66% y polímeros un 12% (Rahman *et. al.*, 2007; García *et. al.*, 2008).

Manejo de la tusa en la planta extractora de aceite de palma.

La tusa es transportada por banda hasta el punto donde se encuentran los remolques o contenedores, los cuales la transportan al área de acopia para el compostaje o directamente a la incorporación en campo donde se debe implementar procesos de manejo de plagas, no es permisible la acumulación de la tusa en las plantas de beneficio (Ramírez *et. al.*, 2011)

Determinación de la relación másica.

Para estimar la eficiencia del proceso de extracción se deben tener en cuenta el peso correspondiente de los racimos y el número de tusas generadas durante un mismo periodo de operación de la planta, esta información se conoce como la relación másica y está dada en porcentaje como tusas/racimos de fruta fresca (RFF).

Trozado y prensado de tusa.

Con el fin de extraer parte del aceite impregnado en las tusas, algunas plantas de beneficio prensan las tusas en quipos especiales de monotornillo, lo que reduce el tamaño y el volumen del material, esto hace más eficiente los procesos de descomposición y reduce los costos de transporte.

Plan de disposición de tusas en el suelo del cultivo.

Para la disposición final de las tusas en el campo, es importante tener ciertas consideraciones, como: el centro de acopio, que es un patio en las plantas de beneficio donde se almacenan temporalmente los volúmenes de tusa, cuando esta no se puede disponer inmediatamente en campo, se recomienda no dejar el material en estos puntos de acopio por más de un mes, para poder aprovechar eficientemente los contenidos de potasio (Caliman *et. al.*, 2001), esta área debe estar retirada de las áreas de conservación como humedales, ríos, vegas o quebradas. El suelo debe estar protegido para evitar los efectos negativos de la interacción con los lixiviados y cuando el tiempo de acopio supera los 30 días, estos residuos deben ser cubiertos para evitar una mayor pérdida de los nutrientes (Ramírez *et. al.* 2011).

Los puntos de acopio, establecidos en campo permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en las tusas como Potasio, Fosforo y Magnesio ya que permite trabajar con la tusa fresca con poco tiempo desde la salida de la planta de beneficio, estos puntos son zonas en campo, alejadas de las áreas de conservación donde se apilan volúmenes de no más de 12 a 14 toneladas para posteriormente ser distribuidos en campo (Ramírez *et. al.* 2011).

Manejo de la mosca de los establos (*Stomoxys calcitrans*).

En las plantaciones donde la presencia de la mosca de los establos es una limitante para el desarrollo de la ganadería en las áreas colindantes, se debe implementar los manejos establecidos por el Instituto Colombiano Agrícola ICA, en la resolución 1706 del 2002, que cita las siguientes indicaciones: la tusa debe ser ubicada en sitios de acopio distantes de las áreas de explotación pecuaria, el tiempo mínimo de duración del material en campo debe ser de 25 días, tiempo en el

cual las condiciones de la tusa no son favorables para el desarrollo de las larvas de la mosca y reduce los costos de liberación de *Spalangia* sp. La época de lluvias en la zona, favorece el desarrollo de la mosca de los establos en los apiles de la tusa, por esta razón, estos se deben cubrir con plástico creando una barrera física a la infestación de la plaga. Además se deben hacer liberaciones masivas de *Spalangia* sp. y evaluar el porcentaje de parasitismo con el fin de tener registros de la eficiencia de la labor. La implementación de corredores biológicos, con el establecimiento de plantas nectaríferas que favorezcan el desarrollo de controladores naturales de las principales plagas asociadas y el uso de trampas adhesivas de color azul para el control directo de los adultos de la mosca (Ramírez *et. al.* 2011).

Balance de los aportes nutricionales de las tusas en los planes de fertilización.

Se deben tener en cuenta los aportes nutricionales de las tusas al suelo, con el fin de descontarlos de las prescripciones anuales de fertilización química, teniendo en cuenta los análisis de suelos y foliares (Ramírez *et. al.* 2011).

Aplicación de la tusa en campo.

