

**PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE
EXTRACCIÓN DE LA PALMA DE ACEITE AFRICANA (ELAEIS GUINEENSIS
JACQ) DE LA FINCA LOS JOLONES, BECERRIL, CESAR**

AUTORES

YULIANA FERNANDA AVENDAÑO AVILA

JORGE ROBERTO CARCAMO ARIAS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR, CESAR

2022

**PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE
EXTRACCIÓN DE LA PALMA DE ACEITE AFRICANA (ELAEIS GUINEENSIS
JACQ) DE LA FINCA LOS JOLONES, BECERRIL, CESAR**

AUTORES

YULIANA FERNANDA AVENDAÑO AVILA

JORGE ROBERTO CARCAMO ARIAS

DIRECTOR:

HECTOR SEGURA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

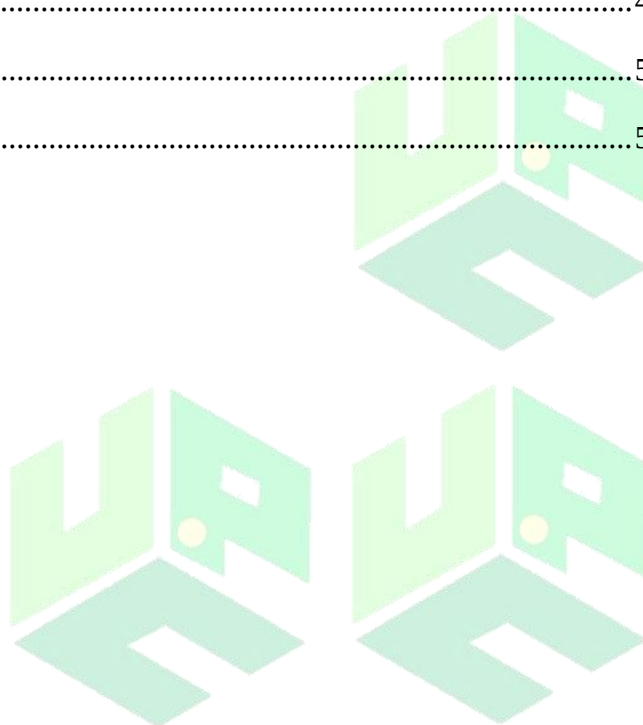
VALLEDUPAR, CESAR

2022

Tabla de Contenido

	Pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. MARCO REFERENCIAL.....	12
4.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	12
4.2. MARCO TEÓRICO.....	15
4.2.1. Compostaje	15
4.2.2. Etapas del compostaje de RV y FF	16
4.2.3. Factores que influyen en el proceso de compostaje.....	19
4.3. MARCO CONCEPTUAL	21
4.4. MARCO CONTEXTUAL	22
4.4.1. Área de estudio	24
1.1. MARCO LEGAL.....	25
5. MARCO METODOLÓGICO.....	29
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	29
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
5.4. POBLACIÓN.....	29

5.5.	MUESTRA	29
5.6.	DESARROLLO METODOLOGICO	29
5.6.1.	Fase 1. Obtener abono orgánico en diferentes proporciones de remplazo de los subproductos de extracción de palma de aceite africana.	29
5.6.2.	Fase 2. Caracterizar el abono orgánico obtenido mediante los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph y humedad	31
5.6.3.	Fase 3. Formular un modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido.	32
6.	RESULTADOS ESPERADOS.....	33
6.2.	Fase 1. Obtener abono orgánico en diferentes proporciones de remplazo de los subproductos de extracción de palma de aceite africana	33
6.2.	Fase 2. Caracterizar el abono orgánico obtenido mediante los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph y humedad.....	36
6.3.	Fase 3. Formular un modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido.	45
7.	CONCLUSIONES	49
8.	RECOMENDACIONES.....	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

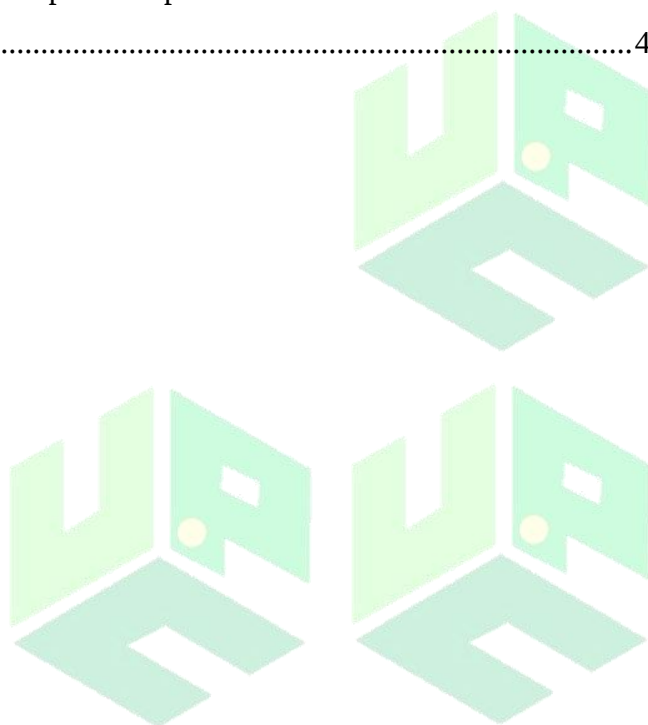


LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de compostaje de subproductos de palma de aceite.....	18
Figura 2. División política departamento del Cesar.....	23
Figura 3. Ubicación de Becerril, Cesar.	24
Figura 6. Preparación de las composteras.....	35
Figura 7. Proceso de mezcla de los insumos.....	35
Figura 9. Humedal del compost.....	37

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normatividad aplicable al proyecto.....	25
Tabla 2. Cantidad de insumo para la elaboración de compost.....	30
Tabla 3. Resultado de los parámetros del compost uno producido.....	42
Tabla 4. Resultado de los parámetros del compost dos producido.	43
Tabla 5. Resultado de los parámetros del compost tres producido.....	44
Tabla 6. Modelo de negocio.....	47



RESUMEN

Los residuos de palma de aceite hoy en día tienen grandes usos convirtiéndose en un producto valorado, uno de estos es la elaboración de compost a partir de los mismos. El objetivo de este estudio fue Producir abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq) de la finca los jolones, Becerril, Cesar. La metodología fue explicativa y experimental, el desarrollo metodológico, tuvo un primer momento en donde se recogieron los insumos, y se prepararon; la segunda fase fue la elaboración de composteras, mezcla de los insumos para el compost y seguimiento del pH, humedal y temperatura, y a los 30 días se midieron la concentración de los tres abonos bajo los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph, humedad y relación C/N. los resultados muestran que los abonos tuvieron un pH neutro, una temperatura promedio de 33 – 35 °C. Todos los abonos cumplen con la concentración de Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph, humedad y relación C/N; asimismo, se creó el modelo de negocios que permite la comercialización del producto.

Palabras clave. Compost; Residuos sólidos, Palma de aceite.



ABSTRACT

Oil palm residues today have great uses, becoming a valued product, one of these is the elaboration of compost from them. The objective of this study was to produce organic fertilizer from the extraction by-products of African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) from Los Jolones, Becerril, Cesar. The methodology was explanatory and experimental, the methodological development had a first moment where the inputs were collected and prepared; The second phase was the elaboration of compost bins, mixture of the inputs for the compost and monitoring of the pH, wetland and temperature, and after 30 days the concentration of the three fertilizers was measured under the parameters Nitrogen, Phosphorus, potassium, temperature, Ph, humidity and C/N ratio. the results show that the fertilizers had a neutral pH, an average temperature of 33 – 35 °C. All fertilizers comply with the concentration of Nitrogen, Phosphorus, potassium, temperature, Ph, humidity and C/N ratio; Likewise, the business model that allows the product to be commercialized was created.

Keywords. Compost; Solid waste, Palm oil.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia es el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primer productor en América (datos actualizados al primer semestre del año 2016), y participa con 1.4% del volumen mundial. Esta actividad aporta el 6% del Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario y genera cerca de 110.000 empleos directos y una cifra similar de indirectos, según el gremio de los cultivadores de palma. Así mismo el departamento de Cesar genera anualmente alrededor de 209.759,99 Ton de subproductos de palma de aceite en 16 Municipios lo cual equivale a 86.515 hectáreas sembradas. (Quintero y Torres, 2019).

Por otra parte, los racimos de fruto fresco (RFF) son procesados en una planta en donde se esterilizan y se disfrutan para extraer el aceite, este proceso deja como principales subproductos los racimos vacíos (RV), la fibra de fruto (FF) y los efluentes, en cifras por cada 100 kg de RFF se dejan 20 kg de RV y 14 kg de FF (García et ál., 2010).

De acuerdo con Galindo y Romero (2012) la acumulación de RV en centros de acopio es una opción que puede tener consecuencias ambientales negativas, porque son puntos de anidación de plagas y animales peligrosos, como serpientes, ratas y moscas. Asimismo, se generan lixiviados que llegan finalmente a las fuentes de agua y al subsuelo, provocando problemas de contaminación. Al respecto, las entidades reguladoras de los asuntos ambientales del orden local en Colombia, las corporaciones regionales, sancionan la producción de lixiviados tanto en centros de acopio como en otras zonas donde se acumulan RV.

Este tema de investigación se desarrolla en el municipio de Becerril del departamental del Cesar en el cual hay una finca de aproximadamente 30 hectáreas ubicada en la cabecera municipal, este predio se caracteriza por su siembra de palma de aceite que ocupa 15 hectáreas; desde el punto de vista ambiental, la finca no tiene unas directrices claras que permitan hacer una preservación y conservación del medio ambiente, a través de una visita se encontró que los subproductos de la palma de aceite son arrojados al suelo sin darle ningún aprovechamiento a los mismos. Se calcula, de acuerdo con el administrador de la finca, que cada dos meses se generan dos toneladas de subproductos.

Esta situación anteriormente mencionada, deja en evidencia la necesidad de tener que pensar en alternativas de aprovechamiento para estos residuos logrando de esta manera impactar positivamente el medio ambiente, por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible producir un abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de palma de aceite africana (*elaeis guineensis jacq*) de la finca los jolones, Becerril, Cesar?



2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la inadecuada disposición y/o aprovechamiento de los residuos generados por los procesos productivos realizados para obtener el aceite de palma, lo cual contribuye a la contaminación de los diferentes componentes del medio ambiente, es decir, agua, suelo y aire se ha generado la necesidad de realizar este proceso investigativo que permita obtener resultados sobre la posibilidad de utilizar estos para la producción de compost como una alternativa ambiental sustentable.

