



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE AGROEMPRESAS Y AGRONEGOCIOS

ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST, A BASE DE RESIDUOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA FRUTA FRESCA DE PALMA

Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión de
Agroempresas y Agronegocios

AUTOR: Ing. Dora Estefanía Lucero Arroyo

DIRECTORA: Lucía Vásquez Hernández, PhD.

IBARRA - ECUADOR

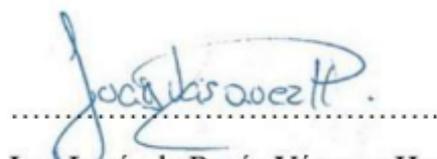
2022

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de la tesis de grado titulada “ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST, A BASE DE RESIDUOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA FRUTA FRESCA DE PALMA” presentado por la Ingeniera Agrónoma Dora Estefanía Lucero Arroyo, para optar por el grado de Magister en Gestión de Agroempresas y Agronegocios, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación privada y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 8 días del mes de febrero de 2022.

Lo certifico.

A handwritten signature in blue ink, reading "Lucía de Rocío Vásquez Hernández", written over a horizontal dotted line.

Ing. Lucía de Rocío Vásquez Hernández PhD.

C.C.: 1002682720

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003231188		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lucero Arroyo Dora Estefanía		
DIRECCIÓN:	Luciano Andrade 3-67 y Demetrio Aguilera; Barrio 20 de octubre		
EMAIL:	doraestefania@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062651459	TELÉFONO MÓVIL:	0983148043

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST, A BASE DE RESIDUOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA FRUTA FRESCA DE PALMA”.
AUTOR (ES):	Dora Estefanía Lucero Arroyo
FECHA:	08 de febrero del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión de Agroempresas y Agronegocios
ASESOR /DIRECTOR:	Lucía Vásquez Hernández, PhD.

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 8 días del mes de febrero del 2022

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dora Lucero', is written over a horizontal dotted line.

Nombre: Lucero Arroyo Dora Estefanía

C.C.: 1003231188

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por estar junto a mí en cada momento, ser mi guía que orienta, enseña y corrige mi vida y sobre todo haberme puesto en mi vida a las personas correctas como son mis padres, mis hermanos y sobrinos, que han apoyado incansablemente mi desarrollo personal y profesional.

Dora Lucero.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a la Universidad Técnica del Norte. A los maestros, en especial a la Doctora Lucía del Rocío Vásquez Hernández como directora de tesis quien me brindó su apoyo académico contantemente y estuvo presta al desarrollo del proyecto.

A la empresa Energy Palma S.A. y quienes forman parte de las jefaturas, por haberme facilitado toda la información necesaria, para el buen desempeño del trabajo de grado.

A mi familia y amigos por el apoyo brindado durante todo este tiempo de estudios, gracias por estar pendiente a este proceso.

Dora Lucero

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Problema de investigación.....	1
1.2. Preguntas directrices de la investigación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	2
1.4. Justificación.....	3
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Marco Teórico.....	6
2.2.1. Compost.....	6
2.2.2. Proceso del compost.....	6
2.2.3. Parámetros del proceso de compostaje.....	7
2.2.4. Residuos utilizados en el compost.....	8
2.2.5. Proceso de preparación del compost.....	13
2.2.6. Parámetros de calidad del compost.....	14
2.2.7. Fertilización del cultivo de palma de aceite.....	15
2.2.8. Análisis financiero para la implementación de una planta de compostaje.....	17
2.3. Marco Legal.....	18
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	18
2.3.2. Plan nacional de desarrollo 2017- 2021 (2017).....	18
2.3.3. Ley orgánica del régimen de soberanía alimentaria (2009).....	18
2.3.4. Agenda 3020 y los objetivos de desarrollo Sostenible (2015).....	19
CAPÍTULO III.....	20
MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Descripción del área de estudio.....	20
3.2. Enfoque y tipo de investigación.....	21
3.2.1. Enfoque.....	21
3.2.2. Tipo de investigación.....	21
3.3. Procedimiento de investigación.....	22
3.3.1. Fase I: Establecimiento de las especificaciones técnicas, para el desarrollo del proceso de producción de la planta de compostaje.....	22
3.3.2. Fase II: Comparación de los nutrientes que contiene el compost a partir de desechos de la palma vs productos comerciales.....	27

3.3.3. Fase III: Análisis económico, identificación del costo-beneficio del proceso de obtención del compost.....	27
CAPÍTULO IV.....	29
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	29
4.1. Fase I: Establecimiento de las especificaciones técnicas, para el desarrollo del proceso de producción de la planta de compostaje.....	29
4.1.1. Procedimiento para la elaboración de compost.....	29
4.1.2. Diseño del área orgánica para la elaboración de compost.....	37
4.1.3. Diseño organizacional, para el manejo y administración de la planta de compostaje....	40
4.2. Fase II: Comparación nutricional del compost a partir de desechos de la palma vs productos comerciales.....	41
4.3. Fase III: Análisis económico del proceso de obtención del compost.....	44
4.3.1. Inversiones fijas.....	45
4.3.2. Capital de trabajo.....	46
4.3.3. Estructura financiera.....	46
4.3.4. Presupuesto de producción.....	47
4.3.5. Costos de operación.....	48
4.3.6. Estado de resultados proyectado.....	49
4.3.7. Flujo de caja proyectado.....	50
4.3.8. Punto de equilibrio proyectado.....	51
CAPÍTULO V.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS.....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Evolución de la temperatura (-) y pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje (Negro et al., 2000).....	8
Figura 2.2. Raquis de fruta fresca, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021.....	10
Figura 2.3. Fibra, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021.....	11
Figura 2.4. Efluente, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021.....	12
Figura 2.5. Lenteja de agua (<i>Spirodela polyrhiza</i>), laguna de fitorremediación Energy Palma S.A. 2021.....	13
Figura 2.6. Indicadores de rendimiento sobre las ventas, el rendimiento sobre los activos y el rendimiento sobre el capital (Nava, 2010).....	17
Figura 3.1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	20
Figura 3.2. Diagrama de procesos para la elaboración de compost.....	23
Figura 4.1. Adecuación del área para el ensayo de preparación de compost.....	29
Figura 4.2. Recolección de raquis (a), fibra (b) y peso de materiales (c) y (d) a utilizar en el proceso de descomposición de compostaje.....	30
Figura 4.3. Homogenización (a) y triturado (b) de raquis de la fruta fresca de palma.....	30
Figura 4.4. Conformación de pilas con desechos semi descompuestos (a) y desechos frescos de fibra más raquis.....	31
Figura 4.5. Peso de materiales lenteja de agua y raquis más fibra (a) pila en capas en proporción 60% raquis más fibra y 40 % lenteja de agua (b).....	31
Figura 4.6. Humectación con efluente y mezcla de los materiales.....	31
Figura 4.7. Registro de temperatura y pH en el proceso de compostaje.....	32
Figura 4.8. Método del puño para el control de la humedad	33
Figura 4.9. Volteo del compost en la 2da semana (a) y en la 9na semana (b), materiales en proceso de descomposición.....	34
Figura 4.10. Aplicación de microorganismos eficientes en pilas de compost.....	34
Figura 4.11. Peso capsula (a) y Peso capsula + muestra fresca (b) para determinar la humedad del compost.....	35

Figura 4.12. Secado de la muestra en la estufa a 150°C (a) y enfriamiento de la muestra de compost en el desecador (b).....	35
Figura 4.13. Tamizado, ensacado y almacenamiento de producto del compostaje.....	36
Figura 4.14. Ubicación del área orgánica para la implementación de la planta de compostaje de la empresa Energy Palma S.A. 2021.	38
Figura 4.15. Esquema del patio de compostaje en la empresa Energy Palma S.A. 2021(no está a escala).....	39
Figura 4.16. Organigrama estructural de la planta de compostaje de la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Lista de productos y subproductos de la palma de aceite a nivel de campo y planta de benéfico	9
Tabla 2.2. Subproductos generados en planta de procesamiento la Reserva VRG, ubicada en San Carlos de Guaroa, Meta, Colombia.	10
Tabla 2.3. Composición nutricional de los residuos de aceite de palma (% dm).....	11
Tabla 2.4. Parámetros de control de estabilidad del compost, Sztern & Pravia.....	15
Tabla 2.5. Cuadro de la distribución de superficies de palma aceitera por provincia en el Ecuador, Censo Palmero 2017.....	15
Tabla 4.1. Registro del control de temperatura y pH para el Compost 1.....	32
Tabla 4.2. Registro del control de temperatura y pH para el Compost 2.....	33
Tabla 4.3. Cuadro de comparación del contenido de humedad del compost a base de desechos de la extracción de palma en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	35
Tabla 4.4. Relación de la cantidad obtenida del compost a base de desechos semi descompuesto (1) y a base de desechos frescos (2) de la extracción de aceite de palma, en la Empresa Energy Palma S.A. 2021.....	36
Tabla 4.5. Características del área de compostaje en la empresa Energy Palma S.A. 2021	37
Tabla 4.6. Comparación de los resultados nutricionales de compost a base de los desechos de la extracción de aceite de palma en la Empresa Energy Palma S.A. 2021...	41
Tabla 4.7. Resultados nutricionales de raquis de fruta fresca de la extracción de aceite de palma en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	43
Tabla 4.8. Cuadro de detalle de las inversiones fijas para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	45
Tabla 4.9. Cuadro del capital inicial de trabajo para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	46
Tabla 4.10. Cuadro de la estructura financiera para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	47
Tabla 4.11. Cuadro del presupuesto de producción para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	47
Tabla 4.12. Cuadro de costos de operación para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021.....	49

Tabla 4.13. Cuadro de estado de resultados proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021	49
Tabla 4.14. Cuadro de flujo de caja proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021	50
Tabla 4.15. Cuadro del punto de equilibrio proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021	52

**“ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO PARA LA ELABORACIÓN DE
COMPOST, A BASE DE RESIDUOS DE LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE LA FRUTA FRESCA DE PALMA”**

Autor: Ing. Dora Estefanía Lucero Arroyo

Tutor: PhD. Lucía del Rocío Vásquez Hernández

Año: 2022

RESUMEN

La empresa Energy Palma S.A. se dedica a la actividad agroindustrial del cultivo de palma de aceite, en la elaboración de aceite de palma se obtiene como subproductos raquis, fibra y los efluentes; la falta de gestión de estos desechos genera fuentes de contaminación, por tal razón se planteó realizar un estudio-técnico financiero para la elaboración de compost en base a los desechos de la extracción de aceite de palma. De acuerdo al ensayo realizado para una tonelada de desechos se utiliza en la relación 60% de raquis más fibra, 40% de lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*), 1,8 m³ de efluente y un litro de microorganismos eficientes; el proceso duro diez semanas y se obtuvo 0,6 toneladas de compost; el área requerida para la implementación es de 5000 m², que contará con las áreas de recepción de materiales, descomposición y almacenamiento; se realizó diez pilas de 30 toneladas por unidad y se obtendrá 180 toneladas de compost por periodo. Realizado los análisis de laboratorio el aporte al utilizar 200 kg de compost por planta es de 123,8 kg de materia orgánica, 0,01 kg de nitrógeno, 0,07 kg de fosforo, 0,66 kg de potasio, 0,53kg de calcio y 0,25 kg de magnesio. Elaborado el análisis financiero para el primer año la tonelada de compost tendrá un costo de operación de USD 37,017, por lo que el costo que se asume por el producto es de USD 40 por tonelada, que se busca compensar por la reducción en la aplicación de fertilizantes químicos.

Palabras clave: efluentes, fibra, gestión de desechos, raquis.

**“ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO PARA LA ELABORACIÓN DE
COMPOST, A BASE DE RESIDUOS DE LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE LA FRUTA FRESCA DE PALMA”**

Autor: Ing. Dora Estefanía Lucero Arroyo

Tutor: PhD. Lucía del Rocío Vásquez Hernández

Año: 2022

ABSTRACT

The company Energy Palma S.A. is dedicated to the agro-industrial activity of oil palm cultivation, in the production of palm oil is obtained as by-products rachis, fiber and effluents; the lack of management of this waste generates sources of pollution, for this reason it was proposed to carry out a financial technical study for the elaboration of compost based on the waste from the extraction of palm oil. According to the test carried out for a ton of waste, 60% of rachis plus fiber, 40% of duckweed (*Spirodela polyrhiza*), 1.8 m³ of effluent and one liter of efficient microorganisms are used in the ratio; the process took ten weeks and 0.6 tons of compost was obtained; the area required for the implementation is 5000 m², which will have the areas of reception of materials, decomposition and storage; ten piles of 30 tons per unit will be made and 180 tons of compost will be obtained per period. After laboratory analysis, the contribution when using 200 kg of compost per plant is 123.8 kg of organic matter, 0.01 kg of nitrogen, 0.07 kg of phosphorus, 0.66 kg of potassium, 0.53 kg of calcium and 0.25 kg of magnesium. Prepared the financial analysis for the first year the ton of compost will have an operating cost of USD 37,017, so the cost assumed for the product is USD 40 per ton, which seeks to compensate for the reduction in the application of chemical fertilizers.

Keywords: Waste management, rachis, fiber, effluents

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Problema de investigación

Energy & Palma S.A. es una empresa del grupo La Fabril, creada en el 2006, se ubica al norte de Esmeraldas en el cantón San Lorenzo, se dedica a actividades agroindustriales en el ámbito del cultivo de palma aceitera; cuenta con una extensión de 5.313,95 hectáreas netas, con una producción de 4.915,45 hectáreas de cultivo convencional, 398,5 hectáreas de cultivo orgánico y una planta extractora de 32 t RFF/HR. Su producción es de aproximadamente 5.500 t/mes y compra de fruta fresca a proveedores es de aproximadamente 6.500 t/mes. En el proceso de elaboración de aceite de palma se obtiene como principales subproductos los racimos vacíos (RV) tusa o raquis, la fibra de fruto (FF) y los efluentes; por cada tonelada de racimos frescos procesados se generan aproximadamente 0.22 t de raquis, 0.14 t de fibra de fruto y entre 800 y 900 litros de efluente y otros residuos (Segura et al., 2000). Es así que, la producción potencial y la falta de gestión de estos subproductos pueden llegar a ser fuentes importantes de contaminación ambiental, por emisión de gases y líquidos lixiviados, además son lugares de anidación de plagas y animales peligrosos para la salud de animales y personas por encontrarse sin ningún tratamiento de descomposición (Galindo & Romero, 2012).

Según datos del informe de laboratorio de la extractora Energy Palma 2021 (Anexo 1) se manejan en promedio 11.911,47 t/mes de racimos de fruta fresca, de esto se obtiene el 16,77 % de raquis, 16,34% de fibra y 0,66 m³ de efluentes. La mayor cantidad de fibra es utilizada como combustible en el proceso de extracción, por lo que el 16,73% son desechos que generan 1.992,43 t/mes (raquis más fibra) y 7.861m³/mes de efluentes. Aproximadamente el 55% de raquis más fibra son aplicados al campo sin descomponer y el 45% son acumuladas en áreas cercanas de cada lote que en algunos casos pasan varios años sin utilizarlos.

La aplicación de raquis directamente al campo hace que sea un problema económico por los grandes volúmenes que se trasladan y el empleo de mano de obra que se emplea; este producto al no estar descompuesto, forma capas gruesas en el suelo y en lugar de ser un aporte nutricional al suelo, inmoviliza nutrientes y promueve el desarrollo de microorganismos perjudiciales para los cultivos (Segura et al., 2000). Por tanto, este

subproducto como tal no tiene un valor comercial por la falta de procesamiento agroindustrial.

El compostaje y la transformación de subproductos vegetales a un abono orgánico, es una alternativa de reciclaje y mitigación al impacto ambiental que provoca la actividad de extracción de aceite de palma. Para su uso agrícola es necesario indicar el contenido nutricional que podría llegar a aportar y que podría sustituir una parte de los requerimientos nutricionales de los cultivos; de esta forma a más de conservar los suelos, se busca generar un producto que aporte nutrientes y ayude a mejorar la rentabilidad de los cultivos (Anaya & Molina, 2018).

1.2. Preguntas directrices de la investigación

¿Cuáles son las especificaciones técnicas para la instalación de una planta de compostaje?

¿Cuál es la composición nutricional del compost a partir de residuos de la extracción de palma de aceite?