Se recomienda la distribución de las tusas en una o dos capas, según los requerimientos del cultivo, teniendo en cuenta no interferir con otras labores agronómicas, como el muestreo de *S. aloeus*, y *S. valida*, la cosecha, el pepeo, el plateo, etc. se recomienda la aplicación de entre 10 y 30 toneladas por hectárea en palma pequeña y entre 35 y 70 toneladas en palma adulta. Considerando la rápida descomposición y liberación de nutrientes en las tusas, se recomienda la aplicación del material cada dos años (Ramírez *et. al.* 2011).

Beneficios de la tusa en el cultivo de palma de aceite.

Las tusas, son utilizadas en todos los países productores de palma, para la adecuación de los suelos, mejorando sus propiedades físico-químicas, incentivando una mayor proliferación de raíces y mejorando la asimilación de nutrientes, estimula el reciclaje de nutrientes, con la adición de 43 toneladas por hectárea, está incorporando el equivalente a 4,8 kg de KCl y 0,25 Kg de DAP por palma. Su eficiencia es mayor en suelos bien drenados y texturas gruesas. Otros

beneficios de la aplicación de las tusas es la regulación del pH del suelo, el incremento en la capacidad de intercambio catiónico, neutralización del aluminio intercambiable, mejora la permeabilidad y estructura del suelo, incrementa al carbono orgánico, protege de la erosión, disminuye la temperatura edáfica y mejora la retención de agua y la actividad de los microorganismos (Ramírez *et. al.* 2011).

11. Análisis económico y financiero.

Durante el año de análisis en que se desarrolló este trabajo, la producción de los lotes ton/ha. tanto en manejo con aplicación inmediata como con el manejo convencional, no presentaron diferencias (Tabla. 1), a pesar de que la fertilización en el lote con aplicación inmediata, fue reducida en un 30% respecto de la fertilización del lote con manejo convencional. Sin embargo, la reducción más representativa se observa en los costos de la aplicación inmediata la cual es un 81% más económico que la aplicación bajo el manejo convencional (Tabla. 1).

Tabla 1. Relación de producción y costos de los fertilizantes y la aplicación de la tusa, bajo el manejo de aplicación inmediata o el manejo convencional.

	Aplicación inmediata	Manejo convencional
Producción año ton/ha.	19,58	18,11
Costo Fertilizantes año (COP/ha)	\$ 1.092.065,99	\$ 1.365.082,00
Costos de Aplicación (COP/ha)	\$ 935.000,00	\$ 4.819.000,00
Total (COP/ha)	\$ 2.027.065,99	\$ 6.184.082,00
Costo Inversión (COP/tRFF)	\$ 103.541,22	\$ 341.410,49

Uno de los factores que más inciden en los costos de la aplicación convencional, es la redistribución de la tusa, que es una labor que tiene un costo de 15.000 COP por tonelada, y que consiste en redistribuir los apiles de tusa que se formaron durante la disposición inicial, este valor no se tiene en cuenta en la distribución inmediata ya que en este lote la tusa se dispuso desde un principio en el sitio definitivo (Tabla 2). Otro factor es la cantidad de material, la dosis por palma bajo la distribución convencional es de aproximadamente una tonelada por palma, por el contrario, la disposición inmediata maneja un poco más de una tercera parte de esta cantidad 0,35 t/ha, lo que afecta significativamente el costo por hectárea (Tabla. 2)

Tabla 2. Relación de costos de la aplicación de la tusa en campo, bajo el manejo de aplicación inmediata o el manejo convencional.

	Tusa Fresca	Manejo convencional
Costo Transporte y disposición (t/tusa)	\$ 14.200,00	\$ 14.200,00
Costo redistribución de tusa (t/tusa)	\$ -	\$ 15.000,00
Costo Manejo sanitario (t/tusa)	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
Cantidad de Tusa (t/ha)	\$ 50,00	\$ 143,00
Costos de Aplicación (COP/ha)	\$ 935.000,00	\$ 4.819.100,00

Teniendo en cuenta los costos en fertilización y distribución de tusa necesarios para la obtención en productividad de una tonelada de RFF, en el lote donde se implementó la aplicación inmediata, es de 103.541,22 COP, sin embargo estos mismos costos en el manejo convencional asciende a 341.410,49 COP, lo que ponen en riesgo la rentabilidad del negocio de productivo de la palma de aceite.