De acuerdo con Arias (2012) la utilización de los subproductos de la palma de aceite crea una ventaja en el aspecto económico pues consigue beneficios monetarios que repercuten en ahorro de dinero al momento de sostener activamente la planta de beneficio, reduce la compra y el uso de fertilizantes químicos, debido a los altos costos de estos insumos y al peso que estos representan en el proceso productivo. Además, mejora la imagen de la finca o empresa en donde se realizan esos cultivos cumpliendo con las directrices de responsabilidad social y ambiental, evitando sanciones por parte de las autoridades ambientales.

Así mismo, genera impacto a la comunidad académica como fuente bibliográfica y aporte como proyecto de divulgación y prensa del aprovechamiento de los residuos agroindustriales los cuales comprenden una alternativa viable mediante procesos de transformación en el departamento del Cesar.

Asimismo, la realización de este estudio permite cumplir con el principio 5 de la RSPO (Roundtable Sustainable Palm Oil) que establece en sus criterios 1, 2, 3, 4 y 6 que el reciclaje, la mitigación de impactos ambientales negativos y la eficacia energética son los ejes principales de desarrollo de una palmicultura ambiental y económicamente sostenible; dentro de este contexto, el compostaje se constituye una alternativa que puede ser considerada por los palmicultores o por las empresas productoras del mismo para solucionar el problema de utilización de subproductos y retorno de nutrientes al agroecosistema de la palma de aceite.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Producir abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq) de la finca los jolones, Becerril, Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener abono orgánico en diferentes proporciones de remplazo de los subproductos de extracción de palma de aceite africana.
- Caracterizar el abono orgánico obtenido mediante los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph, humedad y relación C/N.
- Formular un modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Amézquita (2019) realizó un estudio titulado “nivel óptimo de bioecol probac para la descomposición del escobajo de palma aceitera (*elaeis guineensis jacq*) y nivel nutricional del compost en Ucayali, Perú” para optar por el título de ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Ucayali, con la finalidad fue de evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis de Bioecol probac durante 6 meses sobre la descomposición del escobajo de palma aceitera: entero y picado, así como determinar el nivel nutricional del compost a base del escobajo al término del trabajo. En cuanto a la metodología, la primera etapa consistió en construcción de 24 camas en forma de rectángulos con listones, tablones y clavos, cada cama tuvo 2 m de largo por 1 m de ancho y 50 cm de altura, con una capacidad total de 1 m³, con la finalidad de poner dentro de ellas los 100 Kg correspondientes de escobajo para su descomposición; en una segunda etapa se colocaron los escobajos en las camas, en 12 camas se colocaron escobajos picados y en las restantes escobajos enteros, y además se añadió el producto bioecol probac en cada tratamiento durante un mes (una vez por semana), se volteaba de camas dos veces por semana, asimismo, las camas se regaban durante cinco minutos. Asimismo, se llevó registro de la humedad y temperatura. En cuanto al diseño experimental, el compost fue evaluado estadísticamente bajo el diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones teniendo un total de 24 unidades experimentales. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 95% de significancia para cada variable en estudio.

Los resultados concluyen que, respecto al peso del compost producido, la mejor combinación les correspondió a T7 y T8 (Escobajo Picado) con dosis de 40 y 60 cc de Bioecol. En cambio, los valores nutricionales para NPK del compost producido fueron similares para los tratamientos en base de escobajo entero y picado no se encontraron diferencias. Finalmente, no se encontró diferencias significativas en el producto final a base de escobajo entero y picado para materia orgánica, pH, humedad y temperatura del compost producido. Siendo así este estudio se toma como referencia porque permite hacer una discusión respecto al racimo picado y entero en donde no se encontraron significancias, pero, además, presenta el diseño de las camas las cuales pueden servir como guía para el desarrollo de las camas de este estudio.

Este estudio se toma como referencia porque el mismo brinda una información clara respecto al preparamiento que se le debe realizar a los subproductos con los cuales se elabora el compost especialmente para el caso de los racimos, lo cual se tendrá en cuenta en la elaboración del compostaje de este proceso investigativo.

Siguiendo el orden de ideas, Rosales (2018) realizó una investigación titulada “Impacto del picado de racimos en vacíos de palma aceitera sobre el tiempo y calidad de compostaje; naturaceites S.A.S” para optar por el título de ingeniero agrónomo de la Universidad Rafael Landívar. Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar dos tipos de manejo de racimos vacíos de palma aceitera, para la producción de compostaje. Esta investigación se llevó acabo en acabo en varias fases, la primera fase consistió en la preparación de los racimos, luego en una segunda fase se llevó acabo la preparación de las camas para los dos tratamientos evaluados en donde se le realizó un seguimiento diario a la temperatura, humedad y número de volteos de camas; semanalmente y durante doce semanas se tomaron muestras para conocer la concentración de los parámetros C, N, P, K, Mg, Ca; una tercera fases consistió en la determinación de las diferencias estadísticas para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar, conformado por 2 tratamientos y 12 muestreos realizando uno semanalmente. En cuanto a los resultados, el compostaje de racimo picado tuvo una mayor concentración con 2,8% con respecto al nitrógeno, el fosforo tuvo un valor de 2,6% para el parámetro fosforo, el potasio de 2,6%, el calcio tuvo una concentración de 1,3%, el magnesio una concentración de 0,6% y la relación de C/N fue mayor para el compostaje con racimo picado, de manera que el análisis estadístico determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, identificando que el uso de racimos vacíos picados para la producción de compostaje influyó en la concentración de los elementos estudiados, reportándose mayor porcentaje en dicho compostaje en comparación al uso de racimos vacíos enteros.

Además, Ochoa (2017) realizó una investigación titulada “Producción de humus de lombriz de tierra (*Eisenia foétida savigny*), a partir de escobajo de palma aceitera (*Elaeis guineensis jacq.*) y gallinaza, en sector Neshuya Curimaná, provincia de Padre Abad” el cual tuvo como finalidad producir compost y humus de lombriz de tierra, a partir de la mezcla de gallinaza y escobajo de palma aceitera en diferentes proporciones. Se evaluó la temperatura durante cada proceso (compostaje y humus de lombriz), así como las principales características

del producto de cuatro proporciones de mezcla de escobajo y gallinaza (Ti: 50/50, T2: 60/40, T3: 70/30 y T4: 100/0). Las proporciones utilizadas fueron distribuidas en un peso base inicial de 100 kg de mezcla (escobajo/gallinaza), las cuales fueron compostadas en primer lugar y posteriormente fueron empleadas como alimento para las lombrices. Se empleó el Diseño Completamente al azar para el análisis de producción de humus de lombriz y un análisis de correlación simple entre la proporción de escobajo/gallinaza y la riqueza nutricional de cada producto obtenido (Compost y humus de lombriz). Los resultados obtenidos indican que la mayor producción de compost lo obtuvo el T2 (60/40), T3 (70/30) y el T4 (100/0) con 92.3 kg, 90.7 kg y 94 kg respectivamente, luego tras el proceso de vermicompostaje (humus de lombriz), la mayor producción de humus lo obtuvieron el T2, T3 y el Ti con 75.3 kg, 73.7 kg y 66.3 kg respectivamente. En el caso del contenido nutricional se observó cierta correlación negativa entre la cantidad de escobajo en la mezcla y el contenido de N, P, Ca y Mg, mientras que para el contenido de materia orgánica y carbono orgánico se obtuvo una correlación positiva. Por otro lado, los resultados en el humus de lombriz indican pérdida de algunos nutrientes lo que ocasiona que el contenido nutricional del producto final sea muy pobre. Según los resultados obtenidos concluimos que; la mayor producción de compost lo tienen los tratamientos que presentan mayor proporción de escobajo de palma, esto debido a que este material tiene un alto contenido de carbono, mientras que, en el caso del humus de lombriz, los tratamientos con mayor producción fueron aquellos en los que estuvo presente la gallinaza, esto debido a que las lombrices no pueden asimilar insumos con alto contenido de celulosa y lignina.

Este estudio se toma como referencia porque demuestra la importancia de la utilización de subproductos derivados de la palma de aceite y sus beneficios frente a otros como la gallinaza, de manera que permiten centrar una discusión objetiva con los resultados que se presentan o resulten de este proceso investigativo.

Asimismo, Tolagasi (2013) realizó una investigación titulada “Producción de abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de aceite de palma africana y su aplicación en cultivo de papa a escala de laboratorio” para optar por el título de ingeniero agroindustrial de la Escuela Politécnica Nacional. En cuanto a la metodología, se realizaron las composteras y se trituraron los subproductos de raqui manualmente hasta alcanzar un tamaño de 12 mm y mezclaron los desechos de la producción de aceite de palma africana: raquis, ceniza y fibra en

porcentajes de 57%, 29% y 14% respectivamente y un agente de degradación en cada compostera: Trichoeb y Nemateb. Durante el proceso de maduración se controlaron los parámetros variables de aireación mediante volteos frecuentes y humedad mediante el control de la prueba empírica del puño. Además, con el fin de controlar los parámetros de respuesta: temperatura, pH, análisis bromatológico completo (pH, relación carbono/nitrógeno [C/N], conductividad eléctrica [C.E.], nitrógeno total [N total], fósforo [P], potasio [K], calcio [Ca], manganeso [Mn], materia orgánica [M.O.], humedad [H], boro [B], zinc [Zn], cobre [Cu], hierro [Fe] y manganeso [Mg]). El compost en estudio presenta un porcentaje de materia orgánica (M.O.) de 31.7%, la relación carbono/nitrógeno (C/N) presentaron valores de 29.4 para Trichoeb y 30.3 para Nemateb. En cuanto al compost obtenido en apariencia física presenta apariencia suelta, color negro, olor a tierra fresca y granulometría con un promedio de 8 mm, lo que indica que cumple con las características físicas ideales. En cuanto a las características químicas cumple con los valores adecuados en cuanto a macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio, pero no cumple con los valores correspondientes a micronutrientes.

El estudio en mención se toma como referencia porque permite ver el comportamiento del compost en función de dos microorganismos diferentes, siendo este una variable

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Compostaje

El compostaje es un proceso de biodegradación de una mezcla compleja de sustratos llevada a cabo por comunidades microbianas en condiciones aeróbicas en estado sólido. La transformación de la materia orgánica, mediante el compostaje, da como producto final el compost. Por medio de este procedimiento se puede estabilizar materia orgánica fresca y lograr un manejo de residuos y subproductos que involucren biomasa (Isam y Bertoldi, 2007). Para que un producto sea considerado compost, debe ser un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura (Icontec, 2004, en Barreto, 2008). Para el caso de la agroindustria, el objetivo principal del compostaje debería ser el reciclaje de material residual dentro del proceso productivo en forma de fertilizante o como mejorador de suelo (Flotats y Solé, 2008).