¿Cuál es la rentabilidad al producir compost?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Desarrollar un estudio técnico – financiero para la elaboración de compost a partir de residuos de la extracción de aceite de la fruta fresca de palma.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer especificaciones técnicas, para el desarrollo del proceso de producción de una planta de compostaje, a partir de los desechos de la extracción del aceite de palma.
- Comparar la composición del compost obtenido a partir de los residuos de la fruta fresca de palma, respecto a productos fertilizantes comerciales usados por palmicultores.
- Realizar el análisis financiero que permita la identificación del costo- beneficio que genera el proceso de obtención del compost.

1.4. Justificación

La producción de aceite de palma es la principal actividad económica agrícola en el sector de San Lorenzo Esmeraldas; según el censo palmero del 2017, la mayor parte de la superficie plantada se encuentra en la provincia de Esmeraldas, con un total de 116,430.48 hectáreas. La finalidad del sector palmicultor es impulsar el desarrollo económico y social, así como también lograr la sostenibilidad y productividad para mejorar las condiciones y oportunidades de los palmicultores (ANCUPA, 2018).

Los productores de palma de aceite están en la necesidad de mejorar los estándares de calidad en temáticas de producción con responsabilidad ambiental y social, para cumplir con requerimiento nacionales e internacionales y así garantizar las buenas prácticas en la producción y certificar la sostenibilidad económica, social y ambiental en toda la cadena de suministro (Informe Sobre El Sector Palmicultor Ecuatoriano, 2017).

La empresa Energy Palma desde el año 2018 recibió la certificación internacional RSPO MASS BALANCE tanto para la plantación como para la planta extractora, además cuenta con una certificación de palma orgánica que genera una producción amigable con el medio ambiente. RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil), Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible, se trata de una asociación internacional sin fines de lucro, que fija normativas que promueven la producción y el uso de la palma con métodos y criterios de sostenibilidad ambiental (RSPO, 2013).

RSPO (2013) indica en el principio 4, que el uso de mejores prácticas apropiadas por cultivadores y procesadores, deben conservar la fertilidad del suelo, o donde sea posible las mejoran hasta un nivel que garantice un rendimiento óptimo y sostenido; las prácticas deben minimizar y controlar la erosión y la degradación de los suelos. En el principio 5, señala que es una responsabilidad con el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, donde los desechos se reducen, reciclan, reutilizan y se eliminan de una manera ambiental y socialmente responsable. De esta forma, para continuar con este proceso de sostenibilidad en la actividad del cultivo y procesamiento de palma aceitera, que son controladas con políticas internacionales y gobiernos nacionales en favor de la protección ambiental y respeto a los derechos laborales, garantizan la producción sostenible de la palma de aceite en el país, se debe implementar técnicas que minimicen el impacto ambiental.

El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC). El procesamiento de materiales y su aplicación al suelo, suministra muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo; reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación (Román et al., 2013). Por lo tanto, con la reutilización de desechos y la incorporación de tecnologías ecológicas permitirán disminuir el uso de fertilizantes químicos y la conservación de los suelos.

Galindo, T. y Romero, H. (2012), consideran que con el compostaje se aprovecha los subproductos, que surgen de la extracción del aceite de palma y el efecto favorable de su utilización es el retorno de nutrimentos a los terrenos dedicados al cultivo de palma de aceite. Con este criterio al tener gran disponibilidad de estos subproductos, se identifica una alternativa que ayudará a reducir la contaminación del mal uso de estos subproductos, y servirá para mejorar y reducir costos en la producción de palma de aceite.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

Mosquera, P. (2016) manifiesta como conclusión sobre el estudio de factibilidad para la producción y comercialización de abono agrícola en base al compost de la palma africana que de acuerdo con el estudio de mercado dio como resultado que la mayoría de los agricultores utiliza abono químico para sus tierras, porque consideran que es un producto que está al alcance y en cantidades adecuadas para su utilización. Este aspecto incide en el sector porque no se produce ni se utiliza el abono orgánico ya que no hay una empresa que produzca este tipo de producto y lo comercialice dentro del cantón San Lorenzo.

En la investigación sobre compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia indican que es aconsejable adicionar microorganismos específicos que degraden lignina y celulosa, así como que provengan del agroecosistema de la palma de aceite, ya que las condiciones agroecológicas pueden modificar su actividad. De la misma forma señala que se debe hacer un balance de masa del proceso porque es importante establecer las cantidades de subproductos que se ingresan y que se obtienen después del compostaje en una planta de producción a escala comercial (Galindo & Romero, 2012).

Torres et al. (2004) mencionan en el proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera que la degradación natural de los desechos es lenta debido a los altos contenidos de fibra y lignina. La inoculación con microorganismos provenientes de los lodos de las lagunas donde se depositan los efluentes da una solución económica al problema, además indica que se debe enriquecer la fibra de racimos vacíos al inicio de su procesamiento con nitrógeno ($10 \text{ kg urea t fibra}^{-1}$) y fósforo ($2.5 \text{ kg fosfato diamónico t fibra}^{-1}$)

En el proceso de compostaje de fibra de racimos vacíos de la palma de aceite, fueron enriquecidos con efluentes (300 l/m^3), urea (10 kg t^{-1}), lodos (20 kg t^{-1}), cal (6.6 kg t^{-1}) y fósforo (0.86 kg t^{-1}). Con estos materiales se elaboraron camas de compostaje de 7.5 m^3 . La aireación se realizó mediante volteo manual de los componentes cada ocho días. Durante el primer mes se ajustó la humedad entre el 45 y el 55% (Segura et al., 2000).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Compost

Se considera compost al abono orgánico que resulta de una fermentación aeróbica y una mezcla de materiales orgánicos que se deshacen bajo condiciones específicas de humedad y temperatura, cuyo producto final es inocuo, libre de efectos fitotóxicos, libre de patógenos y semillas de plantas que finalmente sirve para la aplicación de los suelos mejorando características físicas, químicas y biológicas (Céspedes, 2005).

La formación del compost se hace por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición. Los microorganismos que llevan a cabo la descomposición o mineralización de los materiales se presentan de manera natural en el ambiente (Cruz & Ruz, 2017).

2.2.2. Proceso del compost

Es un proceso biológico controlado de descomposición gracias a la actividad principal de microorganismos tales como hongo, bacterias y actinomicetos, el proceso tiene tres fases: Fase mesófila, fase termófila y fase de maduración (Docampo, 2013).

La fase mesófila inicia con el riego de los efluentes y concluye con el incremento de temperatura entre 30 y 40° C y alcanza un pH de 5,5, en el cual se desarrollan las bacterias anaerobias; tiene una duración entre una y dos semanas. En la fase termófila la temperatura se incrementa entre 60 a 70° C y su pH asciende a 8, las bacterias aerobias degradan la lignina, la celulosa y otros componentes resistentes; además destruyen microorganismos patógenos y se inhibe la germinación de semillas; en esta fase hay una gran demanda de oxígeno y suele durar entre 6 semanas (Corzo, 2013). La fase de maduración, la temperatura desciende y se estabiliza, el pH estará próximo a la neutralidad, dependiendo del sistema del compostaje y el clima esta fase durará meses, este proceso dará lugar a las sustancias húmicas (Román et al., 2013).

Los microorganismos que intervienen y degradan los tejidos se dividen en dos grupos: Sin oxígeno o anaeróbicos, se caracteriza por la emisión de mal olor, la pudrición del material y la generación de sustancias tóxicas; con oxígeno o aeróbico es en presencia de oxígeno, la respiración de los microorganismos libera anhídrido carbónico y agua que no generan olores desagradables (Kolmans & Vasquez, 1999).

2.2.3. Parámetros del proceso de compostaje

Los factores más relevantes que intervienen son la temperatura, la humedad, el pH, la aireación y la relación carbono-nitrógeno. La temperatura y la humedad cambian en cada fase del compostaje e intervienen en el desarrollo de los microorganismos porque es el medio donde se desplazan y se alimentan. Es necesario que la humedad no esté muy elevada porque desplaza el oxígeno y tampoco muy baja porque disminuye la actividad microbiana, la humedad óptima debe estar entre 45 al 60 %, dependiendo de los materiales utilizados (Román et al., 2013).

La aireación es vital para los microorganismos, el aporte de oxígeno debe ser óptimo en cada momento para mantener la actividad microbiana, no se debe permitir condiciones anaerobias que obstaculicen el proceso, el oxígeno es un ingrediente esencial para el éxito del compostaje (Docampo, 2013).

El pH influye directamente en la dinámica del proceso microbiano del compostaje como se observa en la figura 2.1, en la primera fase el pH se disminuye porque en la acción de los microorganismos sobre los desechos liberan ácidos orgánicos, en la segunda fase se produce una progresiva alcalinización por la pérdida de ácidos orgánicos y la generación de amoníaco de la descomposición de las proteínas y en la última fase se tiende a la neutralidad por la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón (Márquez et al., 2008).

La relación carbono/nitrógeno influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por una de N; las relaciones $C/N > 35:1$ indica presencia de exceso de carbono y el proceso tiende a enfriarse, por lo que se debe incorporar materiales ricos en nitrógeno; en cambio, relaciones $C/N < 15:1$ indica un exceso de nitrógeno lo que genera amoníaco (NH_3) y malos olores y en este caso el producto tiende a calentarse en exceso, para ello es necesario colocar materiales con mayor contenido de carbono. La relación C/N idónea en la fase inicial es de 25:1 a 35:1 en la segunda fase 15:1 a 20:1 y en la tercera fase 10:1 a 15:1 (Márquez et al., 2008).

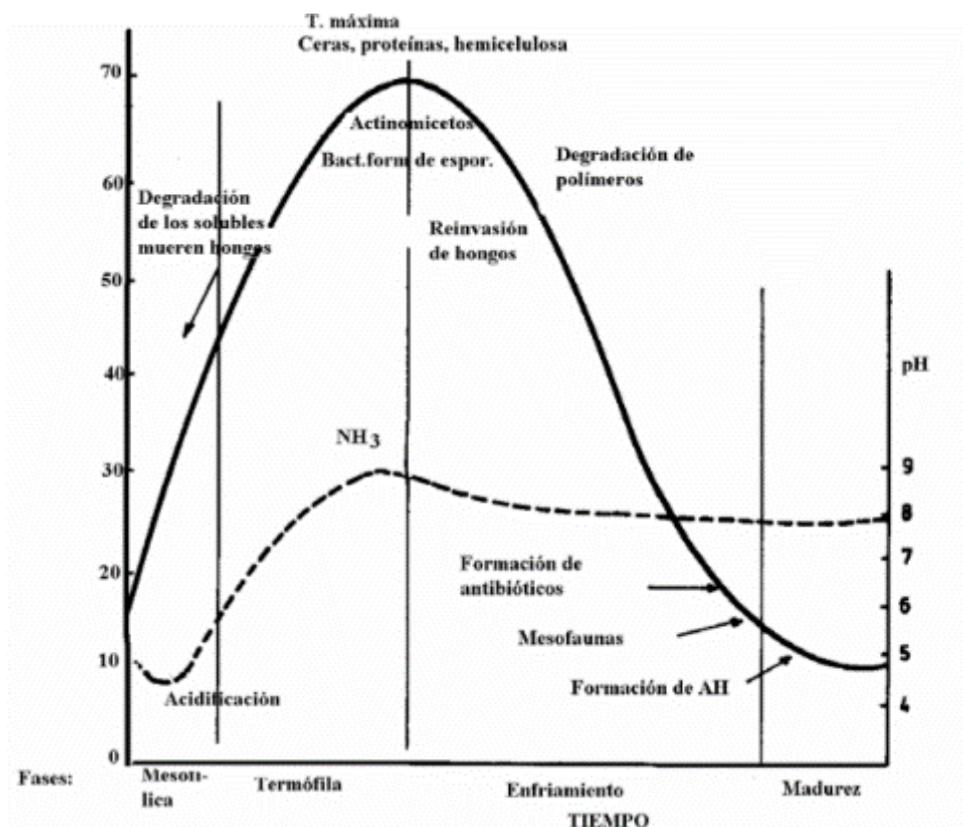


Figura 2.1. Evolución de la temperatura (-) y pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje (Negro et al., 2000).

2.2.4. Residuos utilizados en el compost

Los residuos son materiales sólidos resultado de la utilización o consumo de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios que se desechan, rechazan o se abandonan y que pueden ser aprovechados o transformados en un nuevo bien (Jaramillo & Zapata, 2008)

La clasificación de los residuos según el sector productivo que los origina se establecen dos grandes grupos: los derivados del sector primario, de las actividades de la agricultura, ganadería, forestales y extractivas; los derivados del sector secundario y terciario de las actividades industriales y urbanas (Navarro et al., 1995).

Los residuos orgánicos son todos los desechos de origen biológico que formaron parte de un ser vivo, la mayoría son biodegradables que se transforman en otro tipo de material orgánico; según su naturaleza y/o característica física se clasifican en residuos de alimentos, estiércol de animales y restos vegetales (Jaramillo 2008). La elección de

residuos a utilizar depende de factores tanto nutricionales, es decir la relación carbono nitrógeno y la disponibilidad o cercanía de obtener los residuos (Céspedes, 2005).

a) Residuos de aceite de palma

En el proceso de extracción de aceite crudo de palma se generan grandes cantidades de subproductos que se describen en la tabla 2.1, existen subproductos generados en campo y en la planta de beneficio que algunos se disponen directamente en el campo. La acumulación en centros de acopio de raquis tiene consecuencias ambientales negativas, porque generan lixiviados que llegan a fuentes de agua y al subsuelo y los efluentes son subproductos con mayor contenido nutricional en la agroindustria de la palma de aceite, por lo que son considerados los de mayor potencial de contaminación. Las opciones ambientales más sostenibles involucran al compostaje de racimos vacíos o raquis y efluente (Galindo & Romero, 2012).

Tabla 2.1.

Lista de productos y subproductos de la palma de aceite a nivel de campo y planta de beneficio Dam, (2016).

Producto	Lugar	Tonelada (por t de aceite crudo)
Aceite de palma crudo (APC)	Planta de benéfico	1
Aceite de palmiste (AP)	Planta de benéfico	0,10-0,15
Hojas de palma de aceite	Campo	1,65-2,0
Raíces, cada 20 a 30 años	Campo	0,87
Estípites, cada 20 a 30 años	Campo	0,4-0,67
Racimos de frutos vacíos	Planta de benéfico	0,32-0,42
Fibra	Planta de benéfico	0,32-0,5
Cuesco	Planta de benéfico	0,13-0,4
Efluente de planta de beneficio	Planta de benéfico	0,35-1,0
Torta de palmiste	Planta de benéfico	0,06

Para cumplir con políticas de sostenibilidad la utilización de los residuos del proceso agroindustrial de la extracción de aceite crudo de palma, se realiza el empleo de los racimos vacíos de fruta directamente al campo y riego de las lagunas de tratamiento de los efluentes de la extractora de aceite crudo de palma. En el proceso de extracción de aceite crudo se generan toneladas de raquis vacíos y efluentes, que pueden ser aprovechados para la producción de materia orgánica y ser utilizados como abonos orgánicos que solucionan los problemas ambientales y la degradación de los suelos (Corzo, 2013). En la planta de procesamiento La Reserva VRG, ubicada en San Carlos de Guaroa,

Meta, Colombia en la tabla 2.2 se describe la cantidad de subproductos generados de la extracción de aceite crudo por tonelada, la cantidad de aceite extraída depende de la variedad de los materiales plantados y de la época del año.

Tabla 2.2.

Subproductos generados en planta de procesamiento la Reserva VRG, ubicada en San Carlos de Guaroa, Meta, Colombia (Baquero & Uni, 2017).

Subproductos de 13,200 t/años de Racimos Fruto Fresco		
Subproductos	Porcentaje (%)	Toneladas
Fibra	13	1.716
Raquis	25	3.300
Aceite	21	2.772
Cuesco	13	1.716
Agua	26	3.432
Cenizas	2	264

Los subproductos utilizados en el proceso de compostaje se describen a continuación:

- Racimos de frutos vacíos, raquis o tusa (RFV)

En la labor de cosecha en el cultivo de palma de aceite se cortan los racimos de fruta fresca y son llevados a la planta de beneficio en el proceso de desfrutado se desprenden los frutos frescos y se obtienen a los racimos de fruto vacíos (figura 2.2) que son subproductos lignocelulósicos - fibrosos y los más problemático y voluminoso de las plantas de beneficio (Dam, 2016).



