

**MANEJO DEL RAQUIS GENERADO EN LAS EXTRACTORAS DE PALMA ACEITERA  
PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST.**

**HANDLING OF THE RAKE GENERATED IN THE EXTRACTORS OF OIL PALM FOR  
THE ELABORATION OF COMPOST.**

***Sonia Emilia Leyva Ricardo, MsC.***

Máster en Contaminación Ambiental, mención en Gestión Ambiental y Protección de los  
Recursos Naturales (Cuba).

Docente Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica  
Equinoccial (UTE), sede Santo Domingo, Ecuador.

sonia.leyva@ute.edu.ec

***Yanlis Rodríguez Veiguela, Ph.D.***

Doctora en Ciencias Económicas (Cuba).

Docente Tiempo Completo de Universidad de Matanzas, Cuba.

yanlis.rodriguez@umcc.cu

***Tania Mendoza Rodríguez, MsC.***

Magíster en Ciencias-Biología (Colombia).

Docente Tiempo Completo de Universidad Tecnológica Equinoccial  
(UTE), sede Santo Domingo, Ecuador.

tania.mendoza@ute.edu.ec

***Jonathan Cadena Sarmiento, Ing.***

Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales (Ecuador).

Docente Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), sede Santo  
Domingo, Ecuador.

jcadena@gmail.com

**ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

Recibido: 19 de enero de 2019.

Aceptado: 19 de junio de 2019.

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo principal identificar soluciones a la acumulación descontrolada de desechos sólidos que se generan en el sector agroindustrial, específicamente en la producción de aceite derivado de la palma africana. Se propuso, además, un plan de manejo del raquis generado en las extractoras de palma aceitera de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, aprovechando el área de compost ubicada en el complejo ambiental de Santo Domingo. El estudio se desarrolló en tres fases: trabajo de campo, laboratorio y análisis de la viabilidad logística y económica con las instituciones involucradas, lo que posibilitó verificar que la cantidad de raquis que se genera era suficiente para tener un proceso de compostaje continuo generando humus constantemente si se realizaba una adecuada planificación de producción, con lo cual se contribuye a la disminución de la contaminación ambiental en la región.

Palabras clave: compostaje, complejo ambiental, extractoras de palma aceitera, viabilidad, raquis

## ABSTRACT

The main objective of this project was to identify solutions to the uncontrolled accumulation of solid waste generated in the agroindustrial sector, specifically in the production of oil derived from African palm. In addition, a rachis management plan was proposed in the oil palm extractors of the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, taking advantage of the compost area located in the environmental complex of Santo Domingo. The study was developed in three phases: fieldwork, laboratory and analysis of the logistic and economic feasibility with the institutions involved, which made it possible to verify that the amount of rachis that was generated was enough to have a continuous composting process constantly generating humus if an adequate production planning was carried out, contributing to the reduction of environmental pollution in the region.

Keywords: composting, environmental complex, oil palm extractors, viability, rachis

## INTRODUCCIÓN

La palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) es uno de los principales cultivos agroindustriales en el Ecuador, con un acelerado aumento de las superficies de las plantaciones de un 187% entre los años 1995 y 2005, lo cual indica una fuerte importancia económica de este cultivo debido al crecimiento de la demanda de aceite de palma africana a nivel mundial (Ancupa, 2011).

En los últimos años el aceite de palma ha sido considerado como uno de los de mayor producción en el mundo, representando el 27,85% de la producción total de aceites vegetales y el 51% de todas las exportaciones mundiales de grasas y aceites. Con un crecimiento del 8% desde 1996 hasta el 2017, la producción de aceite de palma superó la producción de aceite de soja (IICA, 2018).

En la provincia de Santo Domingo, existen alrededor de 10 extractoras cuya función principal es extraer el aceite del racimo de fruta fresca que recibe para producir la mayor cantidad posible de aceite crudo de palma de alta calidad; sin embargo, la extracción de aceite rojo de palma africana genera residuos sólidos y líquidos que pueden llegar a causar un impacto ambiental negativo.

## **REVISIÓN TEÓRICA**

La presente investigación se centra en identificar variantes que posibiliten la mitigación de los residuos sólidos más significativos en el proceso de producción conocido como raquis.