Este análisis se hace sobre el primer año de seguimiento a distintos factores de medición sobre estas dos estrategias de distribución de las tusas en campo, sin embargo, a raíz de las diferencias tan considerables que se analizan en este trabajo, la plantación Hacienda la Cabaña ha decidido realizar la implementación del manejo de distribución inmediata en un área de aproximadamente 1000 ha.

12. Análisis social

Uno de los factores sociales que se ve afectado con un mal manejo de las tusas en las plantaciones de palma de aceite en los llanos orientales, es la relación ente los productores de aceite de palma y los productores pecuarios de los sectores aledaños, ya que un mal manejo de la mosca de los establos *Stomoxys calcitrans*, puede afectar significativamente la productividad del sector ganadero, por ende las interacciones de convivencia necesaria en una sociedad, por lo tanto un estrategia de distribución y manejo adecuado de las tusas, que reduzca significativamente la proliferación de las moscas, con la implementación de trampas y la liberación de parasitoides, ayudara a que la interacción entre los entes productivos de la región se maneje dentro de los parámetros de aceptación y colaboración.

Los asentamientos poblacionales aledaños a las plantaciones de palma de aceite, ven disminuida la presencia de moscas en sus casas, y los olores provenientes de las descomposición de las tusas mal distribuidas, son eliminados, esto mejora la calidad de vida de estas comunidades y permite una mejor relación de la sociedad respecto de la explotación de los cultivos de palma de aceite.

13. Análisis ambiental.

La descomposición de las tusas como un subproducto de la explotación de la palma de aceite, puede ocasionar afectaciones al medio ambiente, la proliferación de hongos descomponedores, de moscas y de plagas que afectan directamente a la palma de aceite y la producción de lixiviados con altas cargas de componentes orgánicos que pueden afectar los ecosistemas aledaños como franjas de bosque, acuíferos, corrientes de agua, lagunas o ríos, son entre otros los riesgos que a nivel ambiental se pueden presentar con el manejo inadecuado de estos residuos, por lo anterior, tanto las entidades gremiales como Fedepalma, de investigación como Cenipalma y de control como el ICA, presentan protocolos claros y establece los límites de emisiones (Resolución 909 de 2008, expedida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)), residuos, lixiviados (Resolución 1207 de 2014, expedida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)), y demás agentes que puedan representar un peligro para la conservación del ambiente en las plantaciones de palma de aceite.

14. Conclusiones.

- Los costos de implementación en los lotes donde se dispuso la tusa de manera inmediata, fueron considerablemente más bajos que los costos en los lotes con distribución convencional, y los principales factores están asociados al transporte del material a los lotes y a las cantidades por palma.
- La producción en las plantaciones de palma de aceite, es un factor que generalmente se puede influenciar con mínimo dos años de tratamiento, por lo tanto, este trabajo debe continuara bajo el monitoreo y seguimiento a la producción por lo menos durante 24 meses más, con el fin de obtener información concluyente
- Teniendo en cuenta los componentes nutricionales presentes en las tusas, las fertilizaciones pueden ser modificadas, sin embargo, de deben seguir teniendo en cuenta los análisis de suelos y los foliares para mantener el balance entre la fuente, que son los nutrimentos y el vertedero que son los racimos reflejados en producción.
- Al término del trabajo de campo y las evaluaciones económicas se pudo inferir que al adoptar el manejo de distribución de tusa directamente a la planta, se reducen considerablemente los costos y se minimizan las pérdidas de nutrientes por lixiviación dando mayor aprovechamiento nutricional.
- Se generó un cambio con su uso ambientalmente sostenible y se abre la puerta para continuar midiendo sus efectos de respuesta en la producción que apenas comienza. Estudios en Malasia durante 14 años han demostrado sus beneficios económicos y ambientales.
- En la actualidad el sector palmero se ve obligado a reducir costos sin perder capacidad de producción dadas las actuales condiciones de los mercados que bajan los precios; esta alternativa representa un opción viable y aplicable que reduce la dependencia de productos externos (fertilizantes químicos) y estimula el reciclaje de energía (uso de subproductos) para su auto sostenimiento.