Figura 2.2. Raquis de fruta fresca, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021

- Fibra de mesocarpio de aceite de palma (FF)

En el proceso de digestión y prensado se obtiene la fibra del mesocarpio de los frutos (figura 2.3), es un material voluminoso, lignocelulósico y fibroso; una gran parte de las

fibras provenientes del aceite de palma se utiliza en calderas para proporcionar energía que se necesita en la operación de la planta de beneficio. El uso alternativo es la descomposición orgánica para suplementos de carbono para suelos y para el retorno de nutrientes (K) (Dam, 2016).



Figura 2.3. Fibra, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021

Dam, (2016) indica que la composición de nitrógeno, potasio y fosforo de los residuos de aceite de palma raquis y fibra son los que se describen en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.

Composición nutricional de los residuos de aceite de palma (% dm) Dam (2016)

Nutriente	Raquis	Fibra
Nitrógeno	0,7	0,3-1,4
Potasio	0,08	0,07
Fósforo	2,37	1,18

- Efluentes

Los efluentes líquidos de plantas extractoras de aceite de palma (figura 2.4), se obtienen como resultado de los procesos de esterilización, desfrutado, extracción y clarificación; los grandes remanentes que se producen a diario son llevados a las lagunas de tratamiento de las aguas, que son estrategias ambientales que permiten minimizar los impactos ambientales y evitan sanciones a las empresas por sanciones legales sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos relativos a daños ambientales, cuando se realiza una evaluación del impacto ambiental sobre la comunidad de las emisiones originadas por la actividad productiva de la empresa (Bonomie & Reyes, 2012).

Los efluentes contienen cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y potasio, así mismo proporcionan humedad y microorganismo a las pilas de compostaje. La aplicación ideal de efluentes respecto a racimos vacíos o raquis es 3:1 (3.000 L de efluentes: 1 t de RV), estas cantidades deben distribuirse en forma controlada para mantener la humedad de las pilas (Galindo & Romero, 2012).



Figura 2.4. Efluente, subproducto de la extracción de aceite crudo de palma, Energy Palma S.A. 2021

b) Microorganismos

La inoculación microbiana es fundamental para el proceso de compostaje, pero hay que considerar que no hay productos microbiológicos específicos para compostaje de racimos vacíos ni fibra de los frutos de la palma de aceite; en este sentido, es aconsejable adicionar microorganismos específicos que degraden lignina y celulosa que provengan de agroecosistemas de la palma de aceite. Por tanto, es aconsejable inocular a las pilas de compostaje microorganismos nativos y con suficiente nitrógeno para agilizar su metabolismo oxidativo (Galindo & Romero, 2012).

c) Lenteja de agua

La lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*) (figura 2.5) pertenece a la familia de las lemnáceas es una planta acuática que se encuentra en lagunas o en las áreas de flujo lento en ríos y quebradas; especie de importancia ecológica porque brinda directa o indirectamente alimento, protección y un gran número de hábitats para muchos organismos de estos ecosistemas. Además, son útiles para el ser humano, puesto que sirven de alimento para animales domésticos, son materia prima para la industria y se usan en procesos de biorremediación (Arroyave, 2004).



Figura 2.5. Lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*), laguna de fitorremediación Energy Palma S.A. 2021

Es de tamaño reducido que presenta frondas flotantes (fusión de tallo y hoja), ovales redondeadas, alcanza de 4-10 mm asimétricas y opacas, con 5-9 nervios planos en ambas caras, verde oscuro en el haz y amoratado el envés, 5-15 raíces procedentes de cada fronda, raramente flores en primavera. Su reproducción más común es la asexual por gemación, en los bordes basales se forma una pequeña yema que se desprende y da lugar a otra planta (Arroyave, 2004).

Tienen crecimiento rápido y remueven nutrientes más que otras macrófitas acuáticas, duplican su peso cada 2 o 3 días si tienen condiciones adecuadas, como disponibilidad de nutrientes, luz y temperatura óptima del agua que forman densos mantos sobre toda la superficie del cuerpo de agua, especialmente cuando las concentraciones de nitrógeno y fósforo en la columna de agua son altas. El contenido de proteína puede llegar entre 15% y 45%, debido a que asimilan grandes cantidades de nitrógeno, principalmente en su forma amoniacal y fósforo en la forma de ortofosfato (Zetina et al., 2009).

2.2.5. Proceso de preparación del compost

El proceso inicia con la selección del sitio para construir el área del compostaje, debe tener las siguientes características: sin problemas de inundación, cerca de la planta procesadora, topografía adecuada y suelo con textura media o moderadamente pesada. La preparación del área seleccionada debe estar limpia sin malezas ni cultivos presentes, debe contar con una nivelación precisa, de esto dependerá la durabilidad de los caminos y canales (Torres et al., 2004)

En el proceso de compostaje se utilizan los racimos vacíos de palma y los efluentes de la planta extractora de aceite. Al iniciar del proceso se toman muestras de las materias primas a utilizar (raquis y efluentes) una vez al mes, para los análisis químicos, el raquis que sale de la planta de beneficio se pesa y se dispone en franjas o camas, las cuales tienen 4 metros de ancho, 2 metros de alto y de 70 hasta 350 metros de longitud, los efluentes son rociados en las camas seis veces a la semana, durante las diez semanas que dura el proceso. El compostaje pasará por las tres fases mesófila, termófila y de maduración (Corzo, 2013).

Los equipos que se necesitan son: equipo de volteo para raquis de racimos vacíos, sistemas de bombeo de efluente, tractor y accesorios utilizados en la operación de equipos del área de compostaje y otros accesorios como lonas o carpas plásticas. La materia prima se traslada de la planta extractora al área de compostaje en el que se deposita formando líneas de material a lo largo de las camas de compostaje, la altura y el ancho de las filas de materiales se harán acorde a los equipos que se cuenten de volteo y del tractor adquirido (Torres et al., 2004).

2.2.6. Parámetros de calidad del compost

Cuando la temperatura desciende paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente y el material se presenta estable biológicamente es el momento que se da por culminado el proceso. Los parámetros de control de estabilización del compost (Tabla 2.4.), se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), las otras determinaciones se deben realizar en el laboratorio (Sztern & Pravia, n.d.).

La toma de los parámetros de calidad del compostaje se realiza mediante el muestreo diario de temperatura y humedad, esta medición indica que el compostaje se esté elaborando correctamente, identificando cada una de las fases del proceso y por último en qué momento el compostaje está listo, basado en la inactividad que esta presenta al alcanzar su estado de mayor descomposición y disponibilidad de nutrientes (temperatura constante); se realiza la toma de muestra del resultado final del compost para ser analizada la cantidad de nutrientes, su humedad y la relación carbono-nitrógeno, este debe ser un valor entre 40:1 a 25:1 el cual indica un buen proceso de compostaje (Corzo, 2013).

Tabla 2.4.*Parámetros de control de estabilidad del compost, Sztern & Pravia (n.d.)*

Algunos parámetros de control de estabilidad del compost	
Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable
pH	Alcalino (anaerobic. 55°C,24hs)
C/N	>=20
N.º de termófilos	Decreciente a estable
Respiración	0<10 mg/g compost
Media	0<7,5 mg/g compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	Decreciente a estable
CEC	>60 meq./100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose-estable
Polisacáridos	< 30-50 mg glúcidos/g. peso seco
Reducción de azúcares	35%
Germinación	< 8
Nematodos	ausentes

2.2.7. Fertilización del cultivo de palma de aceite

ANCUPA, FEDEPAL, AEXPALMA Y APROGRASEC, realizaron el censo palmero 2017 en el Ecuador, se señala en la tabla 2.5 que los productores de palma se encuentran distribuidos en 13 provincias a nivel nacional, ocupando 58 cantones y 144 parroquias, el total de superficie en hectáreas sembradas es de 257.120,93 con un total de 8.149 plantaciones. La mayor parte de superficie de palma aceitera se encuentra en la provincia de Esmeraldas, con un total de 116.430,48 hectáreas, equivalente a 3.280 plantaciones (ANCUPA, 2018).

Tabla 2.5.*Cuadro de la distribución de superficies de palma aceitera por provincia en el Ecuador, Censo Palmero 2017, ANCUPA (2018).*

Distribución de superficies de palma aceitera por provincia		
Provincia	Superficie (ha)	Plantaciones
Bolívar	466,00	12
Cotopaxi	1.789,92	20
El Oro	297,00	2

Esmeraldas	11.6430,48	3.280
Guayas	14.802,83	147
Imbabura	4.099,88	135
Los Ríos	39.146,08	913
Manabí	8.604,64	994
Orellana	12.617,65	346
Pichincha	17.504,95	671
Santa Elena	156,45	3
Santo Domingo de los Tsáchilas	20.020,71	700
Sucumbíos	21.184,34	926
TOTAL	257.120,93	8.149

La fertilización en el cultivo de palma de aceite juega un papel importante en la obtención de altos niveles de rendimientos de frutos, que conlleva a la extracción de altas cantidades de nutrientes de los suelos, que si no son restituidos empobrecen y no sustentan los ciclos de producción, la fertilización es necesaria no solo para el rendimiento de frutos y aceite, sino también una nutrición suficiente y balanceada previene enfermedades y ataques de plagas (Munévar, 2001).

En el Ecuador el rendimiento promedio de aceite de palma es de 2,2 t ha⁻¹, rendimiento menor al promedio mundial de 3,5 t ha⁻¹. La fertilización en el cultivo de palma representa en el costo de producción por tonelada de fruta fresca el 30 -35 % del costo total. Es una de las practica más eficientes para asegurar el potencial genético de las plantas, pues se pone a disposición de los cultivos los elementos esenciales para cumplir con las funciones fisiológicas importantes para la producción y calidad de cosecha. Se usan generalmente fertilizantes compuestos o mezclas físicas que proveen de todos los nutrientes necesarios en una sola aplicación. La aplicación fraccionada de las dosis disminuyen las perdidas por lixiviación y la planta tiene más oportunidad de absorber estos nutrientes, mejorándose su eficiencia de uso (Saquicela & Calvache, 2014).

Para reducir costos de fertilizantes químicos los palmicultores aplican al suelo residuos de la palma, tales como raquis entero, fibra y hojas que pueden tener algún efecto beneficioso sobre la fertilidad de los suelos, aunque no es en todos los casos, porque también pueden ser perjudiciales al incorporar materiales frescos o en proceso incipiente de biodegradación. El uso directo y el poco aprovechamiento de los desechos que se producen diariamente en algunas plantas extractoras, contribuyen a la contaminación ambiental como las fuentes hídricas, el suelo, y malos olores (Anaya & Molina, 2018).

Las características del suelo en la corona de la planta se pueden mejorar con el aporte de 150 a 250 kg de raquis que aporta potasio, mejora las condiciones físicas del suelo y protege el sistema radicular de las plantas del ataque del barrenador de raíces (*Sagalassa valida*)(ANCUPA, 2018).

2.2.8. Análisis financiero para la implementación de una planta de compostaje

La rentabilidad constituye el resultado de las acciones gerenciales, decisiones financieras y políticas implementadas en la organización. Los indicadores de rentabilidad son: sobre las ventas, utilidad neta después de impuestos/ventas totales; sobre activos, utilidad neta después de impuestos/activos totales y sobre capital, utilidad neta después de impuestos/capital contable como se muestra en la figura 2.6. El rendimiento sobre las ventas es un indicador financiero que expresa la utilidad que obtiene la organización en relación con sus ventas e indican el costo de las operaciones y las fluctuaciones que sufren tanto el precio como el volumen de los productos (Nava, 2010).



Figura 2.6. Indicadores de rendimiento sobre las ventas, el rendimiento sobre los activos y el rendimiento sobre el capital (Nava, 2010).

Para el análisis costo-beneficio en la implementación de una planta de compostaje se considera todos los materiales necesarios para las obras civiles tales como nivelación y lastrado del área de compostaje, bodegas, entechados, oficinas y baños; los materiales con sus respectivos precios se cotizan para tener costos referenciales de costos operacionales e insumos; como agua, energía, combustibles, microorganismos eficientes (EMs) entre otros. Se fija un precio para el bulto de compost, en base a precios de mercado y que sea asequible para los consumidores potenciales. Se realiza el análisis en valor presente neto

(VPN) de todos los ingresos y costos, para determinar la factibilidad financiera de la propuesta (Romero, 2012).

2.3. Marco Legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

En el Art.13 sobre el derecho del buen vivir indica que las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

En el Art. 281 sobre la soberanía alimentaria menciona en el numeral 3 el fortalecimiento a la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

2.3.2. Plan nacional de desarrollo 2017- 2021 (2017)

En el objetivo 3 garantiza los derechos a la naturaleza para las actuales y futuras generaciones en la política en el ítem 3.4 busca promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global y la política 3.7 propone incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bioeconomía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

2.3.3. Ley orgánica del régimen de soberanía alimentaria (2009)

En el capítulo 1 el acceso del agua y de la tierra del Artículo 6. Acceso a la tierra. - El uso y acceso a la tierra deberá cumplir con la función social y ambiental. La función social de la tierra implica la generación de empleo, la redistribución equitativa de ingresos, la utilización productiva y sustentable de la tierra. La función ambiental de la tierra implica que ésta procure la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas; que permita la conservación.

2.3.4. Agenda 3020 y los objetivos de desarrollo Sostenible (2015)

La agenda 3020 plantea 17 objetivos de desarrollo sostenible con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan aspectos económicos, sociales y ambientales; en el objetivo 8 establece fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos, en el objetivo 13 busca tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos y en el objetivo 15 propone proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

La presente propuesta se realizó en la provincia de Esmeraldas cantón San Lorenzo parroquia Carondelet vía San Lorenzo- Ibarra Km 27, en la empresa Energy & Palma (figura 3.1.).

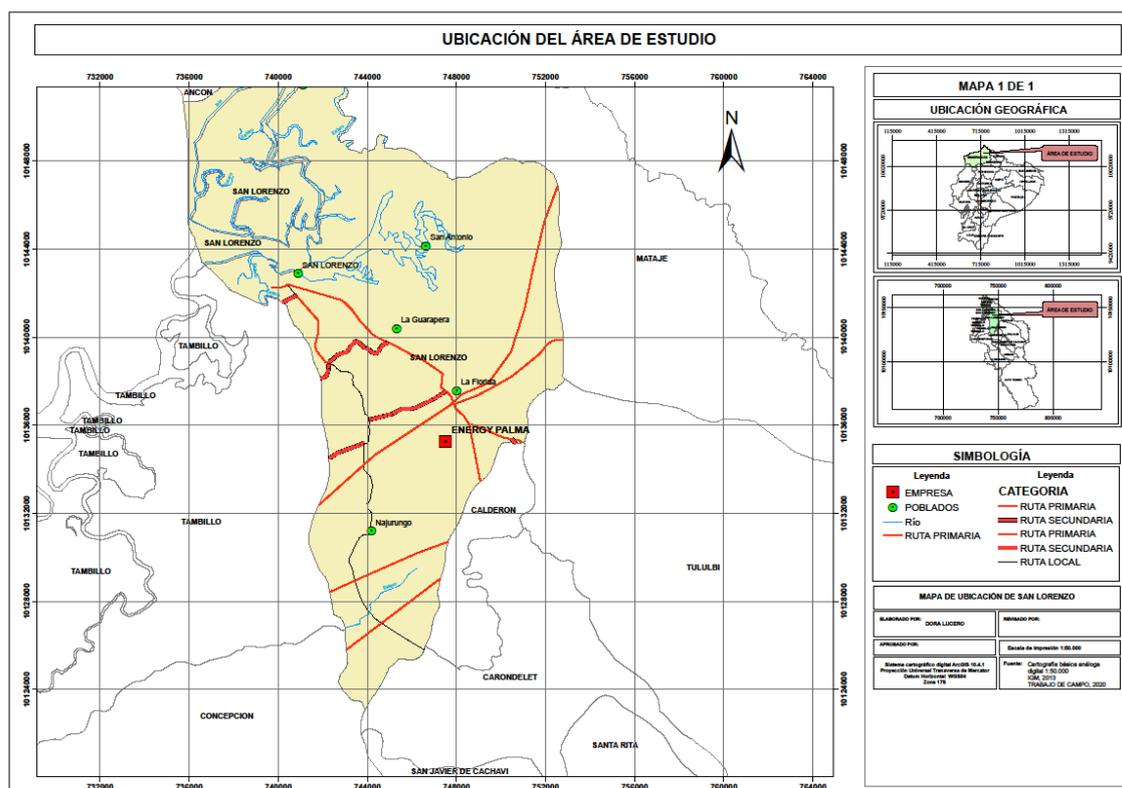


Figura 3.1 Mapa de ubicación del área de estudio (IGM, 2021)

El Cantón San Lorenzo está ubicado en la frontera norte de la Provincia de Esmeraldas, al norte limita con el departamento de Nariño en la República de Colombia, hacia el sur con el Cantón Eloy Alfaro, al este con la Provincia de Carchi e Imbabura y hacia el oeste con el Océano Pacífico. El cantón San Lorenzo cubre un territorio aproximado de 305,310 ha y su división política está conformada por una cabecera cantonal y de 12 parroquias rurales, como son: Ancón de Sardinias, San Javier, Tululbí, Mataje, Tambillo, Calderón, Santa Rita, Urbina, Alto tambo, 5 de junio, Concepción y Carondelet. Según el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator se encuentra a 142287 740877 17N y a 10 m s. n. m. de altura (Constitución Política de Ecuador 2008). Cuenta con dos estaciones

definidos «tropical monzón», con una humedad seca del 40% que va de los meses de junio a noviembre con una temperatura promedio de 21 °C. y «tropical húmedo», con una humedad del casi del 100% que va de noviembre a mayo con una temperatura promedio de 28 °C (Prefectura de Esmeraldas.gob.ec, 2021).