### **Tendencias en la utilización de los subproductos de los residuos de la producción de aceite de palma africana.**

El desarrollo industrial conlleva al incremento en generación de residuos los cuales se han convertido en una problemática tanto ambiental como económica para las empresas ya que éstas se deben responsabilizar de los altos costos que genera su disposición final (Yepes y otros, 2008).

Actualmente, la industria busca nuevos procesos de producción que sean más eficientes y que generen bajo impacto en el medio ambiente. Dentro de éstos se ha encontrado la necesidad de disminuir la explotación de los recursos naturales aprovechando los residuos generados en la industria (Salamanca, 2012).

Del mismo modo, el aprovechamiento de estos residuos o subproductos, no sólo contribuye a disminuir la explotación de recursos sino también la contaminación y degradación del ecosistema, evitando una disposición final inadecuada como es el caso de las quemas, el uso en rellenos sanitarios o el vertimiento a fuentes hídricas (Motato y otros, 2006).

La utilización de los racimos vacíos para la aplicación en el campo como suplemento de fertilización es efectiva en cuanto a costos para algunos grupos de plantaciones, pero no tiene justificación para otras plantaciones, por razones de logística. Los efluentes son los subproductos de mayor contenido nutricional en la agroindustria de la palma de aceite (Cabrera y otros, 2016), y por lo tanto, son considerados como los que presentan mayor potencial de contaminación si no se manejan de forma adecuada (Motato y otros, 2006).

Autores como Moreno (2008) y Hernández (2015), recomiendan explorar más la eficiencia de las variables como la constitución y concentración de materias primas, sustratos, rapidez de reacción y precio de operación. En la actualidad, la abundante cantidad de racimos vacíos o raquis, ha creado un importante problema para las agroindustrias, ya que produce contaminación por la acumulación y generación de hongos en los residuos (García y otros, 2007). En algunas empresas aceiteras, los raquis son incinerados para producir ceniza, la cual es devuelta al campo como fertilizante; sin embargo, la quema de estos residuos también crea un grave problema de contaminación atmosférica (Hashim, Guan Seng, y Tanaka, 2011).

El raquis es un residuo que se obtiene durante el proceso de desfrutado de la extracción de aceite de los racimos de palma africana, este proceso se realiza en el tambor desfrutador en donde se produce una separación mecánica a los frutos del racimo (Santos, 2007). La necesidad de plantear soluciones para apoyar la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables ha llevado a proponer métodos de tratamiento como el compostaje, el cual es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de materiales de desecho.

El compost se forma de desechos orgánicos. Es el resultado del ciclo aeróbico de descomposición de la materia orgánica. Se lleva a cabo bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, originando un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo (Prada, 2012).

En Malasia, para el tratamiento de racimos vacíos, en años recientes, se ha introducido un nuevo sistema vacíos que posibilita recuperar un 0,25% extra del aceite de los racimos vacíos y, al mismo tiempo, contribuye a la reducción del contenido de humedad aproximadamente en un 35% (Biotec, 2011).

A partir de un sistema que consiste en un prensado del raquis, estos residuos pueden ser utilizados como combustible residual sólido adicional para la generación de vapor y electricidad en otros procesos posteriores a la extracción (Alzate et al 2011), constituyéndose así en una alternativa de desarrollo sustentable.

### **El compostaje como alternativa para la producción sostenible y eficiente en la actividad agroindustrial.**

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 involucran biomasa (Hidalgo, 2015). Para que un producto sea considerado compost, debe ser un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura (Hidalgo, 2015). 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).

Poco se conoce acerca de las características microbiológicas específicas del compost de subproductos de palma de aceite. El trabajo de Baharuddin et al. (2009) en Malasia y el de Peña y Rivera (1996) se destacan como los únicos que describen en detalle la sucesión de poblaciones microbianas en dicho proceso de compostaje. Especialmente, Baharuddin et al. (2009) realizaron una reseña detallada de los racimos vacíos (RV), la fibra de fruto (FF) y los efluentes, y su relación con cambios en la composición de la comunidad bacteriana durante el proceso de compostaje.