4.2.2. Etapas del compostaje de RV y FF

Etapas inicial: El compostaje se inicia sobre material orgánico acumulado gracias a la acción de las comunidades de microorganismos que se encuentren sobre ella o aplicados a través de efluentes u otros aditivos. La actividad microbiana inicial comienza sobre los sustratos de mayor facilidad de degradación, llamada tradicionalmente mesofílica. En los procesos de compostaje de residuos de palma, específicamente de RV, esta etapa puede agilizarse si éstos son previamente tratados de forma mecánica con equipos que pican y/o prensan este material.

De esta manera aumenta la superficie sobre la cual pueden actuar las enzimas degradadoras producidas por microorganismos respecto al volumen total. Además, es importante disminuir la cantidad de aceite impregnado en el material ya que los microorganismos actúan más fáciles en fase acuosa. Esto se logra prensando y Cenipalma desmenuzando el material antes de ser llevado al área de compostaje. Al respecto, se ha observado que al utilizar una prensa de RV después del desfrutador, en el proceso de extracción de aceite, se logra reducir el tiempo de compostaje de tres a cuatro meses a 40–45 días (Laiton, 2010). Aunque se puede usar una picadora de este material prensado, Laiton (2010) reporta valores de extracción de aceite y estimaciones de costos favorables únicamente con el uso de la prensa, así como manifiesta que el picado no es necesario. Sin embargo, diferentes productores dicen que, con el picado, sin prensa, inician sus procesos de compostaje (Garzón et ál., 2008; Gómez, com. pers. 2011; Leal com. pers. 2011; Pinzón com. pers. 2011).

Etapas termófila: Una vez los microorganismos inician el proceso de degradación, la alta actividad metabólica hace que la temperatura suba, provocando una aceleración del metabolismo. En consecuencia, se alcanzan los 70°C, temperatura por encima de la cual el proceso llega a la fase termófila. Durante los primeros 15 días después de conformadas las pilas con RV y FF se alcanzan alrededor de los 70°C, disminuyendo cada vez más a lo largo del proceso (Isam y Bertoldi, 2007). Por encima de los 60°C la mayoría de los microorganismos mueren y sólo persisten algunas bacterias que no pueden causar mayores incrementos de temperatura y, por lo tanto, comienza la fase de enfriamiento, o segunda fase mesofílica. Nuevamente se inicia un ciclo de aumento y disminución de la temperatura, siempre y cuando se suministre oxígeno suficiente a través de la aireación al material. En la palma de aceite, entre

uno y dos volteos semanales parecen ser suficientes y económicamente viables para procesos que duren entre 6 y 10 semanas (Schuchardt et ál., 2002).

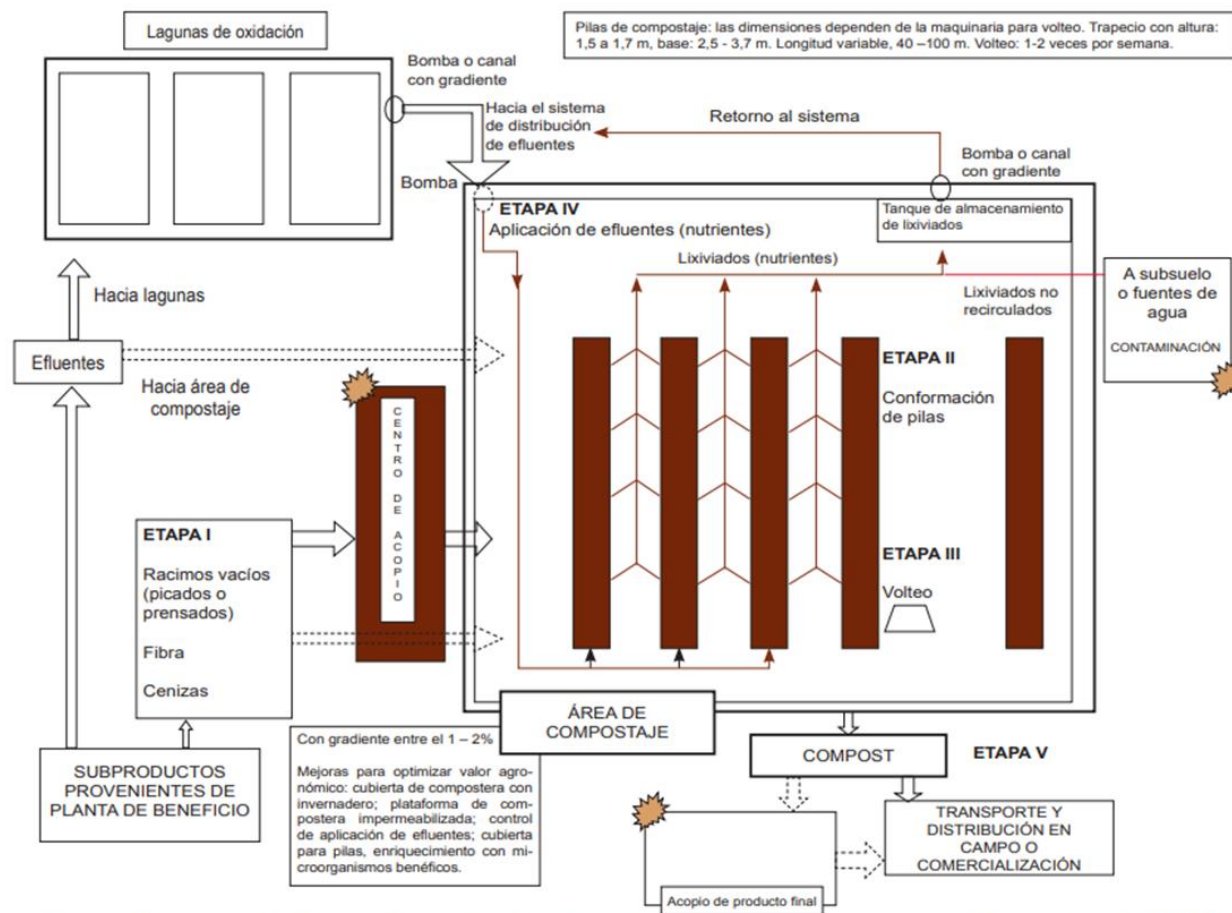
Fase de maduración: La sucesión de ciclos de enfriamiento y calentamiento se detiene una vez los sustratos contienen limitadas cantidades de carbono y nitrógeno, con una relación C/N por debajo de 20, momento en el cual se alcanza la fase de maduración (Heerden et ál., 2002 cit. en Baharuddin et ál., 2009). Shuchardt et ál. (2002) encontraron que al adicionar el equivalente a 2 kg N*t-1 RV (peso fresco), es decir, 6 kg N*t-1 RV (peso seco), en forma de urea, la maduración se alcanzó en la semana 4; sin la adición de urea la maduración se logró después de la semana 10. Los autores exponen que si se adicionan efluentes a las pilas a razón de 4.000 L * t-1 RV se obtiene un valor aproximado de nitrógeno equivalente a 2–3,2 kg*t RV. En contraste, Baharuddin et ál. (2009) observaron que el producto adquiriría valores de C/N menores a 20 a la semana 6 sin el uso de fuentes de nitrógeno adicionales a los efluentes (aplicaciones de efluentes:RV de 3:1).

En la práctica, para determinar si el producto ha alcanzado su estado de madurez, se mide la temperatura de las pilas buscando el momento en el que la temperatura se estabiliza. Cuando este parámetro está alrededor de los 30°C se considera que el producto está en punto de maduración. Este procedimiento se puede optimizar haciendo un análisis para determinar la relación C/N y midiendo las tasas de respiración correlacionando los

En la Figura 1 se presenta un resumen del proceso de compostaje y las características predominantes para los subproductos de palma de aceite. El procedimiento, en general, comprende las siguientes etapas (Schuchardt et ál., 2002):

1. Prensado o picado de RV.
2. Conformación de pilas de tamaño adecuado para facilitar su volteo y paso de maquinaria.
3. Volteo periódico de pilas.
4. Humedecimiento periódico de pilas, preferiblemente con los efluentes provenientes de la planta de beneficio.
5. Finalización de proceso, acopio y transporte a destino final.

Figura 1. Proceso de compostaje de subproductos de palma de aceite.



Fuente: Schuchardt, 2002.

4.2.3. Factores que influyen en el proceso de compostaje

Las variables más importantes que afectan el proceso de compostaje se clasifican en dos tipos: de seguimiento los cuales han de ser medidos, monitoreados y adecuados durante todo el proceso en caso de ser necesario según lo considerado para cada fase, se encuentran: temperatura, pH, aireación, humedad. Por otro lado, están los relativos a la naturaleza del sustrato los cuales son medidos y adecuados a los valores correctos al inicio del proceso, se encuentran: tamaño de partículas, relación carbono - nitrógeno, nutrientes y materia orgánica. Todos estos valores son influenciados por las condiciones ambientales, el residuo a tratar y el sistema de compostaje elegido (Moreno Casco & Moral Herrero, 2008). A continuación, se explican algunos de los factores mencionados previamente.

Temperatura: es una de los factores de mayor importancia, influye en la mineralización y crecimiento de poblaciones microbianas y éstas a su vez de las relaciones térmicas de descomposición de la materia orgánica. Los rangos óptimos están entre los 50 y 60° C. Es vital el control de la misma, debido a que las altas temperaturas pueden eliminar patógenos; pero también pueden terminar con la flora benéfica que impide a los microorganismos nutrirse de manera adecuada.

Potencial de Hidrógeno (pH): indica la evolución del proceso de descomposición del compostaje. Valores ácidos de pH manifiestan ausencia de madurez como consecuencia de procesos anaerobios. A través del seguimiento del pH se evidencia indirectamente el control de oxígeno en la pila de compostaje. El pH puede descender a 5 debido a la transformación de ácidos orgánicos, el valor óptimo en la fase de maduración oscila entre 7 y 8 debido a las propiedades naturales de la materia orgánica.

Disponibilidad de oxígeno o aireación: es necesario asegurar la presencia de oxígeno, para la evolución del proceso de descomposición aerobio; una ausencia del mismo provocaría actividad anaerobia generando malos olores y un exceso del mismo generando enfriamiento de la masa reduciendo así la actividad metabólica de los microorganismos. Se considera relevante la adición de un material de soporte como: triturado de poda, madera y/o viruta para proporcionar una estructura y porosidad al residuo a compostar (Sepúlveda Villada & Alvarado Torres, 2013).