La empresa Energy & Palma (Energypalma) S.A. se encuentra en el cantón San Lorenzo en el norte de Esmeraldas, su matriz se ubica en el Km. 18 vía san Lorenzo – Esmeraldas Santo Domingo de los Tsáchilas; sus operaciones se desarrollan del cultivo y explotación de palma de aceite que cuenta con la infraestructura y licencia ambiental para desarrollar de 10.000 ha de palma, con su respectivo módulo de procesamiento agroindustrial (Emis.com).

3.2. Enfoque y tipo de investigación

El estudio técnico-financiero para la elaboración de compost, a base de los residuos de la extracción de aceite de la fruta fresca de palma, presenta el siguiente enfoque y tipo de investigación que abarco todo lo relacionado al funcionamiento y operatividad del proyecto.

3.2.1. Enfoque

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque descriptivo-experimental que buscó detallar características de un fenómeno por observaciones de lo que ocurre, el proceso experimental en su primera parte necesita la evaluación descriptiva y a partir de esos resultados se plantean las hipótesis funcionales que serán verificadas (Martinez, 2018). Para este estudio técnico – financiero se caracterizó los componentes necesarios para la implementación de una planta de compostaje a partir de desecho de la extracción de aceite de palma, mediante el establecimiento de un ensayo y la recopilación de información de técnicas específicas y de otras investigaciones relacionadas.

3.2.2. Tipo de investigación

La investigación fue de campo cuantitativa que se basó en la recopilación y análisis de datos numéricos que se obtuvieron del ensayo para poder cumplir con los objetivos propuestos; de escritorio, misma que se recopiló en la empresa Energy Palma S.A. y por revisión de diferentes fuentes bibliográficas argumentativas e informativas del país y del extranjero con temática similar (Hernández, 2014).

3.3. Procedimiento de investigación

Para el desarrollo del estudio se realizaron tres fases en las que se establecen las especificaciones técnicas, la comparación entre aplicaciones de productos comerciales en relación con el aporte nutricional del compost y un análisis económico que describa el costo-beneficio de la implementación de una planta de compostaje.

3.3.1. Fase I: Establecimiento de las especificaciones técnicas, para el desarrollo del proceso de producción de la planta de compostaje

El estudio de ingeniería se desarrolló estableciendo la cantidad de desechos de la extracción del aceite de palma que se tendrá periódicamente para obtener el abono. Se determinó los insumos y materiales a utilizar en el proceso de compostaje en las diferentes etapas que son: fase mesófila, esta empezó desde el inicio del riego de los efluentes a la cama del raquis y fibra; la fase termófila, que duró siete semanas y finalmente se llegó a la fase de maduración que duró dos semanas donde se estabilizó la temperatura del compost (Juracán & Corzo, 2020).

Para obtener un compost de calidad se consideró tres parámetros importantes que son la humedad, pH y la temperatura que fueron medidos antes de cada volteo. La humedad del sustrato se encontró a capacidad de campo. La temperatura fue fundamental durante el desarrollo del proceso de compostaje, durante las primeras semanas se encontró entre 45 y 70°C, la temperatura descendió paulatinamente en las semanas posteriores hasta situarse entre 40 y 45°C, cuando se alcanzó la madurez del compost que llegó a una temperatura de 32 y 35°C (Torres et al., 2004).

- **Procedimiento para la elaboración de compost a partir de desechos de la extracción de aceite de palma**

El proceso de compostaje que se realizó se describe en el siguiente diagrama de la figura 3.2. y se detalla a continuación su procedimiento.

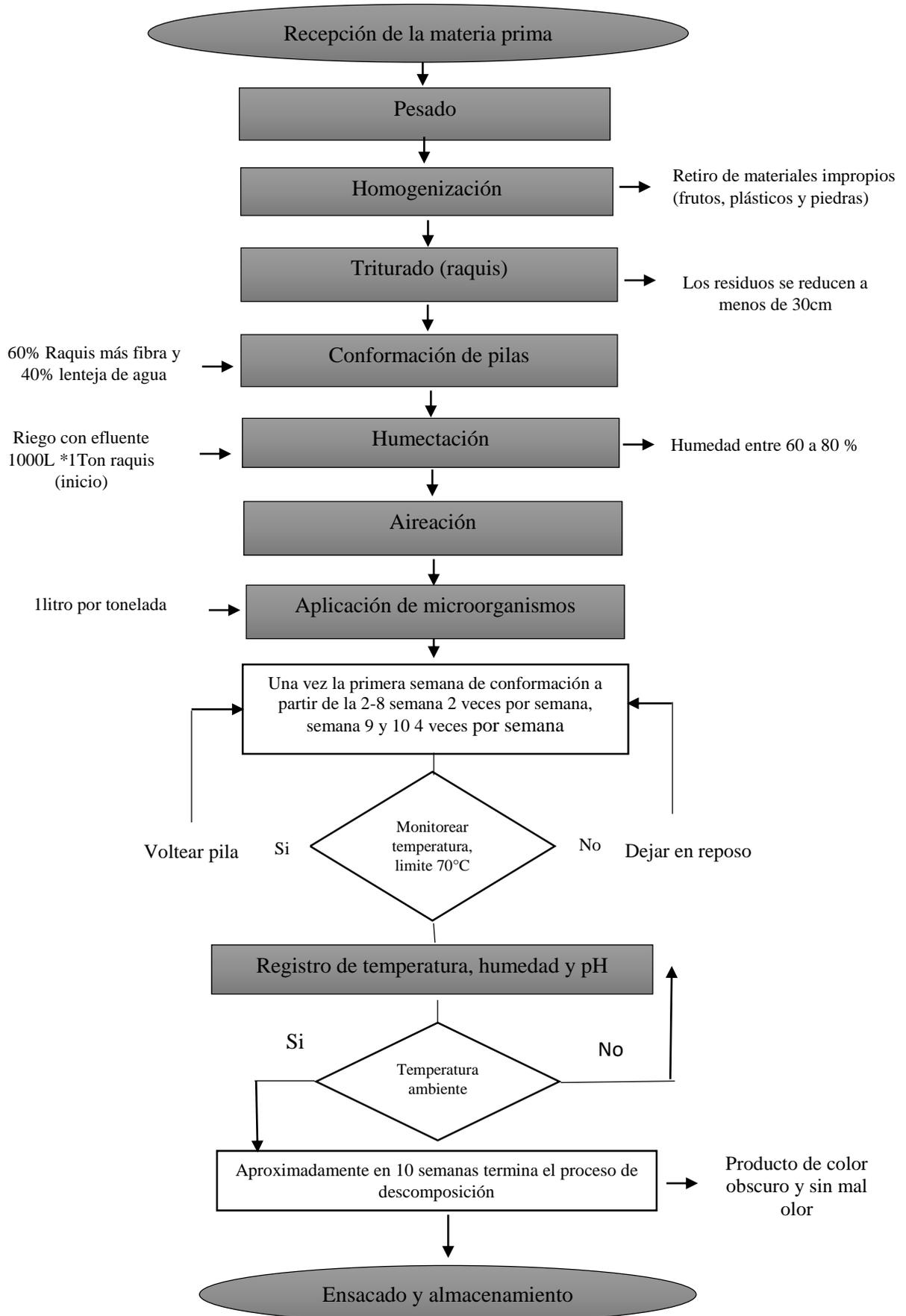


Figura 3.2. Diagrama de procesos para la elaboración de compost

a. Recepción de la materia prima

El proceso inició con la recepción de los desechos procedentes del proceso de extracción de aceite de palma que fueron llevados al área de almacenamiento, los materiales son seleccionados en este caso es el raquis, más fibra (desechos de la extracción de aceite de palma) y la especie acuática lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*), el raquis más la fibra fresca fueron pesados y ubicados en el área de almacenamiento, se retiró todo material impropio como piedras, palos y restos de materiales duros. La lentejilla de agua se recolectó de las lagunas de fitorremediación y se dejó durante 24 horas para disminuir la humedad.

b. Homogenización y trituración

Los materiales de mayor tamaño fueron picados para aumentar el área de ataque de los microorganismos, los residuos se redujeron a menos de 30 cm. Si las partículas son muy grandes, se disminuye la superficie de contacto y si son muy pequeñas se compacta los materiales impidiendo un adecuado intercambio de aire (EMPROTEC, 2019). Para el ensayo se realizó manualmente, pero para el proyecto que será de mayor volumen se debe implementar una trituradoras de materia orgánica.

c. Conformación de pilas

Los materiales triturados se ubicaron en pilas (montón de material biodegradable) de 1,5 m de ancho, 2 m de largo y 1 m de alto, se dejó un espacio pertinente entre las pilas para realizar los volteos y para no mezclar los materiales de cada pila; la conformación de las pilas se hizo en capas de 20 cm, en proporción de 60% de raquis más fibra y 40% de lenteja de agua. Para el proyecto se considerará las dimensiones de la maquinaria que se utilizarán para volteos y las camas de compostaje, se diseñarán acorde a la capacidad y tamaño de equipos.

d. Humectación

Este proceso permitió acondicionar la masa a compostar, humectando con el efluente hasta un 60% para aumentar la masa microbiana y acelerar la descomposición. La incorporación de efluentes se realizó durante todo el proceso, en la etapa inicial se colocó una proporción de 1000 litros por tonelada de raquis y durante todo el proceso se completó en la proporción de 3000 litros por tonelada de raquis, pero esto puede variar por las

condiciones climáticas. La humedad ideal del sustrato es entre 60 a 80%, humedades inferiores al 55% y superiores al 85% causan la muerte de microorganismos (Torres et al., 2004).

e. Aireación

Se realizaron volteos para mejorar la aireación de los materiales; en la primera semana se realizó un solo volteo, de la semana dos a la ocho se realizó dos veces por semana y en la semana nueve y diez se hizo tres veces por semana.

La temperatura en cada fase del proceso fue diferente, siendo en la fase mesófila en la primera semana de 35-40 °C, en la fase termófila es de 45-70°C hasta la semana ocho y en la fase de maduración en la semana nueve y diez alcanza la temperatura ambiental 32°C (Galindo & Romero, 2012). Cuando se incrementó el límite de temperatura se procedió a realizar volteos y si no se dejó en reposo. Durante el proceso los monitores se realizaron de temperatura, humedad y pH.

f. Aplicación de microorganismos

Trascurridas ocho semanas se procedió a la aplicación de microorganismos eficientes, que según (Galindo & Romero, 2012) es importante tomar en cuenta que no hay productos microbiológicos específicos para compostar raquis, por lo que mencionan que es aconsejable utilizar microorganismos que provengan del agroecosistema de la palma de aceite.

Según recomendación de (EMPROTEC, 2019) por cada tonelada de desechos, se utilizan 2 litros de EM diluidos en 18 litros de agua y si durante el proceso presente putrefacción, se debe aplicar 1 litro de EM diluido en 10 litros de agua.

g. Ensacado y almacenamiento

A las diez semanas de conformación de las pilas y a una temperatura ambiente de 32 °C del producto, los materiales estaban correctamente compostados. El material se tamizó para homogenizar y partes de materiales gruesos regresaron a las pilas, este producto no presentó mal olor y obtuvo una coloración oscura.

Una vez finalizado el proceso de compostaje se empacó en sacos de polipropileno, se almacenó y se aplicara en la plantación, cada saco peso 35 kg.

- **Diseño del área orgánica para la elaboración de compost**

Para la propuesta de instalación se estableció el sitio para plantear la construcción del área de compostaje, que tuvo las siguientes características: sin problemas de inundación, cerca de la planta procesadora, pero alejado de centros poblados, topografía adecuada para el proyecto, suelo con textura media a moderadamente pesada, el diseño se hizo en una área acorde a la producción diaria de desechos de la empresa (Torres et al., 2004).

Las instalaciones tuvo la amplitud necesaria para el funcionamiento correcto en todas las fases y con espacios para futuras ampliaciones de forma organizada; contó con un área de almacenamiento de materiales o centro de acopio (racimos vacíos y fibra), área de conformación de las pilas donde se harán los volteos y aplicación de efluentes, área de almacenamiento del producto final y el transporte y distribución al campo (Galindo & Romero, 2012).

Las consideraciones importantes para la planta de compostaje fueron el área requerida porque dependió de las características de la maquinaria adquirida, construcción del área para el tránsito de la maquinaria, conformación del área en donde se ubicará el material para compostar, construcción del sistema de aplicación de efluentes y agua, bodega y área administrativa; el equipo obligatorio de adquirir es una maquina volteadora capaz de revolver y airear el compost (Torres et al., 1999).

- **Implementación del diseño organizacional, para el manejo y administración de la planta de compostaje**

Con la estructura organizacional se establecio el personal administrativo que coordinó el proyecto de compostaje; para el inicio de su funcionamiento, se consideró los requerimientos de recursos humanos, muebles y enseres, equipos, tecnología y financiamiento para el proceso, que implicó tomar desiciones en basan a variables puntuales de coordinacion, especializacion, formalizacion, departamentalización (agrupación de unidades), tramo de autoridad (tamaño) y centralización (Marín, 2012).

El propósito de la estructura organizacional fue dividir el trabajo a realizarse en tareas específicas, asignar tareas y responsabilidades asociadas con puestos individuales, coordinar diversas tareas organizacionales, agrupar puestos en unidades, establecer relaciones entre individuos, grupos y departamentos, establecer líneas formales de autoridad y asignar y utilizar recursos de la organización (Méndez E., 2016).

3.3.2. Fase II: Comparación de los nutrientes que contiene el compost a partir de desechos de la palma vs productos comerciales.

El proceso de fertilización de la palma de aceite representa el 30 % de los costos de la empresa, en el caso de la empresa Energy & Palma S.A. se manejan dosis promedio de 8 Kg/planta año de fertilizante químicos, que se asemeja a la plantación la Aurora, ubicada en San Carlos de Guaroa, Meta, Colombia, que maneja una dosis de 8 kg/planta/año de fertilizante químico (Baquero & Uni, 2017), que depende del análisis previo de suelos se suministra las cantidades necesarias de nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y azufre. que se aplican cada cuatro meses; los fertilizantes comerciales aplicados son mezclas formuladas por el departamento de nutrición vegetal.

Además por la poca aplicación de materia orgánica en la empresa durante muchos años se deben incorporar 200 kg/planta para mejorar las condiciones del suelo y contrarrestar ataques de plagas y enfermedades edáficas. Al contar con altos remanentes de racimos vacíos de palma de aceite, comúnmente los palmicultores incorporan directamente al suelo de las plantaciones, esto generan altos costos por el transporte de altos volúmenes y al no estar descompuesto genera problemas insectiles de diferente naturaleza (Galindo & Romero, 2012); por lo que con la elaboración de compost y el conocimiento de su contenido nutricional, se estableció la diferencia de costos y contenido nutricional que aporta cada material y la reducción de fertilizante químicos comerciales.

3.3.3. Fase III: Análisis económico, identificación del costo-beneficio del proceso de obtención del compost

El análisis financiero logró identificar aspectos económicos mediante información extraída de entrevistas, observaciones y documentos bibliográficos, que permitieron proyectar las condiciones en la que operará la planta de compostaje con respecto al nivel de liquidez, solvencia, endeudamiento, eficiencia, rendimiento y rentabilidad (Nava, 2010).