Dentro de la amplia gama de tecnologías con el potencial de llegar a la meta de la sostenibilidad, la biorremediación, entendida como la aplicación de microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para la restauración del ambiente, podría

ocupar un lugar importante. Esta tecnología actúa a través de las intervenciones de la diversidad biológica para los propósitos de mitigación (y siempre que sea posible, la eliminación) de los efectos nocivos causados por los contaminantes ambientales en un sitio dado (Garzón, 2017).

La adición, durante el proceso de tratamiento "on-site" de los suelos contaminados, de compost diseñados para enriquecer los suelos con poblaciones microbianas biodegradadoras y con un alto porcentaje de materia orgánica biodegradable, provoca un aumento de la capacidad biorremediadora intrínseca de cada suelo contaminado, acelerando así el proceso de recuperación del emplazamiento.

### **Retos de la producción del aceite de palma africana a la producción sostenible en la industria de este sector.**

Se ha podido evidenciar que algunas extractoras de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, ubicadas sobre todo en el cantón La Concordia, generan una gran cantidad de raquis que simplemente es apilado en grandes montones sobre superficies no impermeables, puesto que se depositan los racimos en pleno suelo. Se considera que el raquis en estas condiciones se descompone rápidamente porque aún contiene un porcentaje de aceite; con las precipitaciones los lixiviados podrían llegar a contaminar cuerpos hídricos por escorrentías. Las extractoras no tienen por el momento un plan de tratamiento del raquis, y tampoco se conoce manera alguna de canalizar esos desechos para otros usos, lejos de ceder algunas cantidades de raquis a productores de palma y de otros frutales, quienes las emplean directamente en el suelo como abono orgánico.

Esta propuesta tecnológica tiene como objetivo general proponer un plan de manejo del raquis generado por las extractoras de palma aceitera de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el complejo ambiental del Cantón Santo Domingo, y como objetivos específicos: establecer las técnicas de compostaje en el manejo de residuos orgánicos (raquis), caracterizar el raquis, realizar la valoración económica de la propuesta, describir las posibles alternativas de aprovechamiento del raquis mediante un manejo interno y socializar la propuesta tecnológica con las instituciones involucradas en el estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

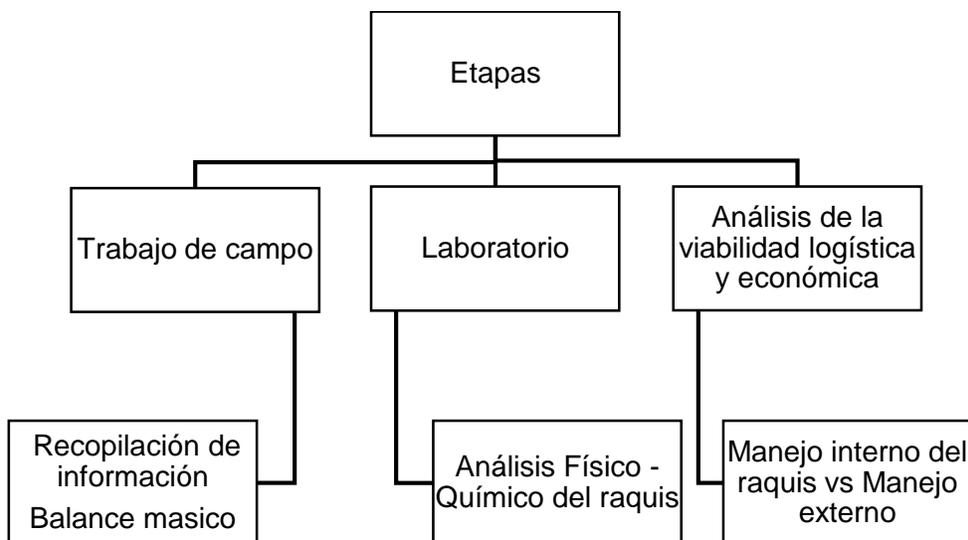
La necesidad de plantear soluciones para apoyar la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables ha llevado a proponer métodos de tratamiento como el compostaje, el cual es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de materiales de desecho.

El compost se forma de desechos orgánicos, a partir del resultado del ciclo aeróbico de descomposición de la materia orgánica bajo condiciones controladas a partir de sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, se origina un producto que puede aportar beneficios al suelo (Peña, 2002).