Humedad: es tomada como la presencia de agua y es imprescindible para la actividad metabólica de los microorganismos, al ser el medio de transporte de sustancias como alimento. Este factor limita el proceso de compostaje ya que al descender al 40% la actividad microbiana, es más lenta, mientras que si excede el 65% se dificulta la circulación de aire. La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50 y el 70 %. Debe existir un equilibrio entre la cantidad de agua y oxígeno existente en el proceso de compostaje, para que se genere condiciones de tipo aerobio (Orozco P & Osorio V, 1998).

Nutrientes: son elementos que componen el sustrato fundamentales para el desarrollo de la actividad microbiana, allí se encuentran los macronutrientes destacándose el carbono (C) usado en la síntesis celular y debe estar en mayor cantidad, nitrógeno (N) es esencial en la reproducción celular y se relaciona directamente con la calidad de compost, Fósforo (P) cuyo papel es la formación de compuestos celulares ricos en energía necesarios para el metabolismo de los microorganismos; éste debe estar presente en cantidades mínimas para que el proceso se lleve a cabo correctamente (Moreno Casco & Moral Herrero, 2008).

Relación Carbono – Nitrógeno (C/ N): Es una de las características más importantes de la materia orgánica, factor que influye en la velocidad del proceso. Esta relación varía en función del material a compostar inicialmente, es importante realizar mezcla del material para alcanzar un rango ideal de 30:1 (Román, Matínez, & Pantoja, 2013). Se encuentran varios componentes críticos para lograr la optimización de la relación C/N, uno de estos es la humedad ya que la presencia de agua es imprescindible para las necesidades de los microorganismos que intervienen en el proceso. Dicho factor es usado como índice de estabilidad o de madurez del compost; por lo general un compost maduro tiene valores de 25 o próximos a los 15 (Defrieri, Jiménez, & Palma, 2005).

Tamaño de partículas: Es una característica fundamental en el proceso del compostaje ya que a mayor superficie expuesta mayor velocidad de degradación. La reducción del tamaño de las partículas de los materiales orgánicos se puede realizar de dos formas, la primera de estas mecánicamente la cual consiste en realizar una trituración y separación de materiales inertes y la segunda proceso biológico, en el cual los desechos se depositan en un reactor biológico de uno a tres días. Gracias a este sistema la materia orgánica se reduce a un tamaño conveniente

y además se inicia un proceso conjunto con los microorganismos permitiendo que este sea homogéneo.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Anóxico: Una condición anóxica es definida como la ausencia de oxígeno y la presencia de nitrato como aceptor de electrones. En un selector anóxico las bacterias formadoras de flóculos predominan sobre las bacterias filamentosas dado que pueden tomar substrato orgánico usando nitrato como aceptor de electrones (Lara Borrero, Torres, & Baquero, 2015).

Aeróbico: proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico (Vera, 2008).

Cajas composteras: Recipiente destinado para generar proceso de descomposición de materiales orgánicos. (Vera, 2008).

Capacidad de campo: La máxima cantidad de agua que un suelo puede retener contra el drenaje por medio de la gravedad”, y se presenta de 2 a 5 días después de un riego pesado o una fuerte lluvia según la textura del suelo, correspondiendo mayor retraso a los suelos pesados o arcillosos. (Silva, Silva, Garrido y Acevedo, 2015).

Humus: materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó. Por tanto, el término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo. El producto de la lombriz suele llamarse equivocadamente humus, cuando en realidad debe llamarse vermicompuesto. (Vera, 2008).

Plantaciones forestales: son cultivos con especies forestales que generan ecosistemas forestales constituidos a partir de la intervención humana, mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas (SERFOR, 2015).

Macronutrientes: También pueden ser llamados nutrientes proveedores de energía. La energía se mide en calorías y es esencial para el crecimiento, reparación y desarrollo de nuevos tejidos, conducción de impulsos nerviosos y regulación de procesos (FAO, 2015)

Micronutrientes: Elementos indispensables para que las plantas puedan completar su ciclo de vital, aunque las cantidades necesarias sean muy pequeñas; suelen también llamarse oligoelementos (Thompson & Troeh, 2002).

Microorganismos: organismos vivos que pueden ser observados a simple vista (arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos...). También se denomina mesofauna. (Vera, 2008).

Materia orgánica: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo. (Vera, 2008).

Microorganismos: organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actinobacterias, protozoos como nematodos etc.). (Vera, 2008).

Microorganismos mesófilos: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C. (Vera, 2008).

Microorganismos: organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actinobacterias, protozoos como nematodos etc.). (Vera, 2008).

Microorganismos mesófilos: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C. (Vera, 2008).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

El Departamento del Cesar, es uno de los treinta y dos departamentos que, junto con Bogotá, Distrito Capital, componen el territorio de la República de Colombia. Se localiza en el norte del país, en la llanura del Caribe, siendo el límite por el Este de la Región Caribe. Cuenta con una superficie 22.905 Km², lo que representa el 2.01 % del territorio nacional. Su capital es la ciudad de Valledupar y está dividido política y administrativamente en 25 municipios (Ver figura 1).

Figura 2. División política departamento del Cesar



Fuente: Gobernación del Cesa

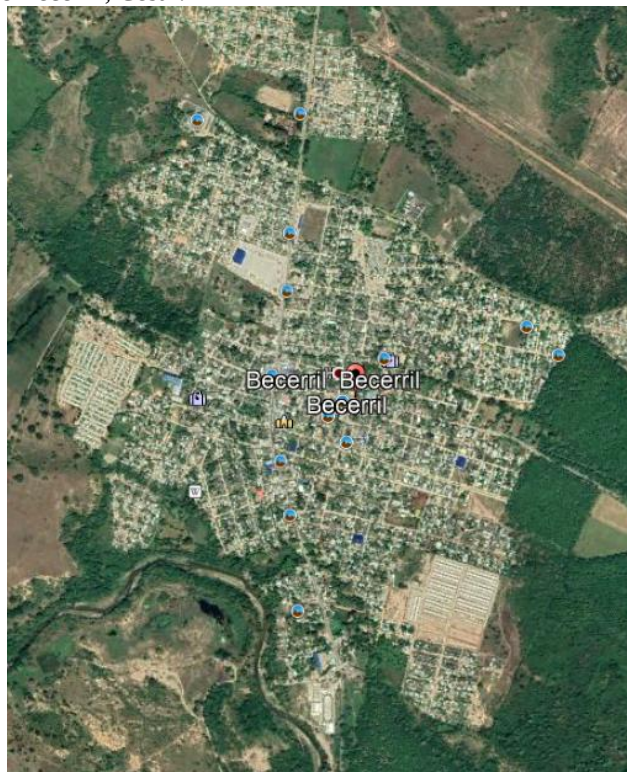
El Cesar limita por el Norte con los departamentos de Magdalena y La Guajira, por el Este con la República de Venezuela y el departamento de Norte de Santander, por el Sur con los departamentos de Norte de Santander y Santander, y por el Oeste con los departamentos de Bolívar y Magdalena.

La hidrografía del departamento se ve representada por Ríos y corrientes menores riegan el territorio departamental del Cesar en diferentes direcciones; entre los principales se pueden mencionar el Magdalena, Cesar, Lebrija, Ariguaní, Badillo, Donachuí, Guatapurí, Manaure, María Angola, Magiriaimo y Cáchira del Espíritu Santo. Entre las numerosas ciénagas situadas en su jurisdicción se destaca la de Zapatosa, formada por el río Cesar, y otras

como las de Cascajo, Combú, Chimichagua, Doña María, Guamalito, Mata de Palma, Morales, Panchuiche, Pital Sahaya, Saloa y Santo Domingo.

4.4.1. Área de estudio

Figura 3. Ubicación de Becerril, Cesar.



Fuente: Tomada y adaptada de Google maps.

Geografía: Se encuentra localizado en la zona Noreste del Departamento del Cesar y sus coordenadas extremas son: Latitud Norte, entre 9°-53'-23'' y 9°-38'-38''; Latitud Este - Oeste, 72°56'-08'' y 73°38'34'', según Meridiano de Greenwich.

Habitantes: Tiene una población de 15 584 habitantes.

Economía del municipio: Es principalmente minera con la explotación de carbón de hulla, seguida de la agropecuaria basada en el cultivo de la palma africana, yuca, ñame, plátano, malanga; y en las estribaciones de la serranía de Perijá, café, frijol y aguacate son las actividades productivas desarrolladas por campesinos minifundistas cuyos productos sirven de base alimentaria de la misma comunidad y el excedente para comerciar con las poblaciones vecinas y la capital. La actividad ganadera también es relevante en Becerril, donde se cría ganado bovino en las haciendas ganaderas para surtir los centros urbanos del país; y en las

pequeñas propiedades para consumo interno. También se cría ganado ovino, caprino y porcino en menor escala. Limita con los municipios de Agustín Codazzi, La Jagua de Ibírico y la frontera con Venezuela por la Serranía del Perijá, llamada también la Serranía de los Motilones. Al norte, con el municipio de Agustín Codazzi; al sur, con el municipio de la Jagua de Ibírico; por el este con Venezuela y por el oeste con los municipios de Agustín Codazzi y El Paso

1.1.MARCO LEGAL

A continuación, se presenta de forma resumida la regulación normativa entorno a la temática de estudio:

Tabla 1. Normatividad aplicable al proyecto.

Normatividad	Artículo	Aplicación
Constitución política de Colombia	En los artículos 1, 3, 4, 8, 13, 23, 25, 44, 48, 79, 80, 86, 88, 332, 334, 365, 366, 367 y 370, se declara y fijan deberes y derechos fundamentales, tareas del Estado, con relación al derecho al trabajo, a la dignidad, a un ambiente sano, a proveer los servicios públicos de agua y saneamiento ambiental, las tareas de regulación de las fuerzas económicas del mercado, a la función social que debe cumplir la empresa, a administrar y proteger los recursos naturales	Se toma como referencia porque el problema de la inadecuada disposición es un tema que afecta de manera directa el medio ambiente

Ley 99 de 1993. Ley Ambiental.	Art. 5. Promover la formulación planes de reconversión industrial ligados a la implantación de tecnologías ambientalmente sanas y a la realización de actividades de descontaminación, de reciclaje y de reutilización de residuos.	Se toma como referencia ya que la obtención de compost se realizará por medio de la reutilización de residuos de palma de aceite, lo cual es coherente con el artículo citado.
Decreto ley 2811 de 1974	Art. 34 (b) La investigación científica y técnica se fomentará para: 4. Perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, depósito, y disposición final de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos no susceptibles de nueva utilización	También conocido como código de recurso naturales se toma en cuenta ya que este estudio cumple con la reutilización de residuos sólidos.
Resolución 187 de 2006. Por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empackado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación,	Artículo 4. Reutilizar los desechos de origen vegetal con el fin de devolver nutrientes a la tierra, y no utilizar recursos no renovables	Esta resolución de toma como referencia porque por medio de la realización de este estudio se cumple con lo estipulado en el artículo 4 de la resolución citada.

comercialización, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos

Política para la Gestión Integral de los Residuos. 1998. Ministerio del Medio Ambiente	Esta política define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Establece el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al Relleno Sanitario. Define las categorías de Residuo Aprovechable y No Aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable.	Se tiene en cuenta debido a que los residuos de palana de aceite se encuentran enmarcado dentro de la gestión de residuos que establece la política. Siendo esto clasificados como residuos aprovechables.
--	---	---

Norma Técnica Colombiana NTC 5167 “Materiales orgánicos utilizados como fertilizantes o acondicionadores de suelos”.	Establece los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad para productos utilizados como fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales y enmiendas orgánicas	Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados
--	---	---

como abonos o fertilizantes
y enmiendas de suelo.”