Se estableció el costo-beneficio en la implementación de la planta de compostaje a base de los desechos de la palma de aceite de la empresa Energy Palma S.A., considerando los costos de materiales e insumos para la elaboración del compost, mano de obra, costos y gastos indirectos, de esta forma se conocerá la tasa interna de retorno (TIR) para la empresa, con el fin de generar un ingreso adicional a la actividad principal.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Fase I: Establecimiento de las especificaciones técnicas, para el desarrollo del proceso de producción de la planta de compostaje

Para el establecimiento de las especificaciones técnicas se detalla a continuación el procedimiento del ensayo que se desarrolló para la elaboración de compost y el diseño del área orgánica que se requiere para la implementación de la planta de compostaje.

4.1.1. Procedimiento para la elaboración de compost

Se planteo realizar un ensayo a menor escala para identificar el tiempo de descomposición y las proporciones de los materiales a utilizar; por lo que se realizaron dos pilas, una utilizando raquis almacenado semi descompuesto (compost 1) y otra pila usando raquis y fibra fresca (compost 2), a las dos pilas se le colocó lenteja de agua dulce (*Spirodela polyrhiza*) como fuente de nitrógeno y dependiendo de la humedad de cada material se aplicó efluente de las lagunas de remediación.

La adecuación del área de compostaje se realizó utilizando caña guadua y plástico negro para el techo y de igual forma se colocó plástico en el piso con orificios para la salida de lixiviados (figura 4.1).



Figura 4.1. Adecuación del área para el ensayo de preparación de compost.

En la recolección de materiales para el proceso de compostaje se empleó un tractor y la mini retroexcavadora para trasladar los desechos, estos materiales fueron pesados en la báscula de ingreso de la para estimar la cantidad a utilizar (Figura 4.2).



Figura 4.2. Recolección de raquis (a), fibra (b) y peso de materiales (c) y (d) a utilizar en el proceso de descomposición de compostaje.

La conformación de pilas se realizó con la homogenización y trituración de los materiales (Figura 4.3), la lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*) se recolecto un día antes de la colocación en la cama.



Figura 4.3. Homogenización (a) y triturado (b) de raquis de la fruta fresca de palma.

Se realizaron dos pilas una con desechos semi descompuestos (compost 1) y otra con desechos frescos (compost 2) (Figura 4.4), en la proporción de 40% de lenteja de agua y 60% de raquis más fibra, y estas se colocaron en capas (Figura 4.5).



Figura 4.4. Conformación de pilas con desechos semi descompuestos (a) y desechos frescos (b) de fibra más raquis



Figura 4.5. Peso de materiales lenteja de agua y raquis más fibra (a) pila en capas en proporción 60% raquis más fibra y 40 % lenteja de agua (b)

Los materiales fueron mezclados y de acuerdo como la humedad con el método del puño la pila con material fresco (raquis más fibra) se procedió a colocar efluente (Figura 4.6); la pila con raquis semi descompuesto en cambio tuvo mayor humedad de la capacidad de campo por lo que se realizó volteos diarios por 5 días, pero al no disminuir la humedad se procedió a colocar más raquis seco para adecuar la humedad. Los requerimientos de efluente que se utilizaran durante todo el proceso son de 3 m³ por tonelada de raquis más fibra, no del total de la pila.



Figura 4.6. Humectación con efluente y mezcla de los materiales.

Para el registro de temperatura y pH (Figura 4.7) se utilizó el instrumento de estudio de suelo 4 en 1 (4 in 1 soll survery instrument) que puede probar la humedad del suelo, valor de pH, intensidad de la temperatura y la luz solar del entorno, mediante una sonda con una longitud de 200mm. Las mediciones se realizaron antes de cada volteo, durante las diez semanas que tardo el proceso, los datos se muestran en la tabla 4.1 compost 1 y en la tabla 4.2 compost 2. El control de la humedad se realizó con la técnica del puño (Figura 4.8).



Figura 4.7. Registro de temperatura y pH en el proceso de compostaje.

Tabla 4.1.

Registro del control de temperatura y pH para el Compost 1

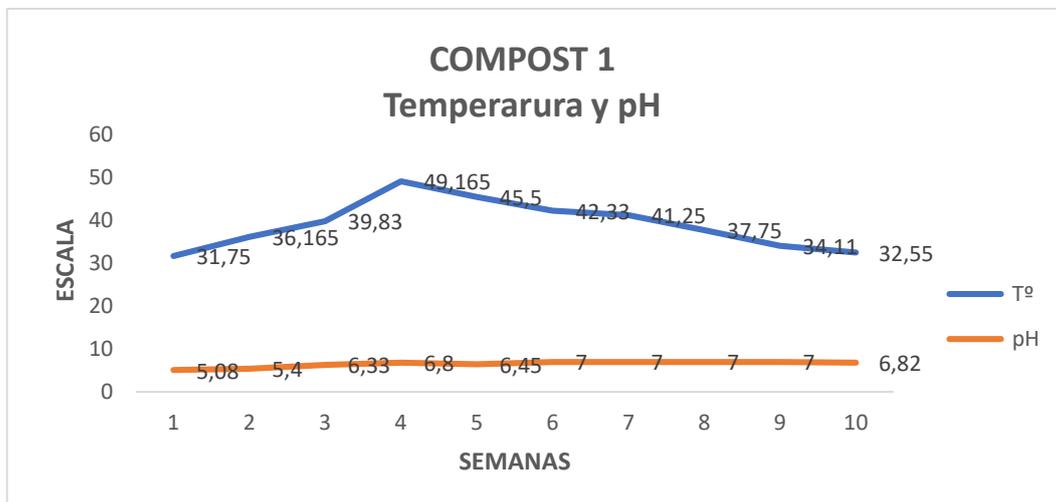


Tabla 4.2.

Registro del control de temperatura y pH para el Compost 2

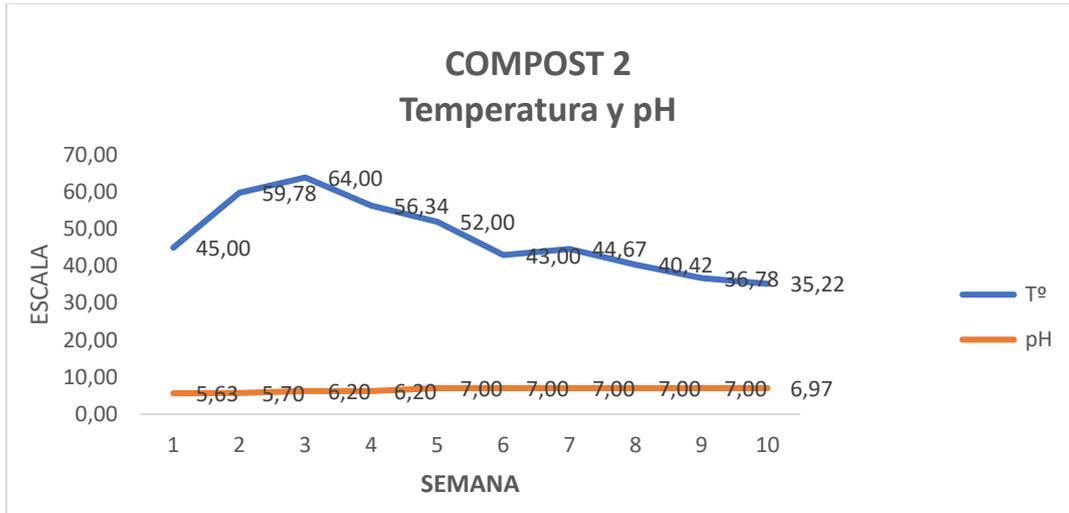


Figura 4.8. Método del puño para el control de la humedad

Los volteos se hicieron, en la primera semana un solo volteo, de la semana dos a la ocho se hicieron dos y en la semana nueve y diez tres volteos por semana (Figura 4.9). Los volteos tienen la función de aportar oxígeno a los microorganismos y permitir la evacuación del CO₂, además la aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso (Negro et al., 2000).



Figura 4.9. Volteo del compost en la 2da semana (a) y en la 9na semana (b), materiales en proceso de descomposición.

En la aplicación de los microorganismos eficientes (Figura 4.10) se colocó un litro por tonelada de compost a las ocho semanas, en la dosis de 1 litro de microorganismos en 10 litros de agua (EMPROTEC, 2019), con la finalidad de mejorar la calidad y reducir los tiempos de maduración. El contenido principal de los organismos beneficiosos pertenece a cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas spp*), levaduras (*Saccharomyces spp*), bacterias productoras de ácidos lácticos (*Lactobacillus spp*), y hongos de fermentación (*Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp*) (Morocho & Mora, 2019).



Figura 4.10. Aplicación de microorganismos eficientes en pilas de compost

Luego de transcurrido diez semanas el compost está maduro, porque presenta un material que no cambia su temperatura ni el volumen, debido a que el humus es estable, el color es café oscuro a negro y tiene olor a tierra (Cruz & Ruz, 2017).

Se procedió a determinar el contenido de humedad del compost, por el método de secado, que se basa en la pérdida del peso de la muestra por calentamiento en una estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresado en porcentaje (Gil, n.d.). Se pesó las muestras frescas (Figura 4.11) y se colocaron en la estufa para secar las muestras (Figura 4.12), los datos calculados del contenido de humedad de cada compost se detallan en la tabla 4.3.

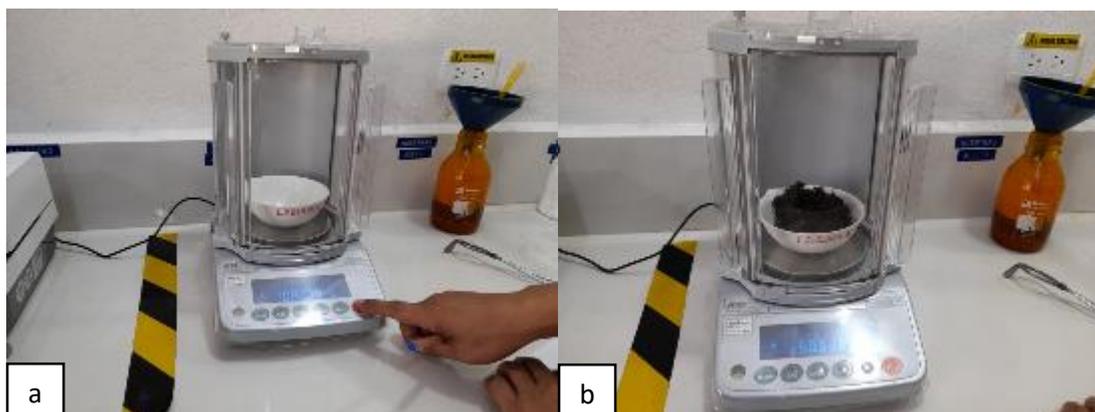


Figura 4.11. Peso capsula (a) y Peso capsula + muestra fresca (b) para determinar la humedad del compost

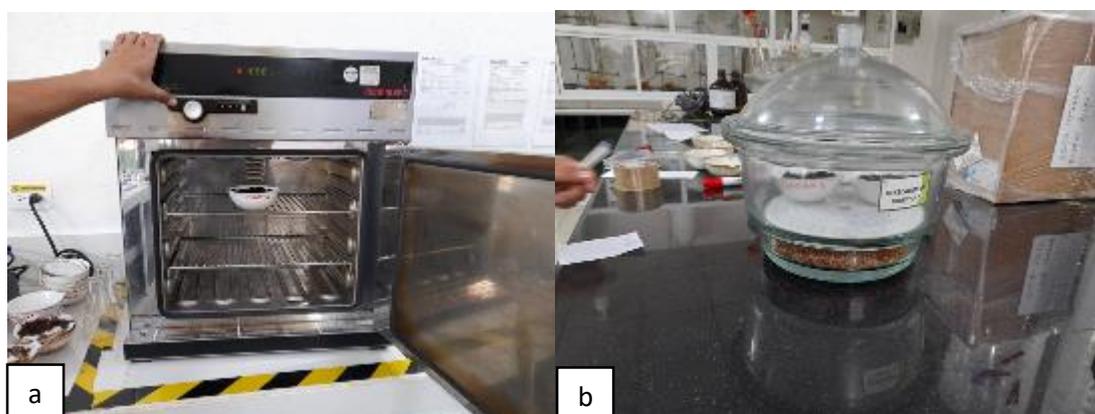


Figura 4.12. Secado de la muestra en la estufa a 150°C (a) y enfriamiento de la muestra de compost en el desecador (b)

Tabla 4.3.

Cuadro de comparación del contenido de humedad del compost a base de desechos de la extracción de palma en la empresa Energy Palma S.A. 2021

	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	COMPOST	COMPOST
	1	2
PESO CAPSULA	108,278	123,345
PESO MUESTRA	50,036	50,004

PESO CAPSULA +MUESTRA FRESCA	158,314	173,349
PESO CAPSULA + MUESTRA SECA	121,923	137,167
PESO HUMEDAD	36,391	36,182
%HUMEDAD	72,730	72,358

Al final el producto fue tamizado y las partes más gruesas se retiraron; se colocó en sacos de polipropileno de 35 kg (Figura 4.13). Para la implantación del proyecto de compostaje se realizará el almacenamiento a granel para luego llevarlo a la plantación.



Figura 4.13. Tamizado, ensacado y almacenamiento de producto del compostaje.

De acuerdo con las proporciones establecidas para el ensayo se utilizó para el compost 1 488 kg de residuos y para el compost 2 305 kg de residuos, dando como resultados una relación de toneladas de desechos por producto obtenido que, con desechos semi descompuesto se logra una relación de 0,5 y con desechos frescos se consigue 0,6. Se consideran que estos valores son aceptables de acuerdo a Molina & Anaya, (2018) quienes establecen que por una tonelada procesada de desechos obtuvieron 560 kg de compost, siendo una relación de 0,56. Los datos obtenidos en los ensayos se detallan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4.

Relación de la cantidad obtenida del compost a base de desechos semi descompuesto (1) y a base de desechos frescos (2) de la extracción de aceite de palma, en la Empresa Energy Palma S.A. 2021

	COMPOST 1	COMPOST 2
Desechos de palma (Kg)	324	183
Lenteja de agua (Kg)	164	122
Total de materiales (Kg)	488	305
Compost (Kg)	235	189
Relación desechos/producto	0,5	0,6

4.1.2. Diseño del área orgánica para la elaboración de compost

Para el diseño del área orgánica para la elaboración de compost se estableció de acuerdo con la cantidad de fruta fresca de palma procesada diariamente, el porcentaje de desechos que se obtienen por tonelada y la disponibilidad de la lenteja de agua. A continuación, se detalla en la tabla 4.5. las características y dimensiones que tendrá el área de compostaje.

Tabla 4.5.

Características del área de compostaje en la empresa Energy Palma S.A. 2021

Diseño de Ingeniería	Total	Unidad
Capacidad de la planta	400	t rff/día
%desechos/Rff	16,73	%residuos/rff
Total, ingreso de desechos	66	t/día
Periodo de descomposición	10	semanas
Peso de desechos por pila	18	t
Peso de lenteja de agua por pila	12	t
Total, peso de la pila	30	t
Número de pilas por periodo	10	unidades
Ancho de las pilas	3,5	m
Alto de las pilas	1,5	m
Longitud promedio de las pilas	20	m
Ancho de caminos	3	m
Área por pila	70	m ²
Área por ciclo	700	m ²
Área de recepción de materia prima	1.250	m ²
Área de almacenamiento	50	m ²
Área total (con futuras expansiones)	5.000	m ²

La capacidad de procesamiento de la planta de extracción de aceite (Anexo 1) es de 400 toneladas promedio de racimos de fruta fresca al día, de este proceso se obtiene el 16,77% de raquis y 16,34% de fibra, la mayor parte de fibra es utilizada para encender el caldero de la planta, por lo que como desecho solo se considera el 10% de fibra y el 90% de raquis de la cantidad total; por tanto, aproximadamente se tendrá 66 toneladas al día de desechos.

Por la disponibilidad de la lenteja de agua se realizará una pila semanal de 30 toneladas, durante las 10 semanas se harán 10 unidades, utilizando un total de desechos en el proceso de 300 toneladas, y al final se obtendrá 180 toneladas de compost por periodo.

En la figura 4.14 se muestra la imagen de ubicación del área orgánica en la empresa Energy Palma S.A. y en la figura 4.15 se detalla el esquema del patio de compostaje, de acuerdo con el procedimiento en cada etapa presentado en el esquema de Galindo & Romero, (2012), en la que se ha considerado un área cercana a la planta extractora de aceite de palma y también cerca de las lagunas de remediación y fitorremediación, para tener a disposición los efluentes y la lenteja de agua.