15. Recomendaciones

- Hacer evaluaciones con base en análisis de suelo de las condiciones físico-químicas, con el fin de poder realizar discusiones más profundas y básicas que ayuden a comprender mejor los fenómenos de eficiencia nutricional y asimilación
- Es necesario realizar mediciones de los efectos de la producción para evaluar su impacto en lo económico, en lo ambiental y en la biota del suelo para ver sus ventajas de una forma integral.
- Teniendo en cuenta las cantidades de tusa que se manejan por palma, es conveniente realizar análisis, variando los volúmenes con el fin de establecer una dosis mínima y que impacte positivamente el desarrollo de la palma.
- Hacer trabajos en donde se pueda evaluar los sistemas de transporte de la tusa, con el fin de mejorar su eficiencia y dar abasto con la demanda de movilización.

16. Referencias Bibliográficas

Arévalo, A. P., Ramírez, N. E., & Garcia-Nunez, J. A. (2015). Diagnóstico de generación, aprovechamiento y disposición actual de biomasa en plantas de beneficio de Colombia. En: Congreso CONNICA 2015 (pp. 269-277). Medellín, Colombia.

Bustillo, A. 2014. Manejo de insectos-plaga de la palma de aceite con énfasis en el control biológico y su relación con el cambio climático. *Palmas* 35 (4): 68-79.

Caliman, J.P, & Saletes, M.B,S. (2001). Dynamics of nutrient release from empty fruit bunches in field condition and soil characteristics changes. Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress (Agriculture) p. 550-556.

Chiew Lim Kim, Rahman Zaharah. 2002. The Efeccts oil palm empty fruit bunches on oil palm nutrition and yield, and Soil Chemical properties. En: *Journal of Oil Palm Research* Vol 14 No. 2, December 2002, p 1 – 9.

FEDEPALMA. 2016a. La palma de aceite en Colombia. Federación de cultivadores de palma de aceite. 1 p. Recuperado el 30 de octubre de 2016. <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Infografi%CC%81a%20General%20de%20COLOMBIA.pdf>

FEDEPLMA. 2018. Sistema de información estadística del sector palmero SISPA. Recuperado el 14 de mayo de 2018. <http://sispa.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/áreas>

García, J.A, García, M, & K. C. Das. (2008). Determination of kinetic parameters of thermal degradation of palm oil mill by- products Using thermogravimetric analysis and Differential scanning calorimetry. *ASABE* ISSN 0001-2351.

JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé* 51(2): 102-113. 2000.

Liew Voon Kheong, Zaharah A. Rahman et al. 2010. Nutrient absorption by Oil Palm primary roots as affected by empty fruit bunch application. En *Journal of Oil Palm Research*. Vol 22. April 2010. p. 711 – 720.

Rahman, S.H.A., Choudhury, J.P., Ahmad, A.L., Kamaruddin, A.H. *Bioresource Technology* 98 (2007) 554–559.

Ramírez Contreras, N. E., Silva Ramírez, Á. S., Garzón González, E. M., & Yáñez Angarita, E. E. (Diciembre de 2011). *Boletín Técnico N°30: Caracterización y manejo de subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite*. Bogotá: CENIPALMA.

Zaharah A and Lim K.C. 2000. Oil Palm Empty Fruit Bunch as a Source of Nutrients and Soil Ameliorant in Oil Palm Plantations. En: *Malaysian Journal of Soil Science* Vol 4: 51-66.

17. Anexos.

Anexo 1. Método anterior de aplicación de tusa – Aplicación indirecta



Anexo 2. Larva de mosca en montones de Tusa - Aplicación indirecta



Anexo 3. Metodología de Redistribución - Aplicación indirecta



Anexo 4. Carpado, Nuevo proyecto – aplicación directa



Anexo 5. Disposición en campo después de 1 mes - Nuevo proyecto – aplicación directa



Anexo 6. Disposición al momento de la aplicación - Nuevo proyecto – aplicación directa



Anexo 7. Disposición con remolque forrajero - Nuevo proyecto – aplicación directa