Reglamenta los límites
actuales para el uso de
materiales orgánicos, los
parámetros físico químicos
de los análisis de las
muestras de materia
orgánica, los límites
máximos de metales y
enuncia parámetros para los
análisis microbiológicos.

Fuente: autores, 2022.



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación de la facultad corresponde a sostenibilidad y gestión ambiental y la sublínea de investigación tratamiento de residuos sólidos y líquidos.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de un tipo de investigación explicativo. La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos (Arias, 2006).

5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es experimental, el cual es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). (Arias, 2006).

5.4. POBLACIÓN

La población de estudio corresponde a todos los subproductos de la palma de aceite que se generan por la obtención del aceite.

5.5. MUESTRA

La muestra estará conformada por 200 kg de raqui, 50 kg de ceniza y 100 kg de fibra que son subproductos de la palma de aceite.

5.6. DESARROLLO METODOLOGICO

A continuación, de manera detallada se presentan las fases y actividades que permitieron darle cumplimiento a cada uno de los objetivos trazados:

5.6.1. Fase 1. Obtener abono orgánico en diferentes proporciones de remplazo de los subproductos de extracción de palma de aceite africana.

Actividad 1.1. Cantidad de insumos para la elaboración de compost

Descripción: teniendo en cuenta la investigación de Tolagasi (2013) a continuación se relaciona la cantidad de insumos que se utilizaron para producir abono orgánico:

Tabla 2. Cantidad de insumo para la elaboración de compost.

Insumo	Cantidad	Unidad
Raqui	200	kg
Ceniza	50	Kg
Fibra	100	Kg
Agua	Hasta la capacidad de campo	L

Fuente: Tolagasi (2013).

Actividad 1.2. Preparación de los subproductos

Descripción: los subproductos utilizados son el raqui, fibra y ceniza. Para el caso del raqui al estar constituido por hebras que lo hacen un elemento duro y fibroso fue triturado hasta obtener fracciones de 12 mm como lo indica Tolagasi (2013).

Actividad 1.3. Proporciones de remplazo de los subproductos

Descripción: A continuación, se presentan las proporciones de remplazo de los subproductos de palma de aceite, por lo cual se elaboraron tres abonos orgánicos.

Abono 1. 100 kg de raqui; 50 kg de fibra; 10 kg de ceniza

Abono 2. 75 kg de raqui; 35 kg de fibra; 7 kg de ceniza

Abono 3. 25 kg de raqui; 15 kg de fibra; 3 kg de ceniza

Nota: en la literatura se encontraron diferentes proporciones de remplazo de estos subproductos, sin embargo, existía un factor en común en donde el raqui se encontraba siempre en mayor proporción, partiendo de ese hecho y teniendo en cuenta que este estudio es de carácter experimental se propusieron las anteriores proporciones o remplazo de subproductos.

Actividad 1.4. Elaboración de composteras

Descripción: las composteras estuvieron construidas de cajas de cartón cubiertas con una lámina plástica para evitar que el contenido se humedezca.

5.6.2. Fase 2. Caracterizar el abono orgánico obtenido mediante los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph y humedad

Actividad 2.1. Aireación

Descripción: se controló o monitoreó mediante el volteo el cual se realizó dos veces a la semana con ayuda de una pala, con la finalidad de homogenizar la descomposición, es decir, el escobajo que se encuentra en la parte superior pasaba a la parte inferior y viceversa.

Actividad 2.2. Determinación de la humedad

Descripción: se controló mediante la prueba empírica “del puño” y se realizó con una frecuencia de dos veces por semana.

Actividad 2.3. Determinación del Ph

Descripción: el monitoreo de este parámetro se realizó cada dos días por medio de cinta medidoras de Ph y phmetro. Las cintas fueron introducidas directamente en el estrato medio de las composteras para realizar la medición.

Actividad 2.4. Medición de la temperatura

Descripción: con ayuda de un termómetro se tomaron muestras dos veces por día, ubicando el termómetro en el estrato medio de las composteras.

Actividad 2.5. Monitoreo del de nitrógeno, fosforo, potasio y la relación C/N

Descripción: se tomaron cinco submuestras de cada compost a los 30 días y las mismas se mezclaron hasta obtener la muestra que fue enviada al laboratorio para analizar los siguientes parámetros: nitrógeno, fosforo, potasio y la relación C/N.

5.6.3. Fase 3. Formular un modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido.

Actividad 3.1. Realización de la matriz CANVAS

Descripción: Para este fin se diseñó un modelo de negocio a partir de la matriz CANVAS la cual se encuentra en el anexo 1 de este documento.



6. RESULTADOS ESPERADOS

6.2. Fase 1. Obtener abono orgánico en diferentes proporciones de remplazo de los subproductos de extracción de palma de aceite africana

Actividad 1.1. Cantidad de insumos para la elaboración de compost

Teniendo en cuenta la metodología planteada se procedió con el pesaje de los insumos para la elaboración del compost, para este fin se hizo el pesaje por medio de una báscula como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 4. Insumos para la elaboración del compost.



Fuente: autores, 2022.

Como se mencionó en la metodología se pesaron los insumos en la cantidad planteada, es decir, 200 kg de Raqui, 50 kg de ceniza, y 100 kg de fibra.

Actividad 1.2. Preparación de los subproductos

La preparación de los subproductos consistió en la trituration del Raqui lo cual se hizo con una trituradora hasta obtener el tamaño mencionado, las evidencias se muestran en las siguientes figuras.

Figura 5. Preparación de los subproductos.



Fuente: autores, 2022

Actividad 1.3. Proporciones de remplazo de los subproductos

A continuación, se presentan las proporciones de remplazo de los subproductos de palma de aceite, por lo cual se elaborarán tres abonos orgánicos.

Abono 1. 100 kg de raqui; 50 kg de fibra; 10 kg de ceniza

Abono 2. 75 kg de raqui; 35 kg de fibra; 7 kg de ceniza

Abono 3. 25 kg de raqui; 15 kg de fibra; 3 kg de ceniza

Como se mencionó en la metodología, las composteras fueron cajas de cartón cubiertas con una bolsa de plástico para evitar el contenido de humedad, asimismo, estuvieron bajo techo con el fin de evitar la presencia de lluvia. Los resultados de este procedimiento se muestran en las siguientes figuras.

Figura 4. Preparación de las composteras.



Fuente: autores, 2022.

En la siguiente figura se muestra el proceso de mezcla del compostaje.

Figura 5. Proceso de mezcla de los insumos.



Fuente: autores, 2022.

6.2. Fase 2. Caracterizar el abono orgánico obtenido mediante los parámetros Nitrógeno, Fosforo, potasio, temperatura, Ph y humedad.

Actividad 2.1. Aireación

El proceso de aireación se efectuó dos veces a la semana usando una pala para ello debido a la cantidad de material o insumos que contenía cada compostera, el volteo se realizaba pasando el escobajo de la parte superior a la inferior y viceversa.

Figura 8. Volteo del compost.



Fuente: autores, 2022.

Actividad 2.2. Determinación de la humedad

Un punto importante en el proceso elaboración del compost fue la medición de la humedad, para lo cual se utilizó la prueba empírica del puño, esta prueba tuvo una frecuencia de dos veces por semana, un ejemplo o evidencia de este paso se muestra en las siguientes figuras.

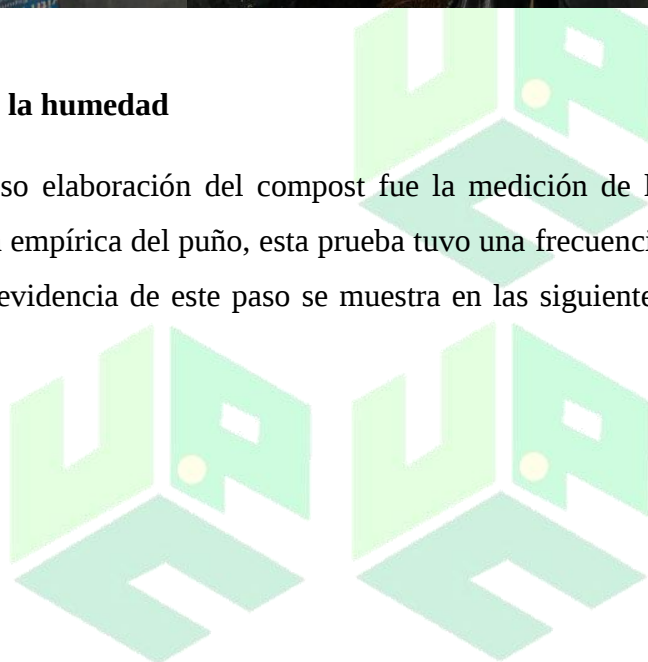


Figura 6. Humedal del compost.



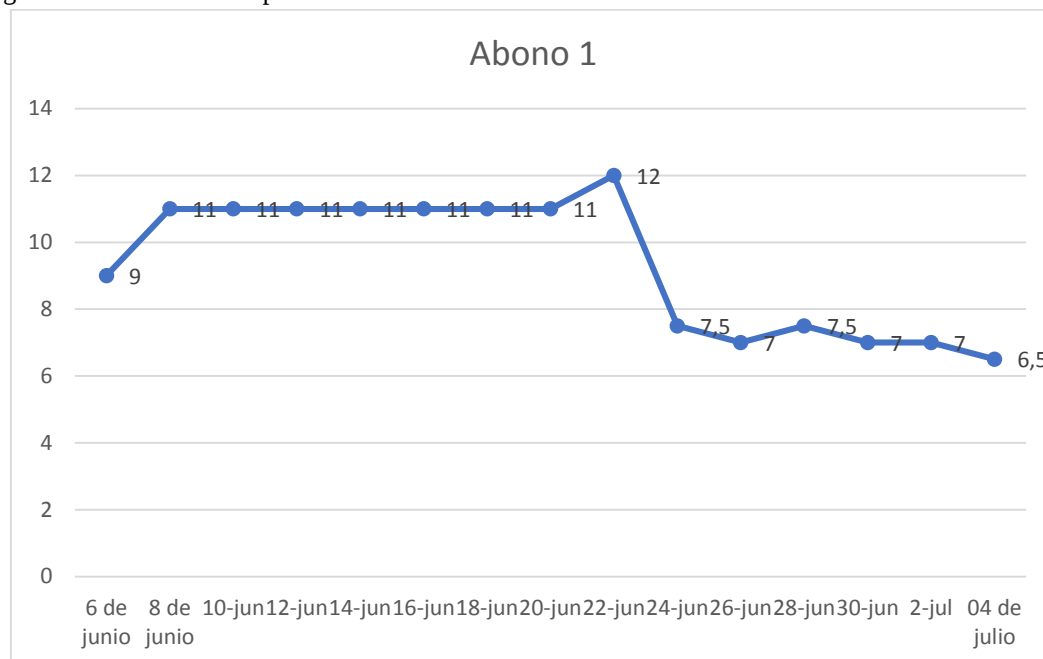
Fuente: autores, 2022.