El área total que se requiere es de 5.000 m² considerando futuras expansiones, el área de recepción de materiales será de 1.250 m², el área de descomposición de 1.350 m² y el área de almacenamiento y bodega de 50 m²

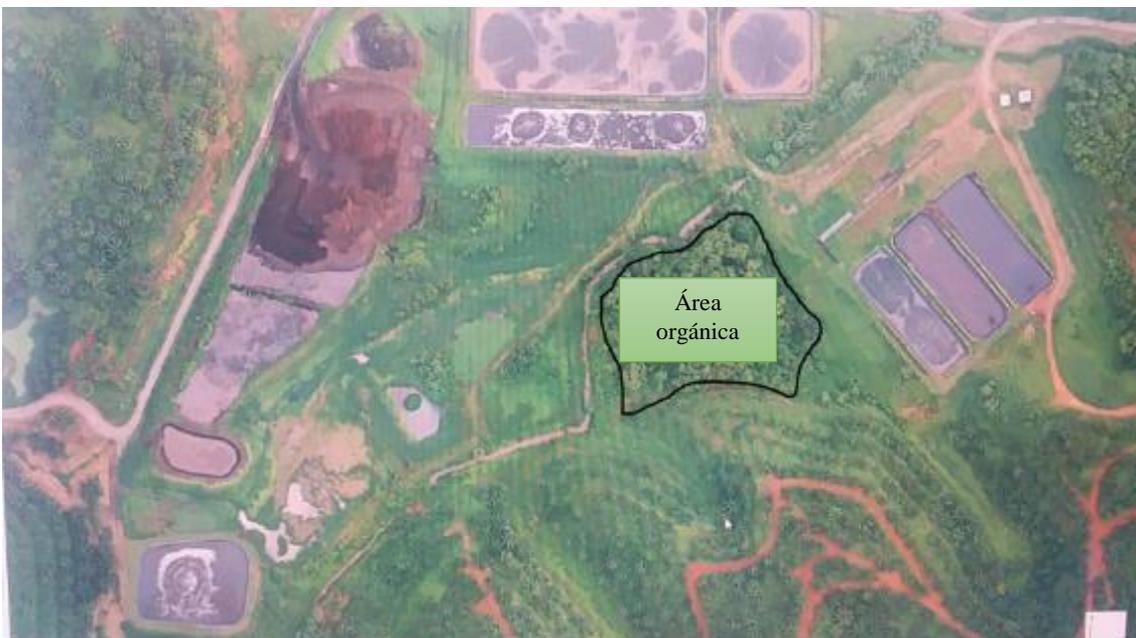


Figura 4.14. Ubicación del área orgánica para la implementación de la planta de compostaje de la empresa Energy Palma S.A. 2021.

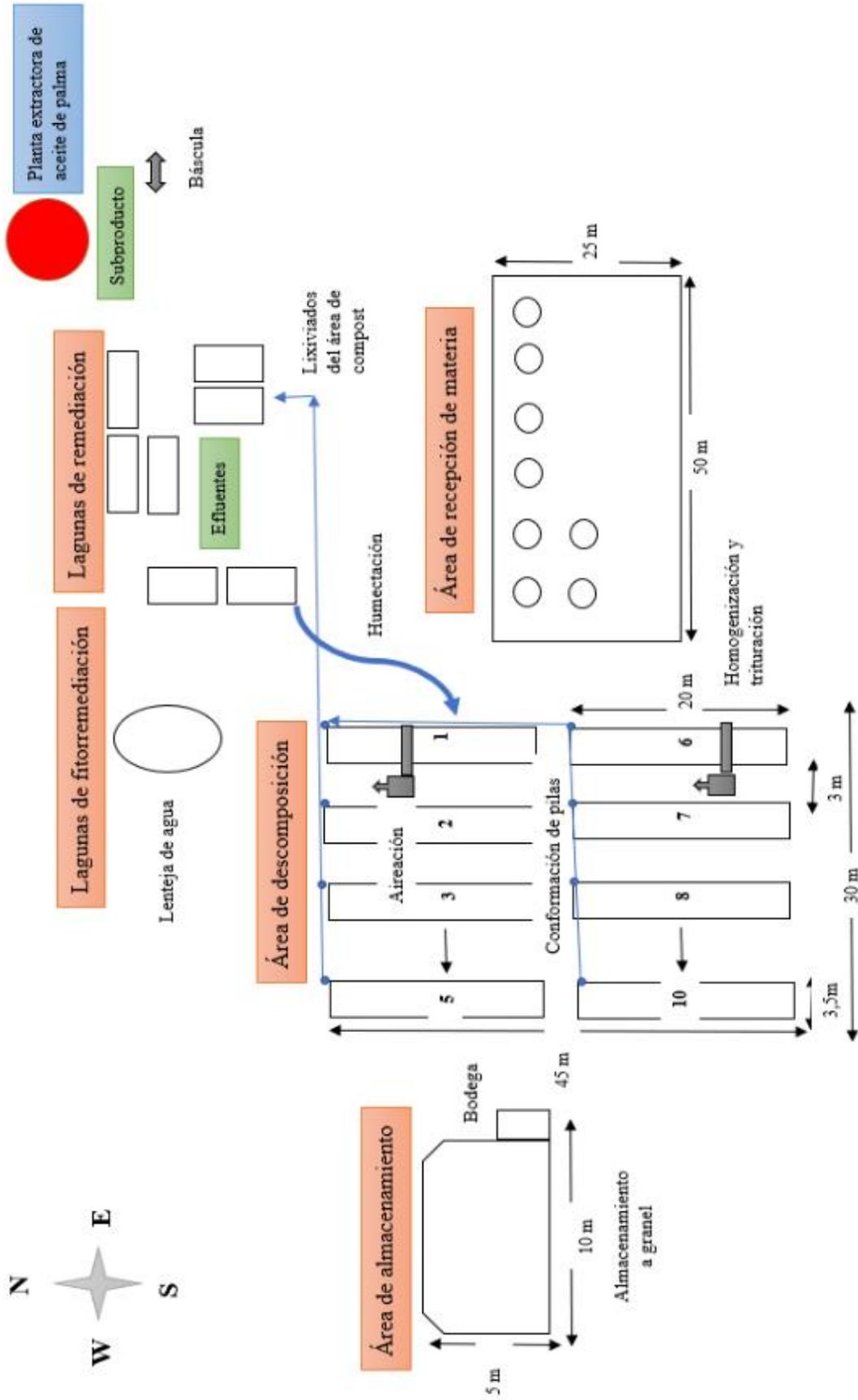


Figura 4.15. Esquema del patio de compostaje en la empresa Energy Palma S.A. 2021 (no está a escala).

4.1.3. Diseño organizacional, para el manejo y administración de la planta de compostaje

El proyecto de compostaje estará a cargo del departamento de sostenibilidad de la empresa Energy palma S.A., direccionado por la jefatura del area, las contrataciones y seguimiento del personal estará a cargo del departamento de recursos humanos y salud ocupacional de la misma empresa.

El organigrama del proyecto de compostaje se presenta en la figura 4.16 el mismo que será anclado y regulado por la gerencia de operaciones, la coordinación de la actividades se hará por parte de la jefatura de sostenibilidad y contará con tres trabajadores agrícolas, cada trabajador agrícola tendrá su responsabilidad individual, dos estarán a cargo de atrapar la lenteja de agua de las lagunas de fitorremediación, la tarea se asignará semanalmente, pero el salario será al jornal por rendimiento. El tercer trabajador agrícola tendrá la responsabilidad de hacer registro de ingreso de materiales, riegos del efluente, toma de temperatura, humedad y pH, aplicación de microorganismos y salida de compost; a esta persona se le asignará tareas diarias y tendrá un sueldo mensualizado. Al contar con actividades subcontratadas como son: traslado de materiales de planta extractora a planta de compostaje, volteos de materiales y almacenamiento de compost, se hará la coordinación con la jefatura de logística.

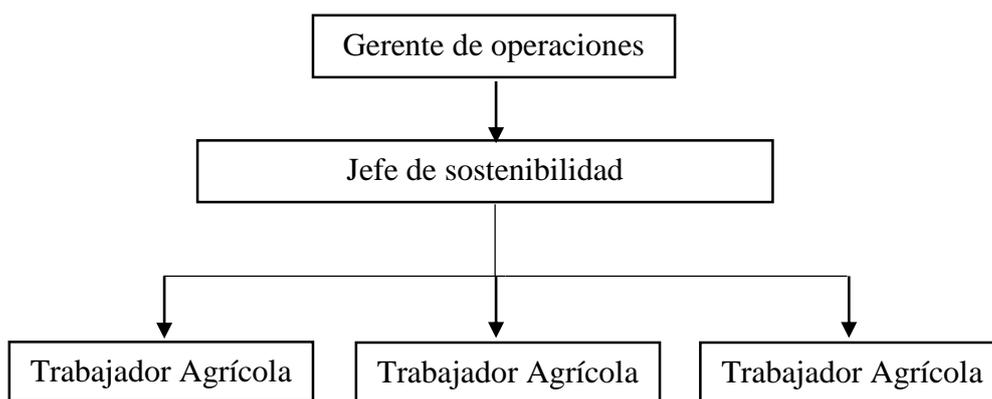


Figura 4.16. Organigrama estructural de la planta de compostaje de la empresa Energy Palma S.A. 2021

4.2.Fase II: Comparación nutricional del compost a partir de desechos de la palma vs productos comerciales.

Para realizar la comparación nutricional del compost y el aporte que haría en la plantación, se envió las muestras de compost 1 a base de desechos semi descompuestos y 2 a base de desechos frescos al laboratorio de análisis de suelos, los resultados se detallan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6.

Comparación de los resultados nutricionales de compost a base de los desechos de la extracción de aceite de palma en la Empresa Energy Palma S.A. 2021

RESULTADOS COMPOST 1			RESULTADOS COMPOST 2		
ELEMENTO	ppm	%	ELEMENTO	ppm	%
NITROGENO	50,00	0,0050	NITROGENO	58,75	0,0059
FOSFORO	369,03	0,0369	FOSFORO	330,88	0,0331
AZUFRE	101,25	0,0101	AZUFRE	115,75	0,0116
POTASIO	2730,00	0,2730	POTASIO	3295,50	0,3296
CALCIO	2668,00	0,2668	CALCIO	2636,00	0,2636
MAGNESIO	1262,00	0,1262	MAGNESIO	1231,20	0,1231
ZINC	6,40	0,0006	ZINC	4,76	0,0005
COBRE	2,19	0,0002	COBRE	2,76	0,0003
HIERRO	117,38	0,0117	HIERRO	85,58	0,0086
MANGANESO	21,59	0,0022	MANGANESO	32,75	0,0033
BORO	10,76	0,00108	BORO	5,16	0,00052
Materia Orgánica		59,22	Materia Orgánica		61,90
*Nitrógeno amoniacal			*Nitrógeno amoniacal		
RESULTADOS ADICIONALES			RESULTADOS ADICIONALES		
pH	6,53		pH	7,1	
CE	5,51 mS/m		CE	6,10 mS/m	

Los resultados entre las dos muestras no difieren, al utilizar desechos semi descompuesto y desechos frescos el aporte nutricional y de materia orgánica son los mismos, como se observa en los resultados estos productos tendrán un aporte significativo de potasio, calcio y magnesio.

La empresa Energy Palma S.A. cuenta con 8 zonas, una de las áreas más afectadas en productividad es la zona 4, que cuenta con 569,24 hectáreas y 40.501 plantas, para ello se ha considerado a esta zona de iniciación a la aplicación de compost y se hará la comparación con las aplicaciones de fertilizantes químicos. De acuerdo con los análisis de suelo (anexo 5.) para la zona 4 se establecieron dos fórmulas de mezclas de fertilizante

que son 18,14 - 16,63 - 17,48 para 293,28 hectáreas con una aplicación de 5 kg/planta que son 0,3617 t/ha⁻¹ y la mezcla 20,03 - 0 - 24,13 para 275,96 hectáreas que se aplicaran 4 kg/planta siendo 0,2850 t/ha⁻¹. Además, es necesario hacer aplicaciones de 200 kg/planta adulta y 100 kg/planta joven de materia orgánica.

Los aportes nutricionales al utilizar 200 kg de compost por planta serán de 123,8 kg de materia orgánica, 0,0118 kg de nitrógeno, 0,0662 kg de fósforo, 0,659 kg de potasio, 0,527 kg de calcio y 0,246 kg de magnesio. Con aplicaciones de 5 kg de la mezcla 18,14 – 16,63 – 17,48, el aporte por planta es de 0,91 kg de nitrógeno, 0,83 kg de fosforo y 0,87 kg de potasio y con la aplicación de 4 kg de la mezcla 20,03 - 0 - 24,13, el aporte por planta es de 0,80 kg de nitrógeno y 0,97 kg de potasio. Dando como resultado que el aporte de potasio en el contenido del compost compensa a la necesidad por planta que se requiere; para la mezcla 18,14 – 16,63 – 17,48 se reduce a 0,211 kg/planta de potasio y para la mezcla 20,03 - 0 - 24,13 se reduce a 0,311 kg/planta de potasio.

Actualmente las aplicaciones de raquis sin descomponer se han venido realizando en la empresa, en un rendimiento por persona de 10 sacos de 20 kg a un costo de USD 1,067 por planta, realizando 20 plantas aplicadas por persona/día. La dosis de aplicación de compost en plantas adultas es de 5 sacos de 40 kg, siendo un total de 20 toneladas de compost /ha, cada persona con un rendimiento por jornada de 32 a 40 plantas a un costo de USD 0,534 por planta, que se comprueba según indican Torres et al. (2004) que la aplicación de compost en la empresa de Palma Tica S.A. en Quepos, Costa Rica, la dosis usada en palma joven es de dos sacos de 40 kg, obteniendo un total de 9,5 toneladas de compost/ha, cada persona tiene un rendimiento por jornada de 80 a 100 plantas aplicadas; obteniendo que al utilizar un material procesado a más de los beneficio físicos, químicos y biológicos que aporta al suelo, la empresa tendrá un ahorro de USD 0,533 por planta aplicada.

Para comparar la utilización de compost versus la utilización de raquis fresco se realizó el análisis de laboratorio de suelos que se detalla en la tabla 4.7.

Tabla 4.7.

Resultados nutricionales de raquis de fruta fresca de la extracción de aceite de palma en la empresa Energy Palma S.A. 2021

RESULTADOS RAQUIS FRUTA FRESCA		
ELEMENTO	ppm	%
NITROGENO	18,75	0,0019
FOSFORO	57,22	0,0057
AZUFRE	78,75	0,0079
POTASIO	1532,70	0,1533
CALCIO	1144,00	0,1144
MAGNESIO	622,80	0,0623
ZINC	3,93	0,0004
COBRE	1,48	0,0001
HIERRO	6,31	0,0006
MANGANESO	12,45	0,0012
BORO	0,66	0,00007
Materia Orgánica		80,06
*Nitrógeno amoniacal		
RESULTADOS ADICIONALES		
pH		6,88
CE	1,96 mS/m	

Los aportes nutricionales al utilizar 200 kg de raquis de la fruta fresca por planta serán de 160,12 kg de materia orgánica, 0,004 kg de nitrógeno, 0,01kg de fosforo, 0,307 kg de potasio, 0,229 kg de calcio y 0,125 kg de magnesio.

Torres et al. (2004) de acuerdo con la composición química de raquis o racimos vacíos de la extracción de aceite de palma, en la planta procesadora Palo Seco en Quepos, Costa Rica, presentaron que la composición es de 0,73% nitrógeno, 0,18% fosforo, 0,29% Calcio, 0,18% magnesio, 0,49% potasio, 1440 ppm de hierro, 27 ppm de cobre, 21 ppm zinc y 42 ppm de manganeso; y las características químicas del compost fueron 2,88 - 4,50% nitrógeno, 1,50 - 2,52 % fosforo, 4,33 - 4,59% Calcio, 0,73 - 0,84% magnesio, 4,40 - 5,01% potasio, 0,23% de azufre, 4126 ppm de hierro, 455 ppm zinc y 32 ppm de boro. Lo que comprueba que del material inicial y su composición al realizar un proceso de mineralización de los desechos mediante la acción de microorganismos, la disponibilidad de nutrientes es mayor en el compost que al utilizar directamente raquis.