Dadas las circunstancias de acumulación y una inadecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos de las extractoras de palma aceitera que podría desencadenar una contaminación a cuerpos hídricos debido a los lixiviados que se generan, surge la necesidad de proponer un plan de manejo del raquis generado por las extractoras de palma aceitera de la provincia seleccionada para el estudio, aportando una idea de desarrollo industrial sostenible al sector agro industrial.

Se propuso utilizar tres fases: trabajo de campo, laboratorio y análisis de la viabilidad logística y económica con las instituciones involucradas (fig. 1).

Figura 1. Metodología aplicada para la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

En la fase de trabajo de campo se realizó la recopilación de información técnica y bibliográfica sobre los tipos de compost que se podrían hacer de acuerdo a las características del raquis, la ubicación geográfica de la extractora de palma aceitera Teobroma, las coordenadas geográficas del complejo ambiental del cantón Santo Domingo, entrevistas con el jefe de planta y coordinador ambiental de la extractora tomada como referencia y el balance másico del proceso productivo en la extractora de estudio para determinar la cantidad de raquis que se genera en una semana de producción. Un balance de materia de un proceso industrial es una contabilidad exacta de todos los materiales que entran, salen, se acumulan o se agotan en el curso de un intervalo de tiempo de operación dado (Monsalvo, 2014).

La segunda fase (laboratorio) sirvió para realizar un análisis físico - químico, el cual se hizo tomando una muestra del raquis que se genera en la extractora de palma aceitera seleccionada para el estudio. Esta muestra se envió a un laboratorio de análisis químico agropecuario, para determinar si la relación Carbono/ Nitrógeno es ideal para la elaboración de compost, obteniéndose además como información complementaria sobre la composición de minerales que se integra en dicho material.

La tercera fase se desarrolló mediante el análisis de la viabilidad logística y económica para mitigar el problema de acumulación y manejo que se le pueden dar al raquis dentro de las instalaciones de las extractoras, frente a la posibilidad de realizar un manejo externo con alguna institución que cuente con un área adecuada para darle una apropiada disposición, los factores claves para determinar la mejor alternativa.

Tabla 1. Factores para el manejo interno del raquis.

Factores In	Manejo Interno
F <sub>1</sub>	Espacio y personal disponible
F <sub>2</sub>	Equipos y maquinaria necesarios
F <sub>3</sub>	Costos operativos

In: dentro de la empresa

Tabla 2. Factores para el manejo externo del raquis

Factores Out	Manejo externo
F <sub>1</sub>	Costos de Movilización del raquis
F <sub>2</sub>	Logística operacional
F <sub>3</sub>	Beneficios económicos

Out. Fuera de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al manejo interno, los factores F1, F2 y F3 juegan un papel muy importante ya que existe la probabilidad de que aumenten los costos productivos y el tiempo en recuperar la inversión sea a largo plazo.

Se analizaron los parámetros físicos y químicos del raquis que se genera en la extractora de palma aceitera, el cual se somete a un sistema de prensado para recuperar un porcentaje de aceite.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

La mayoría de las extractoras de palma aceitera de la provincia tiene su espacio operacional definido y darle un tratamiento al raquis implicaría adquirir un nuevo terreno destinado para el proceso, además de esto una nueva infraestructura y maquinaria para la mitigación que se le quiera dar al residuo, pero si se decidieran a realizar el tratamiento dentro de la empresa pueden tomarse en cuenta las siguientes alternativas:

### **Alternativa 1**

#### **Elaboración de Hongos comestibles**

Consiste en inocular una cepa de un micelio sobre un sustrato (en este caso raquis) el cual debe cumplir con las propiedades físico – químicas y parámetros como pH, temperatura, humedad, iluminación y aireación que sean las más adecuadas para que se pueda desarrollar (Ramos, 2007, p. 78).

### **Alternativa 2**

#### **Elaboración de papel mediante proceso de producción en frío**

Este método consiste en analizar la fibra del raquis de palma aceitera para determinar sus dimensiones y calcular los índices de calidad como coeficiente de rigidez, coeficiente de flexibilidad, coeficiente de Peteri y factor de Runkel (González, 2005).