Actividad 2.3. Determinación del Ph

Descripción: el monitoreo de este parámetro se realizó cada dos días por medio de cinta medidoras de Ph y por medio de un medidor de pH, los resultados por abono se observan en las siguientes figuras.



Figura 10. Evaluación del pH del abono 1.

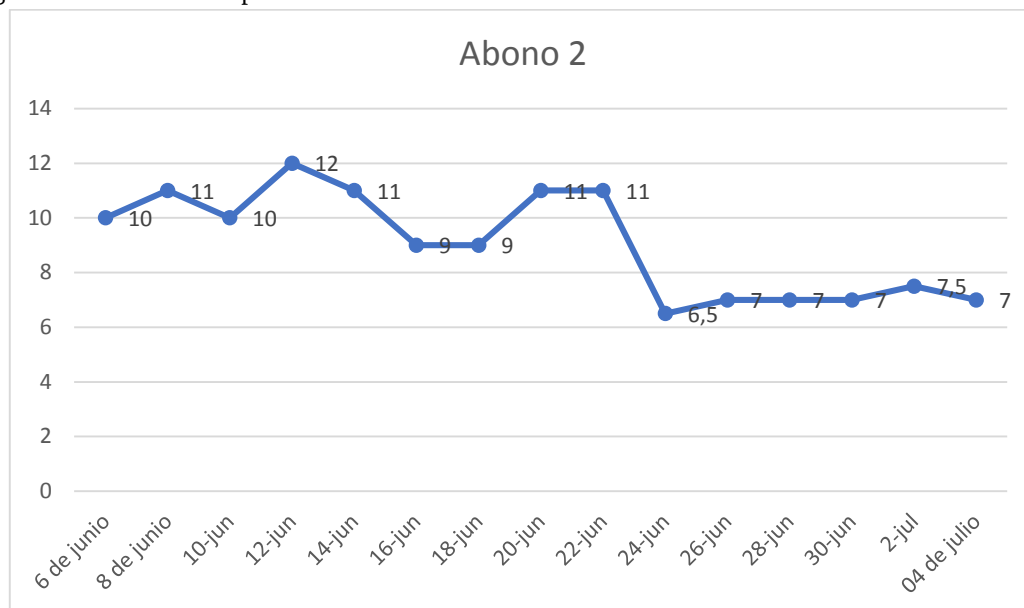


Fuente; autores, 2022.

De acuerdo con la anterior figura, se presentan cambios en el pH que oscilan desde 6,5 hasta 12, con un promedio de 9,5. Referente a estos resultados, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, elaborada por el Icontec (Instituto Colombiano de Normas Técnicas), resume los parámetros de calidad para comercializar compost, en el caso del pH este debe tener valores entre 4 y 9, de manera que teniendo en cuenta esto se puede decir que este compost al principio de su elaboración, desde el 8 de junio hasta el 22 de junio no cumple con los valores de la norma, sin embargo, desde el 24 de junio hay un descenso de estos valores llegando a ubicarse dentro del rango establecido en la norma

El pH del compost se considera adecuado, porque una vez aplicado al suelo, como fuente de materia orgánica, ayudara a mejorar la absorción de nutrientes y a la retención de humedad por parte del cultivo y se corrobora con los resultados de Olamsa (2018), citado por Amézquita (2019), cuyo compost tiene entre 6.5 a 8.5 o por Ríos (2017) en su compost producido sobre la base de residuos sólidos domésticos con un valor oscila entre 6.56 y 7.42, estos resultados muestran diferencia con el resultado de este estudio.

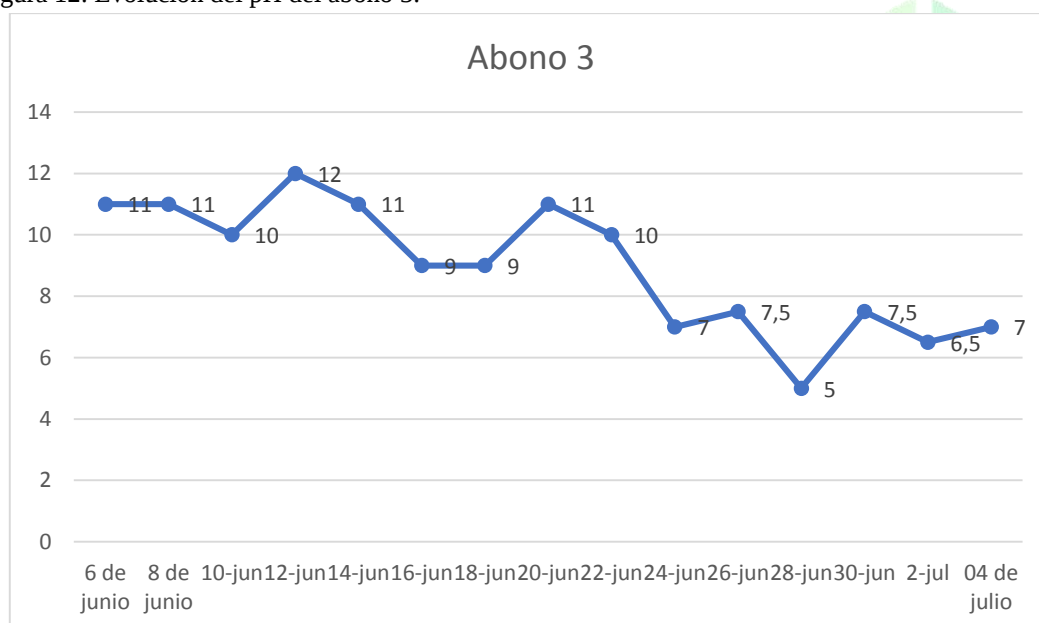
Figura 11. Evolución del pH del abono 2.



Fuente; autores, 2022.

De acuerdo con la anterior figura, se observa una situación similar con el abono uno, dado que desde el 6 de junio hasta el 22 se encuentran valores por fuera de la norma (entre 4 y 9), sin embargo, se observa también que los días 16 y 18 de junio los valores son de 9 ubicándose dentro de la NTC.

Figura 12. Evolución del pH del abono 3.



Fuente; autores, 2022.

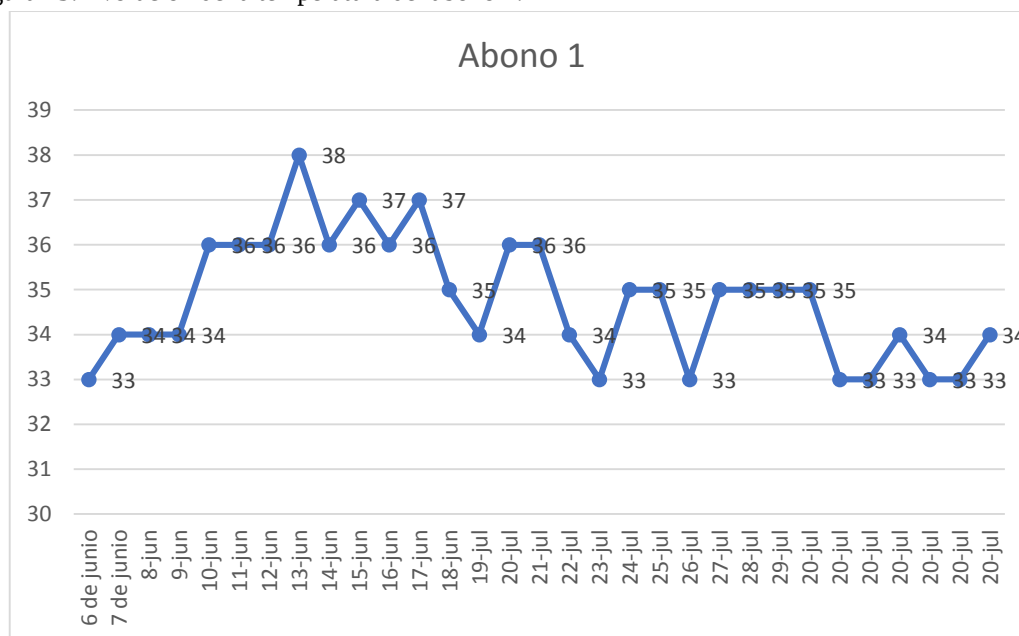
De acuerdo con la anterior figura, se observa una situación similar con el abono uno y dos, dado que desde el 6 de junio hasta el 22 se encuentran valores por fuera de la norma (entre 4 y 9), sin embargo, se observa también que los días 16 y 18 de junio los valores son de 9 ubicándose dentro de la NTC.

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (FAO, 2013).

Actividad 2.4. Medición de la temperatura

Descripción: con ayuda de un termómetro se tomaron muestras dos veces por día, ubicando el termómetro en el estrato medio de las composteras. Los resultados se muestran en las siguientes figuras.

Figura 13. Evolución de la temperatura del abono 1.