Las ventajas que tiene la opción de compostar raquis y efluente comparada con la disposición de racimos vacíos en campo son las siguientes que señalan Galindo & Romero, (2012)

- Al compostar raquis y efluentes el material final se reduce el volumen de los subproductos hasta en 60% y el peso al 55%, por lo que los costos de transporte y distribución en campo en los precios de combustibles son menores.
- Por la disminución del volumen las aplicaciones pueden llegar a zonas más alejadas de la plantación, lo que al usar raquis fresco se limita a áreas cercanas.
- El compost es un material maduro y estable que aporta y mejora las comunidades de microorganismos en el suelo, que a diferencia del raquis fresco dispuesto en el campo inmoviliza el nitrógeno por la utilización de microorganismos descomponedores.
- La descomposición del raquis es más lenta, al colocarse directamente al campo tarda hasta un año, al contrario que con el compostaje dura tres meses.
- La utilización de compost mejora las características físicas y químicas del suelo porque aumenta los microporos y se introduce materia orgánica en las capas superficiales del suelo.
- El raquis acumulado en campo puede ser reservorio de serpientes, roedores e insectos, con el compostaje se elimina cualquier tipo de patógenos y no es apto para albergar plagas peligrosas.
- El uso de efluentes en el compostaje evita un problema medio ambiental y aporta mayor cantidad de nutrientes.

4.3.Fase III: Análisis económico del proceso de obtención del compost

En el análisis económico se detallan las inversiones fijas, capital de trabajo, estructura financiera, presupuesto de producción, costos de operación, estado de resultados proyectado, flujo de caja, punto de equilibrio, con la finalidad de analizar que el proyecto sea rentable, tenga liquidez y solvencia.

4.3.1. Inversiones fijas

Para el proyecto de compostaje es necesario la adquisición de los siguientes equipos: equipo de volteo para la fibra y raquis de racimos vacíos, sistema de bombeo de efluente, tractor y accesorios utilizados en la operación de equipos del patio de compostaje, otros accesorios (carpas o lonas plásticas para proteger el exceso de lluvia) (Torres et al., 2004).

Las inversiones fijas se describen en la tabla 4.8, por realizarse el proyecto en la misma empresa donde se va a utilizar la producción, el costo de terreno no se consideró; el costo de la obra civil es de USD109.700,00 que constan de la cubierta con estructura metálica USD81.000,00, nivelación y compactación USD7.500,00, lastrado USD12.500,00, área de almacenamiento y bodega USD2.500,00, canales de recolección de lixiviados USD2.000,00 y sistema de bombeo de efluentes USD4.200.

La maquinaria y equipos que se adquirirán es la volteadora de compost, la pala frontal del tractor Jhonn Deer, Termómetro, Higrómetro, pH-metro y bomba de fumigación. La volqueta, retroexcavadora, el tractor Jhonn Deer y la balanza industrial se estimó un valor mensual por alquiler del tiempo de uso. No hay valores de inversiones administrativas ni de ventas porque se usarán las mismas instalaciones de la empresa y la entrega se hará a granel. El total de las inversiones fijas es de USD136.772,50.

Tabla 4.8.

Cuadro de detalle de las inversiones fijas para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
INVERSIONES EN INSTALACIONES		109.700,00
Terreno	1	0,00
Obra civil	1	109.700,00
INVERSIONES DE PRODUCCIÓN		27.072,50
Maquinaria	26.500,00	
Volteadora de compost	1	17.500,00
Pala frontal tractor Jhonn Deer	1	9.000,00
Equipo	165	
Termómetro, Higrómetro, pH-metro	1	45
Bomba Fumigación Honda 3.5 Hp Motor De 4 Tiempos De Mochila	1	120
Servicios	407,50	
Tractor Jhonn Deer de 95 Hp	1	100,00
Retroexcavadora	1	100,00
Volqueta	1	200,00

Balanza industrial	7,50
TOTAL INVERSIÓN FIJA INICIAL	136.772,50

4.3.2. Capital de trabajo

Los rubros que se indican en la tabla 4.9 son del capital del trabajo que se necesita en el primer año, los dos meses iniciales se necesitan USD2.692, el costo de materia prima directa es de USD9.360, el costo de mano de obra directa es de USD2.357 y los costos indirectos de fabricación, mantenimiento de maquinarias y servicio de control de calidad es de USD537; los gastos administrativos serán por pagos de sueldos.

Tabla 4.9.

Cuadro del capital inicial de trabajo para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

RUBROS	VALOR
MPD	9.360
MOD	2.357
CIF	
Mantenimiento Maquinaria	267
Servicio Control de calidad	270
GASTOS ADMINISTR.	
Sueldo personal administrativo	3.900
Total de capital de trabajo para un año	16.153
NECESIDAD DE EFECTIVO 2 MESES	2.692

4.3.3. Estructura financiera

Por el alto costo de la implementación de las obras civiles se propone realizar un crédito en una institución financiera a 4 año plazo con un valor de USD109.700, el valor restante de USD27.072,50 se hará con inversión de la empresa Energía Palma S.A.; en la tabla 4.10 se señalan los ítems con el que cuenta la estructura financiera.

Tabla 4.10.

Cuadro de la estructura financiera para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

RUBROS	FUENTES		TOTAL
	INVERSIONES	INSTITUCIÓN FIANCIERA	INVERSIONISTA
Inversión fija	109.700,00	27.072,50	136.772,50
Terreno		0,00	0,00
Obra civil	109.700,00		109.700,00
Maquinaria, equipo, servicios.		27.072,50	27.072,50
Inversión diferida		7.786,16	7.786,16
Puesta marcha, estudios, etc.		7.786,16	7.786,16
Capital de trabajo		2.692,18	2.692,18
Costos y gastos operacionales		2.692,18	2.692,18
Imprevistos		4.268,55	4.268,55
5% de inversión fija		4.268,55	4.268,55
TOTAL	109.700,00	41.819,40	151.519,40
PORCENTAJE	72%	28%	100%

4.3.4. Presupuesto de producción

El volumen de producción se muestra en la tabla 4.11, se obtendrá en el primer año 935 toneladas, con un crecimiento anual del 25%, un total de producción en los cinco años de 7.677 toneladas. El costo proyectado de la producción por aprovechamiento directo en la misma empresa, se estimó un valor de USD40 por tonelada, con un incremento de inflación anual del 4%. Los ingresos totales netos serán en el primer año de USD37.417 y a los cinco años un total de USD338.369. Ingreso que se obtendrán por generar una mayor productividad, reducir costos de fertilización, contribución positiva al medio ambiente y ahorro en el transporte y aplicación (Molina & Anaya, 2018).

Tabla 4.11.

Cuadro del presupuesto de producción para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

Producto	VOLUMEN DE PRODUCCION (Toneladas)					Total
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Compost	935	1.169	1.462	1.827	2.284	7.677
Total Toneladas	935	1.169	1.462	1.827	2.284	7.677

PRECIO UNITARIO DE PRODUCCION (dólares)					
Productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Compost (Ton)	40,000	41,600	43,264	44,995	46,794

TOTAL PRODUCCION NETAS (dólares)						
Productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Compost	37.417	48.643	63.235	82.206	106.868	338.369
Total	37.417	48.643	63.235	82.206	106.868	338.369

4.3.5. Costos de operación

Los costos de producción de la materia prima directa son de valores de los siguientes insumos: lenteja de agua USD12,5 por tonelada (se estableció por el rendimiento que se requieren para adquirir de las piscinas de fitorremediación) y los microorganismos USD1 por litro; el raquis, la fibra y los efluentes (desechos de la extracción de aceite de palma) no tienen ningún costo.

Los costos de producción de mano de obra directa es de un trabajador agrícola que se encargará de la aplicación de microorganismos, registros de temperatura, humedad y pH, riego del efluente a las camas, reporte de ingreso de materiales y salida del producto; dos trabajadores agrícolas que se encargarán de la adquisición de la lenteja de agua, que tendrá un rendimiento de 1,5t/día por persona, en un valor de USD18,75, que equivale al jornal agrícola establecido por la empresa.

Los costos indirectos de fabricación son del mantenimiento de maquinarias y servicio de control de calidad, se realizarán cada dos meses análisis en el laboratorio de suelos para garantizar su contenido nutricional.

La jefatura del departamento de sostenibilidad será quien este a cargo de la planta de compostaje, por lo que es el único gasto administrativo que se tendrá. No se tendrán gastos por ventas porque se entregará el producto en la misma planta; los gastos financieros son por el crédito en la institución financiera para la implementación de la obra civil.

El total de costos operativos que se detalla en la tabla 4.12 en el primer año es de USD31.820 y se incrementara cada año, llegando a los cinco años a USD39.335.

La producción proyectada es de 935 toneladas, dando un valor de USD37.417 en el primer año, al quinto año la producción llegará a 2.284 toneladas con un valor de USD106.868. El precio proyectado por tonelada es de USD40 y el costo unitario de operación es de USD34,017 inicialmente.

Tabla 4.12.

Cuadro de costos de operación para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

COSTOS DE OPERACIÓN					
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos de producción MPD	9.360	11.934	15.216	19.400	24.735
Costos de producción MOD	2.357	5.618	6.689	8.028	9.701
Costos de producción CIF	537	547	558	569	581
Gastos de administración	3.900	4.191	4.233	4.275	4.318
Gastos financieros	15.667	12.276	8.357	3.829	0
Total Costos operativos de la empresa	31.820	34.567	35.053	36.101	39.335
PRODUCCIÓN PROYECTADAS (dólares)	37.417	48.643	63.235	82.206	106.868
PRODUCCIÓN PROYECTADAS (Toneladas)	935	1.169	1.462	1.827	2.284
Precio proyectado unitario (Tonelada)	40,000	41,600	43,264	44,995	46,794
Costo unitario de operación de la empresa	34,017	29,562	23,983	19,760	17,224

4.3.6. Estado de resultados proyectado.

Según el estado de resultados proyectado de la tabla 4.13 en el primer año habrá una pérdida USD2.125 y al quinto año se obtendrá una utilidad de USD37.359.

Tabla 4.13.

Cuadro de estado de resultados proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO					
PROYECCIÓN EN AÑOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Producción proyectada (Toneladas año)	935	1.169	1.462	1.827	2.284
Producción proyectada (dólares)	37.417	48.643	63.235	82.206	106.868
Costos y gastos variables	11.717	17.552	21.905	27.428	34.437
Costo variable	11.717	17.552	21.905	27.428	34.437
Margen de contribución	25.700	31.091	41.331	54.778	72.431

Costos fijos de producción	9.467	9.477	9.488	9.500	9.511
Depreciación	8.152	8.152	8.152	8.152	8.152
Amortización inversión diferidas	779	779	779	779	779
Mantenimiento	267	272	277	283	289
Control de calidad	270	275	281	287	292
Utilidad bruta	16.234	21.613	31.842	45.278	62.920
Gastos fijos administración	3.900	4.191	4.233	4.275	4.318
Administración	3.900	4.191	4.233	4.275	4.318
Utilidad en operaciones	12.334	17.422	27.609	41.003	58.602
Gastos financieros	15.667	12.276	8.357	3.829	0
Préstamo inversión fija inicial	15.667	12.276	8.357	3.829	0
Utilidad antes de Participación. Trabajadores	-3.333	5.146	19.252	37.174	58.602
15% Participación trabajadores	-500	772	2.888	5.576	8.790
Utilidad antes de Impuestos	-2.833	4.374	16.364	31.598	49.812
25% Impuesto a la Renta	-708	1.094	4.091	7.900	12.453
Utilidad / Pérdida neta	-2.125	3.281	12.273	23.699	37.359
%	-6%	7%	19%	29%	35%

4.3.7. Flujo de caja proyectado

En los cinco años de duración del proyecto, en la tabla 4.14 se muestra un VAN de USD16.384,28 una TIR del 12% calculado del valor de la inversión y del ingreso anual. Además, por tener una TMAR de 8,24% menor que la TIR, hace que el proyecto tenga un rendimiento propio y viable en el futuro.

En relación con el costo beneficio calculado al obtener un valor mayor a uno, se considera que hay más ingresos que egresos y por cada dólar gastado se recibirá USD 1,79 de ingresos, por tanto se verifica que el proyecto es rentable.

Tabla 4.14.

Cuadro de flujo de caja proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

FLUJO DE CAJA PROYECTADO						
PROYECCIÓN EN AÑOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
A Ingresos		147.117	48.643	63.235	82.206	213.395
Produc. proyectadas		37.417	48.643	63.235	82.206	106.868
Inversión propia						
Crédito por invers. fijas		109.700				

	Crédito por cap. de trab.	0				
	Recuperación cap. de trab.				2.692	
	Plusvalía del terreno					
	Valor de rescate bienes				103.835	
B	Egresos	53.111	60.520	67.041	75.306	48.126
	Producción	12.254	18.099	22.463	27.997	35.017
	Administración	3.900	4.191	4.233	4.275	4.318
	Ventas	0	0	0	0	0
	Partic. trabaj utilid. (15%)	-500	772	2.888	5.576	8.790
	Intereses inver. fijas	15.667	12.276	8.357	3.829	
	Intereses cap. de trabajo	0	0			
	Amortización inver fijas	21.790	25.181	29.100	33.629	
	Amortización cap. de trab.	0	0			
C	Inversiones	154.613				
	Inversiones fijas	136.773				
	Inversiones diferidas	7.786				
	Capital de trabajo	2.692				
	Imprevistos	7.363				
D	Subtotal (B + C)	53.111	60.520	67.041	75.306	48.126
E	Flujo de fondos (A - D)	-	94.007	-11.877	-3.806	6.900
		154.613,39				
F	Impuestos (25% a la renta)	-708	1.094	4.091	7.900	12.453
G	Flujo de fondos neto (E - F)	-154.613	94.715	-12.971	-7.897	-1.000
	VAN	\$ 16.384,28				
	TIR	12%				
	TMAR	8,24%				
B/	Ingresos a valor actual			\$430.852	1,79	
C	Egresos a valor actual			\$240.861		

4.3.8. Punto de equilibrio proyectado

El nivel del punto de equilibrio en el que se debe encontrar la planta de compostaje para no perder y empezar a tener ganancias, es con una producción en el primer año de 487 toneladas y al quinto año con 436 toneladas, con ingresos de USD19.460 en el año 1 y USD20.404 en el año 5 como se detalla en la tabla 4.15.

Tabla 4.15.

Cuadro del punto de equilibrio proyectado para la implementación de la planta de compostaje, en la empresa Energy Palma S.A. 2021

PUNTO DE EQUILIBRIO PROYECTADO					
PROYECCIÓN EN AÑOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
A Costos y gastos fijos	13.366	13.668	13.721	13.775	13.829
Costos fijos	9.467	9.477	9.488	9.500	9.511
Gastos fijos	3.900	4.191	4.233	4.275	4.318
B Costos y gastos variables	11.717	17.552	21.905	27.428	34.437
Costos variables	11.717	17.552	21.905	27.428	34.437
Gastos variables	0	0	0	0	0
C Total costos (A + B)	25.083	31.220	35.626	41.203	48.265
D Producción proyectada (dólares)	37.417	48.643	63.235	82.206	106.868
Producción proyectada (Toneladas)	935	1.169	1.462	1.827	2.284
E Punto de equilibrio (dólares)	19.460	21.385	20.994	20.672	20.404
Margen de contribución (dólares)	25.700	31.091	41.331	54.778	72.431
Margen de contribución (%)	69%	64%	65%	67%	68%
F Punto de equilibrio (Toneladas)	487	514	485	459	436
Precio proyectado unitario	40,000	41,600	43,264	44,995	46,794
Costo variable unitario	12,526	15,011	14,987	15,012	15,079
Margen de contribución unitario	27,474	26,589	28,277	29,982	31,716

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- a) Se establecieron las especificaciones técnicas para la elaboración de compost y según los resultados para la preparación de una tonelada, se utiliza en la relación 60% de raquis más fibra fresca, 40% de lenteja de agua (*Spirodela polyrhiza*), 1,8m³ de efluente y un litro de microorganismos eficientes. La duración de procesos es de diez semanas en donde se consiguió por una tonelada procesada 0,6 tonelada de compost.
- b) Para el diseño del área orgánica se tendrá una dimensión de 5000 m², que contará con el área de recepción de materiales, área de descomposición y área de almacenamiento; se ha considerado que por la disponibilidad de la lenteja de agua realizar una pila semanal de 30 toneladas, durante las diez semanas se tendrán 10 unidades, dando un total de 300 toneladas en proceso por período y se obtendrá 180 toneladas de compost.
- c) Para el manejo y la administración de la planta de compostaje estará a cargo del departamento de sostenibilidad de la empresa Energy palma S.A. bajo la dirección de la jefatura del área, los departamentos de recursos humanos y salud ocupacional estará encargados de contrataciones y seguimiento del personal agrícola.
- d) Según los resultados del análisis de laboratorio las muestras del compost obtenido a base de desechos semi descompuesto y el compost a base de desechos no difieren en la composición nutricional. Al utilizar 200 kg de compost por planta el aporte de materia orgánica es de 123,8 kg y el aporte nutricional es de 0,01 kg de nitrógeno, 0,07 kg de fósforo, 0,66 kg de potasio, 0,53 kg de calcio y 0,25 kg de magnesio.
- e) Al comparar la aplicación de 200 kg/planta de compost y la aplicación de 5 Kg/planta de la mezcla 18,14 – 16,63 – 17,48 la cantidad de potasio requerida se reduce a 0,211 Kg/planta y con la aplicación de 4 kg de la mezcla 20,03 - 0 - 24,13 la cantidad de potasio requerida se reduce a 0,311 Kg/planta.
- f) Al aplicar directamente raquis de fruta fresca se verificó que el aporte nutricional y el rendimiento de aplicación en campos son menores que al utilizar compost, por lo que el compost favorece a la productividad del área aplicada.