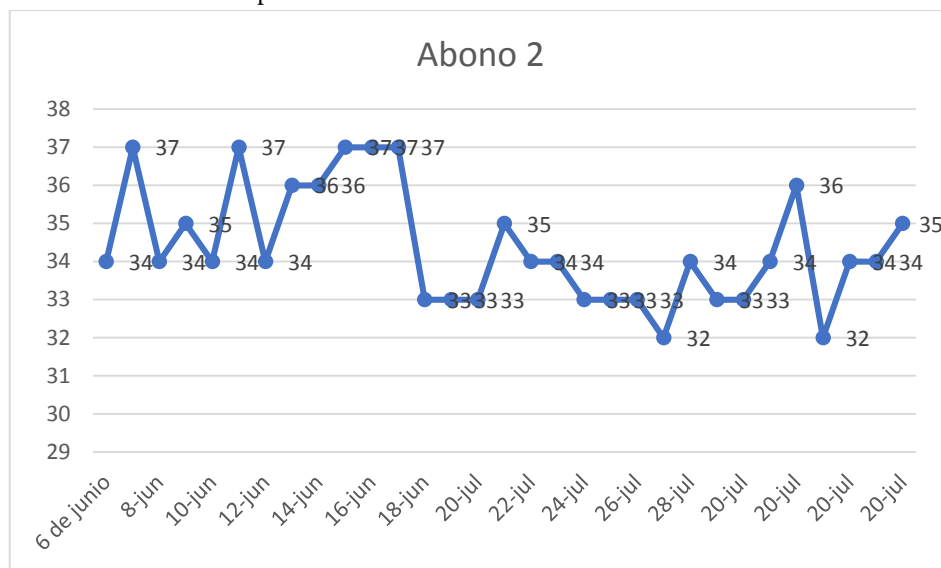


Fuente: autores, 2022.

El abono uno tuvo un promedio de temperatura de 35° C, las mayores temperaturas o más altas se encuentran entre la semana del 6 de junio hasta el 20 de julio en donde se empieza a ver un descenso estable en los valores entre 33 y 35° C lo que indica la madurez del

compostaje. De acuerdo con Galindo Y Mauricio (2012), en la práctica, para determinar si el producto ha alcanzado su estado de madurez, se mide la temperatura de las pilas buscando el momento en el que la temperatura se estabiliza. Cuando este parámetro está alrededor de los 30°C se considera que el producto está en punto de maduración.

Figura 14. Evolución de la temperatura del abono 2.

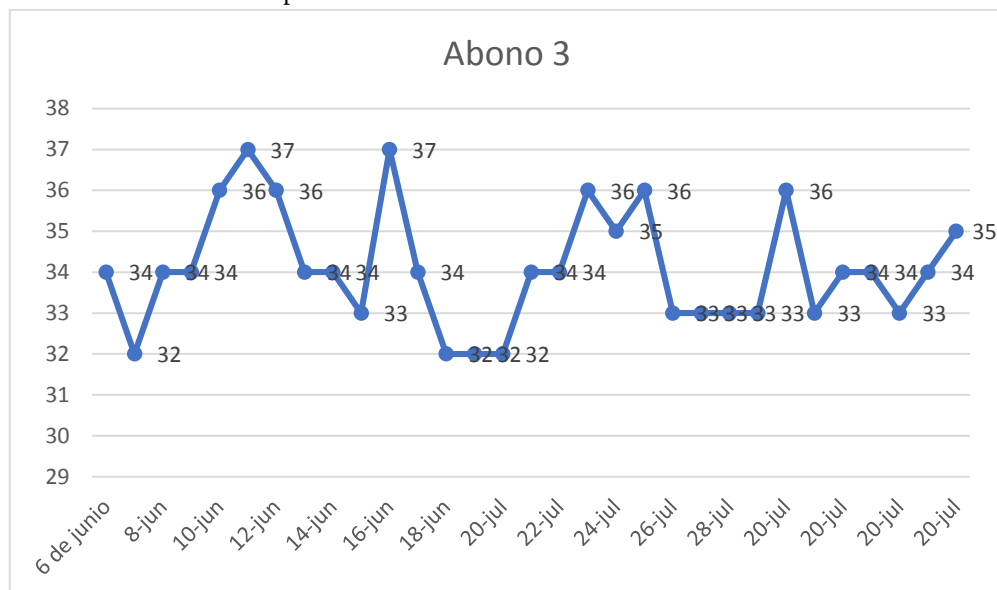


Fuente; autores, 2022.

De igual forma en la figura anterior, se observa que el abono dos presenta temperatura menores a las del abono uno, sin embargo, se ubica dentro de los rangos considerados como normal en los procesos de compostaje, la temperatura promedio fue de 34°C.



Figura 15. Evolución de la temperatura del abono 3.



Fuente; autores, 2022.

Por último, el abono tres tuvo temperaturas más bajas que las presentadas en el abono uno y dos. Con un promedio de 34°C.

Actividad 2.5. Monitoreo del de nitrógeno, fosforo, potasio y la relación carbono / nitrógeno C/N.

Tabla 3. Resultado de los parámetros del compost uno producido.

Abono 1					
Parámetro	Resultado	Referente	Norma española	FAO	OMS
		NTC	Real decreto Español 824	(2013)	
Fosforo	0,02%	> al 1%	--	--	0.3 a 3.5%
Potasio	0,70%	--	--	--	0.5 a 1.8%,

Nitrógeno total	0,13%	> al 1%	--	--	0,4 a 3,5%
Relación C/N	12,04%	--	Menor a 20	Entre 15:1 – 35:1.	--
Humedad	26.5 %	Máximo 30%	--	--	--

Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la anterior tabla, el abono uno se encuentra dentro de los valores establecidos para los parámetros fosforo, potasio, nitrógeno, y humedad, aunque en el caso de la relación C:N cuyo valor fue de 12.04%, se observa que sí está por fuera del rango permitido por la FAO (2013), lo que se consideraría un déficit de carbono, sin embargo se puede mejorar la relación C:N con la adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín). Sin embargo, este abono sí cumpliría con lo estipulado en la norma española que afirma que esta relación debe ser menos a 20%

Tabla 4. Resultado de los parámetros del compost dos producido.

Abono 2

Parámetro	Resultado	Referente NTC	Norma española Real decreto Español 824	FAO (2013)	OMS
Fosforo	0,03%	> al 1%	--	--	0.3 a 3.5%
Potasio	0,80%	--	--	--	0.5 a 1.8%,
Nitrógeno total	0,13%	> al 1%	--	--	0,4 a 3,5%

Relación C/N	12,1%	--	Menor a 20	Entre 15:1 – 35:1.	--
Humedad	28 %	Máximo 30%	--	--	--

Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la anterior tabla, el abono uno se encuentra dentro de los valores establecidos para los parámetros fosforo, potasio, nitrógeno, y humedad, aunque en el caso de la relación C:N cuyo valor fue de 12.1%, se observa que sí está por fuera del rango permitido por la FAO (2013), lo que se consideraría un déficit de carbono, sin embargo se puede mejorar la relación C:N con la adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín). Sin embargo, este abono sí cumpliría con lo estipulado en la norma española que afirma que esta relación debe ser menos a 20%

Tabla 5. Resultado de los parámetros del compost tres producido.

Abono 3					
Parámetro	Resultado	Referente NTC	Norma española Real decreto Español 824	FAO (2013)	OMS
Fosforo	0,06%	> al 1%	--	--	0.3 a 3.5%
Potasio	0,90%	--	--	--	0.5 a 1.8%,
Nitrógeno total	0,15%	> al 1%	--	--	0,4 a 3,5%

				Entre	
Relación C/N	13%	--	Menor a 20	15:1 –	--
				35:1.	
Humedad	29%	Máximo 30%	--	--	--

Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la anterior tabla, el abono uno se encuentra dentro de los valores establecidos para los parámetros fósforo, potasio, nitrógeno, y humedad, aunque en el caso de la relación C:N cuyo valor fue de 13%, se observa que sí está por fuera del rango permitido por la FAO (2013), lo que se consideraría un déficit de carbono, sin embargo se puede mejorar la relación C:N con la adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín). Sin embargo, este abono sí cumpliría con lo estipulado en la norma española que afirma que esta relación debe ser menos a 20%

6.3. Fase 3. Formular un modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido.

Actividad 3.1. Realización de la matriz CANVAS

Socios clave

- Agricultores
- Empresas dedicadas a la venta de compost

Propuesta de valor

Representa el factor diferenciador del modelo de negocio que se les ofrecerá a los clientes, haciendo énfasis en:

Producto ambientalmente sostenible: El modelo de negocios utiliza el sentido ambiental como propuesta de valor. Inicialmente, se contarán con todos los estudios ambientales (manejo de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales, planes de saneamiento básico entre otros) que permitan certificar la sostenibilidad de las operaciones realizadas.

De esta manera este elemento es una herramienta que servirá para atraer clientes y socios clave que tengan objetivos guiados por el mismo principio, el cual es la búsqueda de encadenamientos productivos encaminados al desarrollo industrial ambientalmente sostenible.

Reciclaje en fuente: Un valor agregado representativo de la propuesta de valor es el hecho de que el material utilizado para reciclar proviene de una única fuente posconsumo, que no ha entrado en contacto con tantos agentes contaminantes.

Compostaje a partir de residuos de la palma de aceite, evitando contaminación del suelo, agua y aire; ayuda a obtener beneficios económicos a la plantas procesadoras de aceite de palma; compostaje que cumple con los estándares de calidad normativos.

Actividades clave

Contratos con socios clave: La consecución de los contratos con los socios clave corresponde a la actividad más importante de todas, ya que se deben generar estos acuerdos de acuerdo con la normatividad legal que aplique.

Campañas de publicidad: Las campañas publicitarias se harán por medio de una compañía tercera especializada en este tipo de actividades. Estas campañas servirán para dar a conocer el sistema de reciclaje y sus beneficios sociales y ambientales, así como el producto del ensilaje como tal y el impacto que se tiene en términos económicos y sobre todo en la alimentación de los animales.

Participación en ferias: La participación en ferias es una actividad esencial para dar a conocer el producto al mercado nacional e internacional, así como generar relaciones con futuros clientes y mejorar las existentes.

Relación con clientes

Existirá un contacto directo con el área comercial del cliente a través de los canales de comunicación establecidos y a través del contacto personal. De esta manera se tendrá un conocimiento de primera mano de las necesidades y proyectos del cliente, teniendo en cuenta estos para poder responder satisfactoriamente ante un eventual aumento de la demanda o algún hecho inesperado.

Recursos claves

Conformado por la materia prima (Raquí, ceniza, agua y fibra) que son imprescindible para la realización de este proyecto.

Canales

Para fines de este modelo de negocios, el canal de comunicación será digital y tradicional y especializado.

Se contará con una página web y un sistema o software de intercambio de información para manejar el contacto y las necesidades del cliente, y a su misma vez se manejarán los canales tradicionales de comunicación de visita directa y atención al cliente en las instalaciones. Esta, es la forma predominante de comunicación en la cadena de reciclaje actual, donde la visita personalizada contactando los clientes se convierte en la forma principal de llegar al comprador del producto final.

Por otro lado, para poder mostrar y entregar la propuesta de valor al cliente, el canal de distribución será especializado por medio de revistas del sector y ferias especializadas.

Estructura de costos y fuente de ingresos

Corresponde a la compra de los residuos, la maquinaria utilizada como molino eléctrico industrial, bascula, recipientes de plástico, mano de obra del personal entre otros.