- g) Los costos de operación para el primer año serán de USD37,017 por tonelada, se consideró un valor por reducción de costos en fertilizantes químicos, transporte, aplicación y contribución al medio ambiente de USD40 por tonelada que se ha destinado a la misma plantación; dando un costo por un saco de 40 kg de USD1,60 que en un futuro si se desea comercializar es un precio competitivo.
- h) Al obtener los valores de VAN de \$ 16.384,28, TIR del 12% y TMAR de 8,24% se comprueba que el proyecto es económicamente viable, que se confirma con el valor del costo-beneficio que fue mayor a uno.

5.2. Recomendaciones

- a) Evaluar el tiempo de descomposición de los materiales al utilizar maquinaria mecanizada de volteos para aumentar los rendimientos de producción.
- b) Realizar ensayos con metodologías de descomposición de compost vs bokashi para reducir costos en la implementación de la planta orgánica.
- c) Identificar las áreas más críticas y de difícil accesibilidad de la plantación para aprovechar los beneficios de la aplicación del compost.
- d) Realizar evaluaciones productivas del aporte nutricional en el cultivo de palma de aceite con la incorporación de compost en base a desechos de la extracción de aceite de palma.
- e) Realizar convenios institucionales públicas y privadas para mejorar la gestión y el intercambio residuos de las explotaciones agropecuarias.

REFERENCIAS

- Anaya, R., & Molina, D. (2018). Evaluación económica y financiera de las alternativas de uso de los residuos de la materia prima de una planta industrial de extracción de palma de aceite. *Dictamen Libre*, 1(22), 81–101. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.22.5029>
- ANCUPA. (2018). Censo Palmero 2017. *Palma La Voz Del Palmicultor*, 2. <http://ancupa.com/wp-content/uploads/2018/06/PALMA-Abril-ANCUPA-.pdf>
- Arroyave, M. del P. (2004). Lenteja de agua. *EcuRed*, 1, 33–38.
- Baquero, I., & Uni, R. (2017). Análisis del costo de la implementación del compostaje frente a abonos químicos en una plantación de palma africana de once años de edad, ubicada en San Carlos de Guaroa Meta, finca la Aurora. *Universidad de La Salle*, 01, 1–7. <http://www.albayan.ae>
- Bonomie, M., & Reyes, M. (2012). Estrategia ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma Environmental Strategy in Handling Palm Oil Extraction Effluents. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 14(3), 323–332. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1103/1103>
- Céspedes, C. (2005). *Agricultura orgánica Principios y prácticas de producción*. 131.
- Corzo, J. (2013). Compostaje con racimos de fruta de palma de aceite para la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER). *Revista Palmas*, 34, 125–137. <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10708>
- Cruz, J., & Ruz, N. (2017). *Manual de practicas de la asignatura de agroecología*. 67. <http://www.ittizimin.edu.mx/archivos/man-prac-agro/Manual-de-practicas-de-agroecologia.pdf>
- Dam, J. Van. (2016). *Subproductos de la plama de aceite como materias Primas De Biomasa* *. 37, 149–156. http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Memorias de la XVIII Conferencia Internacional sobre Palma de aceite/M_2_15_ Subproductos de la

palma.pdf

Docampo, R. (2013). Compostaje y Compost. *Revista INIA*, 35(64), 1–5.

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

EMPROTEC. (2019). Guía de la Tecnología de Microorganismos eficientes. *Emprotec*, 36.

<http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionCentralOriental/Documents/BoletinTecnologiaEM.pdf>

Galindo, T., & Romero, M. (2012). Compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia : estado del arte y perspectivas de investigación. *Cenipalma*, 31, 1–53.

Gil, R. (n.d.). *El agua del suelo* . <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/agua-edafica>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (McGraw-Hill (ed.); 6ta ed.).

Informe Sobre El Sector Palmicultor Ecuatoriano. (2017). *Comercio Exterior*.

Ministerio de Producción Comercio Exterior.

<https://doi.org/www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/informe-palma-español-.pdf>

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos solidos organicos en Colombia* [Universidad de Antioquia].

<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Juracán, R., & Corzo, J. M. (2020). *La palma 5 -Elaboración de compost y su utilización en la fertilización del cultivo de palma de aceite*. 14, 11.

Kolmans, E., & Vasquez, D. (1999). *Manual de agricultura Ecológica. segunda ed*, 157.

Marín, D. (2012). Estructura organizacional y sus parámetros de diseño: análisis descriptivo en pymes industriales de Bogotá. *Estudios Gerenciales*, 28(123), 43–64.

http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/1207/html

- Márquez, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. In *Compostaje* (p. 16). <https://doi.org/10.1002/adma.201604105>
- Martinez, C. (2018). Investigación Descriptiva: Tipos y Características. *Lifeder.Com*, 7.
- Méndez E., R. (2016). Estructura y diseño organizacional: Estudio de casos de Pymes ubicadas en ciudad de Guatemala. *Revista Académica ECO*, 53–65.
http://recursosbiblio.url.edu.gt/CParens/Revista/ECO/Numeros/11/06/06_ECO_11.pdf
- Molina, D. C., & Anaya, R. (2018). *Evaluación económica y financiera de las alternativas de uso de los residuos de materia prima de una planta industrial de extracción de palma de aceite*.
- Morocho, M., & Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103.
- Munévar, F. (2001). Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Revista Palmas*, 22(4), 11.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/888>
- Nava, M. (2010). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(48).
<https://doi.org/10.31876/revista.v14i48.10553>
- Navarro, P., Moral, H., Gómez, L., & Mataix, B. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. (Issue May 2014).
https://www.researchgate.net/publication/235941169_Residuos_organicos_y_agricultura
- Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., Benito, A., García, A., Garcia, G., Labrador, C., & Lacasta, C. (2000). Producción y gestión del compost. *Compostaje*, 2 1, 1–31. <http://hdl.handle.net/10261/16792>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013a). *Manual de compostaje del agricultor*.

- <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013b). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. FAO.
<http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013c). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. FAO.
<http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Romero, S. (2012). *Estudio de factibilidad de implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en UNE Cundinamarca*. Universidad Santo Tomás.
- RSPO. (2013, April). *Principios y Criterios RSPO*. 1–90.
<https://www.rspo.org/file/021013P&C2013SPANISHFINAL.pdf>
- Saquicela, R., & Calvache, M. (2014). *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. 1–10.
- Segura, M., Ramírez, C., Chinchilla, C., & Torres, R. (2000). *Uso de dos bioensayos para estimar el efecto residual y el valor nutricional de un composte hecho de la fibra de racimos vacíos de la palma aceitera (Elaeis*.
- Sztern, D., & Pravia, M. (n.d.). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*.
- Torres, R., Acosta, A., & Chinchilla, C. (2004). *Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera Composting Project*. 25, 377–387. <file:///C:/Users/USER/Downloads/1103-Texto-1103-1-10-20120719.pdf>
- Torres, R., Chinchilla, C., & Ramírez, C. (1999). Compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. In *Memorias Del XI Congreso Nacional Agronómico*, 19–23.
- Zetina, P., Reta, J. L., Ortega, M. E., Ortega, E., Sánchez, M. T. E., Herrera, J. G., & Becerril, M. (2009). Utilización de la lenteja agua (Lemnaceae) en la producción de Tilapia (*Oreochromis* spp.). *Archivos de Zootecnia*, 59(232), 133–155.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de laboratorio de la extractora de la empresa Energy Palma S.A.

INFORME DE LABORATORIO EXTRACTORA ENERGY & PALMA													
CONTROL PERDIDAS Y BALANCE DE MASAS HIBRIDO													
ANALISIS / 2021	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
% Tusas/RFF	16,39	16,39	16,63	16,71	17,03	17,03	17,15	16,75	16,93	16,67			16,77
% ac/SSNA	3,08	3,25	3,23	3,34	3,02	3,51	3,03	3,59	2,92	3,01			3,20
% SSNA/Tusas	52,79	51,52	53,04	53,26	50,78	51,41	50,32	49,30	51,08	50,17			51,37
% AC/RFF (Tusas)	0,27	0,27	0,28	0,30	0,26	0,31	0,26	0,30	0,25	0,25			0,28
% w fruto adh./tusas	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11			0,11
% ac/w fruto adh.	20,91	22,09	22,32	21,31	21,81	19,92	20,69	20,55	20,69	20,55			21,08
% Ac/RFF (Fr. Adh.)	0,004	0,004	0,00	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004			0,00
% Fibras/RFF	16,57	16,57	15,76	15,50	15,83	16,43	16,91	16,80	16,60	16,40			16,34
% ac/SSNA	5,75	5,90	5,68	6,07	6,07	5,88	5,77	5,77	6,51	6,20			5,96
% SSNA/Fibras	66,06	64,54	66,75	66,36	66,86	64,51	61,81	63,98	64,03	63,55			64,84
% AC/RFF (Fibras)	0,63	0,63	0,60	0,62	0,64	0,62	0,60	0,62	0,69	0,65			0,63
% Nuez/RFF	2,48	2,55	2,95	3,01	2,69	2,36	1,86	1,33	0,17	0,00			1,94
% ac/Nuez	0,20	0,21	0,22	0,21	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19			0,20
% AC/RFF (Nuez)	0,005	0,005	0,006	0,006	0,00518	0,005	0,004	0,003	0,000	0,000			0,00
m3 efl/Ton RFF	0,53	0,53	0,55	0,59	0,58	0,71	0,79	0,77	0,77	0,82			0,66
gm ac/l ef	9,98	10,13	11,85	11,70	12,12	11,98	11,90	9,83	8,97	10,04			10,85
% AC/RFF Eficiente	0,53	0,54	0,66	0,69	0,71	0,85	0,94	0,75	0,69	0,82			0,72
% Lodo/RFF	7,04	7,04	6,96	6,92	6,64	7,55	7,60	8,46	8,35	7,57			7,41
% ac/Lodo	3,54	3,56	3,39	3,46	3,31	3,29	3,38	3,38	3,64	3,23			3,42
% AC/RFF Lodo	0,25	0,25	0,24	0,24	0,22	0,25	0,26	0,29	0,30	0,24			0,25
TOTAL PERDIDAS	1,68	1,70	1,79	1,86	1,84	2,03	2,07	1,96	1,94	1,97			1,89
% EXTRACCION	21,37	21,38	21,73	22,15	22,01	22,32	22,59	22,59	21,63	23,01			22,10
TEA + PERDIDAS	23,05	23,09	23,52	24,02	23,85	24,35	24,7	24,55	23,57	24,98			23,96
EFICIENCIA	92,70	92,62	92,41	92,2	92,29	91,65	91,60	92,0	91,77	92,12			92,14
RFF PROCESADA	11.544,370	11.423,490	13.742,33	11.627,170	12.643,620	11.810,810	15.582,460	10.567,621	8.418,200	11754,60			119114,67
AC. EXTRAIDO	2.466,898	2.442,793	2.986,393	2.575,600	2.783,181	2.636,282	3.519,768	2.387,142	1.820,564	2704,730			26323,35

Anexo 2. Análisis de laboratorio del compost #1 (desechos semi descompuestos)



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: DORA LUCERO
MUESTRA: COMPOST #1
ANÁLISIS: COMPLETO
REPORTE: 10513
FECHA: 2021 09 01

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	50,00	0,0050
FÓSFORO	369,03	0,0369
AZUFRE	101,25	0,0101
POTASIO	2730,00	0,2730
CALCIO	2698,00	0,2698
MAGNESIO	1262,40	0,1262
ZINC	6,40	0,0006
COBRE	2,19	0,0002
HERRO	117,38	0,0117
MANGANESO	21,58	0,0022
BORO	10,76	0,00108
Materia Orgánica		59,22

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	6,53
CE**	5,51 mS/m

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 3. Análisis de laboratorio del compost #2 (desechos frescos)

LABONORT		
LABORATORIOS NORTE		
Juan Hernández y Jaime Roldán	Ibarra-Ecuador.	Tel. cel. 0996691050

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: DORA LUCERO
MUESTRA: COMPOST #2
ANÁLISIS: COMPLETO
REPORTE: 10514
FECHA: 2021 09 01

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITROGENO*	58,75	0,0059
FÓSFORO	330,88	0,0331
AZUFRE	115,75	0,0116
POTASIO	3295,50	0,3296
CALCIO	2836,00	0,2836
MAGNESIO	1231,20	0,1231
ZINC	4,76	0,0005
COBRE	2,76	0,0003
HERRO	85,58	0,0086
MANGANESO	32,75	0,0033
BORO	5,16	0,00052
Materia Orgánica		61,90

* Nitrógeno amoniacal
ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	7,10
CE**	6,10 mS/m

** Conductividad eléctrica



Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 4. Análisis de laboratorio del raquis de fruta fresca de palma de aceite.

<h1 style="margin: 0;">LABONORT</h1>		
LABORATORIOS NORTE		
Jaime Hernández y Jaime Roldán	Ibarra-Ecuador,	Telf. cel. 0999591050

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: DORA LUCERO
MUESTRA: RAQUIS FRESCO DE PALMA
ANÁLISIS: COMPLETO
REPORTE: 10573
FECHA: 2021 10 22
SITIO: ESMERALDAS- SAN LORENZO

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	18,75	0,0019
FÓSFORO	57,22	0,0057
AZUFRE	78,75	0,0079
POTASIO	1532,70	0,1533
CALCIO	1144,00	0,1144
MAGNESIO	622,80	0,0623
ZINC	3,93	0,0004
COBRE	1,48	0,0001
HIERRO	6,31	0,0006
MANGANESO	12,45	0,0012
BORO	0,66	0,00007
MO**		80,06

* Nitrógeno amoniacal
 MO**= Materia Orgánica (Método Walkley y Black)
 ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	6,88
CE**	1,96 mS/cm

** Conductividad eléctrica



Dr. Quím. Edison M. Miño M.
 RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 5. Análisis de laboratorio de suelos de zona 4 Energy Palma S.A.

**TABLA DE DATOS ANÁLISIS
DE SUELOS**



Finca/Plantación : Energy Palma S.A
Municipio/Departamento : San Lorenzo - Ecuador/Esmeraldas
Fecha de Muestreo : 16-oct-20
Fecha de Registro : 3-nov-20
Informe No. 19756
Fecha de Entrega : 11-dic-20

Identificación	Zona 4
Material de Siembra	OXG TAISHA X AVROS
Año de Siembra	2015

Fósforo	41,47	mg/kg
Azufre	55,33	mg/kg
Calcio	1,86	cmol(+)/kg
Magnesio	1,23	cmol(+)/kg
Potasio	0,93	cmol(+)/kg
Sodio	0,05	cmol(+)/kg
Boro	1,28	mg/kg
Hierro	74,44	mg/kg
Cobre	1,00	mg/kg
Manganeso	23,56	mg/kg
Zinc	1,49	mg/kg
Materia Orgánica	3,97	%
Carbono Orgánico	2,30	%
pH	4,28	
Acidez intercambiable	1,39	cmol(+)/kg
Aluminio intercambiable	1,19	cmol(+)/kg
Capacidad Intercambio Catiónico	10,47	cmol(+)/kg
Conductividad eléctrica	0,77	dS/m

Anexo 6. Fotografías de ensayo de aplicación de raquis de fruta fresca de palma



Anexo 6. Fotografías de producto descompuesto (compost de residuos de la extracción de aceite de palma)