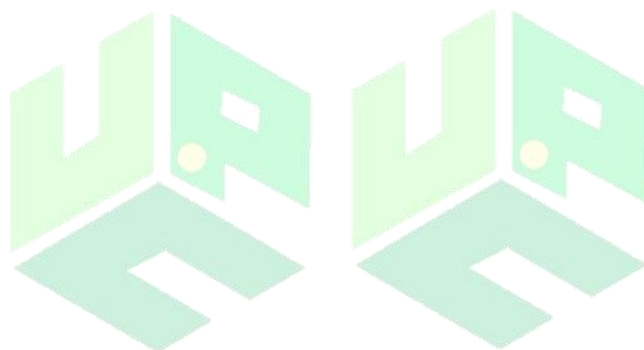
La fuente de ingreso corresponde a la venta del composte a los respectivos clientes.

Tabla 6. Modelo de negocio.

Socios claves	Actividades clave	Propuesta de valor	Relación con clientes	Segmento de clientes
Agricultores	Contratos con socios clave	Producto ambientalmente sostenible	Relación directa del cliente con el área comercial	
Empresa que comercializan compost	Campañas de publicidad			
	Participación en ferias			

Reciclaje en fuente			
Recursos claves	compostaje que cumple con los estándares de calidad normativos	Canales	Agricultores Empresa que comercializan compost
Materia prima		Página web y un sistema o software de intercambio de información Revistas del sector y ferias especializadas.	
Estructura de costos		Fuente de ingresos	
Corresponde a la compra de los residuos, la maquinaria utilizada como molino eléctrico industrial, bascula, recipientes de plástico, mano de obra del personal entre otros.		La fuente de ingreso corresponde a la venta del composte a los respectivos clientes.	

Fuente: autores, 2022.



7. CONCLUSIONES

En cuanto a la obtención de abono orgánico se cumplieron con las diferentes actividades que permitieron su producción, empezando desde la obtención, el pesaje y luego las tres proporciones de remplazo de los subproductos para así finalmente empezar el proceso de compostaje en cada una de las composteras. Este proceso de producción demoró un mes en donde semanalmente se hacía un monitoreo al abono, es decir se hizo medición de temperatura, humedad y pH.

En cuanto a la concentración de los parámetros, se encontró que el pH del abono uno tuvo una concentración de 9,5 unidades, el abono dos mientras tuvo un promedio de pH de 9,01 unidades y el abono 3 un promedio de 9,4. En general en los tres abono se observó que desde el 6 de junio hasta el 22 se encuentran valores por fuera de la norma (entre 4 y 9), sin embargo, se observa también que los días 16 y 18 de junio los valores son de 9 ubicándose dentro de la NTC. En cuanto a la temperatura el abono uno tuvo un promedio de temperatura de 35° C, la temperatura promedio del abono dos fue de 34°C, el abono tres tuvo temperaturas más bajas que las presentadas en el abono uno y dos. Con un promedio de 34°C.

El abono producto de los residuos de palma sí tendrías concentraciones optimas de nitrógeno fosforo, potasio, humedad y relación C:N, esto si se compara con distintas normas o referentes de la literatura como la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, elaborada por el Icontec (Instituto Colombiano de Normas Técnicas), resume los parámetros de calidad para comercializar compost, FAO (2013), norma española **Real decreto Español 824 y la OMS**.

Además, se formuló el modelo de negocio para comercializar el abono orgánico producido, teniendo en cuenta cada uno de los segmentos presentados o exigidos por medio del modelo CANVAS, de esta manera se garantiza que el abono producido no solo quede como un producto sin valor económico, sino que genere algún tipo de utilidad teniendo en cuenta la necesidad de producir productos que sean ambientalmente sostenibles.

Finalmente, se considera que, con la aplicación de las alternativas descritas en el presente estudio, se hace un aporte a la planeación estratégica de las empresas del sector, como una oportunidad de acceso a nuevos mercados, donde se estimule el crecimiento económico

con responsabilidad social e incorporación de la variable ambiental, como eje principal para la conservación y uso eficiente de los recursos naturales, con sus bienes y servicios conexos.

• .



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda disminuir el tamaño de las partículas de los insumos para la elaboración del composte, es decir tamaños menores a 12 mm con el fin de conocer el comportamiento o calidad del producto.

Se recomienda realizar repeticiones de los tratamientos que se han llevado a cabo, con la finalidad de obtener un estudio estadístico adecuado para corroborar los resultados obtenidos de la presente propuesta y poder determinar la formulación de un tratamiento seleccionado.

Se debe concientizar a los agricultores del uso del abono orgánico y los beneficios que este ofrece para sus cultivos, brindándole calidad en el producto que cosechan, la conservación y regeneración de la tierra.

La deben utilizar las herramientas del marketing como fuente de información y promoción para la utilización de este abono orgánico, los beneficios que ofrece y el valor que representa su utilización en las plantaciones que estos posean.

Seguir elaborando compostajes a partir de otros residuos sólidos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, C., & Brix, H. (2003). artificiales para el tratamiento de aguas residuales Abstract, 17–24.
- N. M. B. G. M. Arias, “Posibilidades para el desarrollo sostenible de la palmicultura en México: Experiencias y retos,” Spanish Journal of Rural Development, vol. 3, no. 4, pp. 79–88, 2012.
- FAO. (2015). Macronutrientes y micronutrientes. Recuperado el 3 de Abril de 2018, de http://www.fao.org/elearning/Course/NFSLBC/es/story_content/external_files/Macronutrientes%20y%20micronutrientes.pdf
- Galindo, T y Romero, H. (2012). Compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia: estado del arte y perspectivas de investigación. Boletín técnico No.1.
- Rosales, J. (2018). Impacto del picado de racimos en vacíos de palma aceitera sobre el tiempo y calidad de compostaje; Naturaceites S.A.S. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar.
- Amézquita, A. (2019). “NIVEL ÓPTIMO DE BIOECOL PROBAC PARA LA DESCOMPOSICIÓN DEL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) Y NIVEL NUTRICIONAL DEL COMPOST EN UCAYALI, PERÚ”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Ucayali. Perú.
- Ohcoa, J. (2017). Producción de humus de lombriz de tierra (*Eisenia foetida* savigny), a partir de escobajo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.) y gallinaza, en sector Neshuya Curimaná, provincia de Padre Abad. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Ucayali. Perú.
- Tolagasi, G. (2013). Producción de abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de aceite de palma africana y su aplicación en un cultivo de papa a escala laboratorio. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2002). Los suelos y su fertilidad. Reverte. Recuperado el 3 de Abril de 2018, de

<https://books.google.com.co/books?id=AegjDhEIVAQC&pg=PA407&lpg=PA407&dq=reciben%20el%20nombre%20de%20micronutrientes%2C%20aquellos%20elementos%20indispensables%20para%20que%20las%20plantas%20puedan%20completar%20su%20ciclo%20vital&source=bl&ots=QKaPKFkh0S>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. (2016). La palma de aceite en Colombia. Obtenido de <http://www.palmadeaceite.org/palma-de-aceite-en-colombia>.

L.A., QuinteroLopez.,and C.I., Torrez-Pérez. Y. "Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar". Ingenierías USBMed, 10(1), pp.8-18, 2019.

Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). Compostaje. Madrid: Mundi-Prensa. Recuperado el 23 de Octubre de 2017.

Sepúlveda Villada, L. A., & Alvarado Torres, J. A. (2013). Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá (Primera ed., Vol. I). Medellín: Pura Vida. Recuperado el 20 de Octubre de 2017

Orozco P, F. H., & Osorio V, W. (1998). Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Medellín. Recuperado el 30 de Octubre de 2017

Defrieri, R. L., Jimenez, E., & Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso del compostaje. Trabajo de Investigación. Recuperado el 31 de Octubre de 2017, de <file:///C:/Users/Tatiana/Downloads/v22n01a04.pdf>

Lara Borrero, J., Torres, A., & Baquero, A. (Edits.). (2015). Estudio de tratabilidad de las aguas residuales en Bogotá con lodos activados. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de https://books.google.com.co/books?id=DH3_AwAAQBAJ&pg=PA63&dq=anoxico&

hl=es&sa=

X&ved=0ahUKEwjRgN3y27LbAhWF15AKHRY1DPUQuwUIVDAJ#v=onepage&q
=anoxico&f=false

SERFOR. (2015). Servicios Forestales. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado el 2 de Abril de 2018, de <https://www.serfor.gob.pe/bosques-productivos/servicios-forestales/plantacionesforestales>

Silva, P., Silva, H., Garrido, M y Acevedo, H. (2015). Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos. (tEsis de pregrado). Universidad de Chile.



Anexo 1. Matriz para el diligenciamiento del modelo de negocio

Socios claves	Actividades clave	Propuesta de valor	Relación con clientes	Segmento de clientes
	Recursos claves		Canales	
Estructura de costos			Fuente de ingresos	



	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO		VIGENCIA	
			22-02-21	
			VERSION: 1	PAG:3

REPORTE DE ENSAYO
 No. 2096-1

ODS No.	2096
Código:	0722-2096-1

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	Ing. Yuliana Avendaño Ávila	NIT/C.C.	10628146246
CONTACTO/CARGO:	Ing. Yuliana Avendaño Ávila	DIRECCIÓN:	Diag. 20 G N°3 – 17 Villa Castro
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar
		TELÉFONO:	3114298133

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR	Cliente		
0722-2096-1	ABONO	Abono para cultivo de palma africana	Finca los jolones. Becerril - Cesar	FECHA DE MUESTREO	2022-07-06	HORA:	16:00
				FECHA DE INGRESO MUESTRA	2022-07-06	HORA:	17:50
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2022-07-07		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2022-08-10		
				FECHA DE REPORTE	2022-08-16		

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS
FÍSICO-QUÍMICOS
MICROBIOLÓGICOS

DERMINACION ANALITICA	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	METODO	INTERVENCION
PH(1:2,5)	pH	0722-2096-1 6.04	GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02	Ligeramente ácido
Temperatura	°C	25	Termómetro digital	-
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	0.15	NTC 5596:2008 Método b. Medición en suspensión	No salino
Humedad	%	26.5	Gravimetría	-
Materia Orgánica (MO)	g/100g	2.70	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	Alto
Carbono Orgánico Total (COT)	g/100g	12.88	GA-R-119 V2 2019-09-20	Alto
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	17.01	GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02.	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	0.19	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	Medio
Nitrógeno Total	mg/kg	1.27	Kjeldahl	Bajo
Relación C/N	cmol(+)/kg	10.14	Cálculo	Media

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.

Pedro José Fragoso
 Bacteriólogo MSc. PhD.
 TP 507 - 02