### **Alternativa 3**

#### **Uso del raquis de palma africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos**

Se realiza con un análisis físico – químico del raquis para conocer las características y composición elemental del residuo como contenido de humedad, capacidad de absorción, peso específico, pH, nitrógeno, carbono y silicio, una vez obtenida la caracterización se realiza la mezcla de raquis, arcilla y cemento dándole características físicas y mecánicas adecuadas (Hidalgo 2015).

### **Alternativa 4**

#### **Producción de compost**

Se toman muestras del raquis para realizar un análisis físico – químico, para conocer la relación C/N, N/K, K/P, Mg/K, Ca/Mg. Posteriormente se pesa el raquis vacío generado y se dispone en un área impermeable y con canaletas para el control de lixiviados; una vez que estén hechas las camas de raquis vacíos, éstas se rocían con el efluente procedente de las lagunas de sedimentación, seis veces a la semana. Con este sistema el proceso de compostaje pasa por tres fases: fase mesófila, en donde el compost alcanza temperaturas hasta 450 °C; fase termófila, en donde el compost alcanza temperaturas mayores a los 450 °C; y fase de maduración, en donde se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de los compuestos carbonados y se da paso a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Roman 2013).

Durante el proceso de compostaje, un dispositivo mecánico da vuelta al sustrato de las camas para garantizar condiciones aeróbicas en toda la fase activa de este. El volteo se realiza diariamente durante todo el ciclo y como resultado de todo el proceso se obtiene humus en un promedio de diez semanas (Corzo 2013).

Si existiera la posibilidad de realizar un manejo externo a los volúmenes de desechos sólidos orgánicos (raquis), más representativos de las extractoras de palma aceitera mediante un convenio con un organismo público que cuente con la maquinaria, área operacional y equipo de trabajo capacitado para realizar un proceso de compostaje, se reducirían considerablemente los costos por tratamiento de desechos, además de minimizar impactos negativos al ambiente.

Los costos de manejo externo para producción de compost se contemplan en la Tabla 3.

Tabla 3. Costos de manejo externo para producción de compost al mes.

Descripción	Costo unitario/día USD	Costo Total/mes USD
Renta de camión 18m <sup>3</sup> (12días/mes)	70.00	840.00
Uso de 2 operarios (12días/mes)	16.00	384.00
Uso de montacargas (12días/mes)	5.00	60.00
Total		1284.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 3, la gestión de recolección y transporte del raquis hacia el complejo ambiental se realizaría 3 veces por semana, por un total de 12 veces al mes, lo que demuestra que los costos de manejo externo son reducidos y podrían llegar a recuperarse mediante un acuerdo económico con el GAD municipal de la provincia de Santo Domingo de los Colorados, logrando así una gestión equilibrada entre generador y productor. Los valores económicos del uso de un operario de la extractora de palma aceitera seleccionada para el estudio fueron generados acorde a la remuneración mensual que recibe el trabajador (386.00 dólares) y el costo de uso de montacargas se estima por el consumo de combustible que consumirá por cada día de la presente gestión en 10 galones mensuales.

De manera que del uso de las buenas prácticas de operación (Ramírez Contreras, 2011), incluyendo las etapas de evacuación, transporte, almacenamiento y utilización en el campo de los subproductos generados en las plantas de beneficio, depende la obtención del resultado esperado. Ello es así tanto para el caso de los análisis ambientales requeridos, como para el cultivo de palma de aceite y de las plantas de beneficio, que tienen ganancias en lo referente a los siguientes aspectos:

- Mayor reciclaje de nutrientes en el suelo con la adecuada aplicación en el campo de las tusas, lodos y cenizas, dados los altos contenidos de nutrientes de estos tres subproductos.
- Disminución en los costos y requerimientos de fertilización con productos químicos, debido a que la fertilización se complementa con subproductos naturales de la palma de aceite.

- Reducción de pérdidas de aceite en las plantas de beneficio, como resultado de la implementación de los procesos y tratamientos aquí recomendados para el manejo de las tusas luego del desfrutado.
- Manejo ambientalmente adecuado, de forma tal que se previenen potenciales efectos negativos al agua, suelo, ecosistemas y población humana causados por prácticas inadecuadas de almacenamiento, transporte y disposición de estos subproductos.

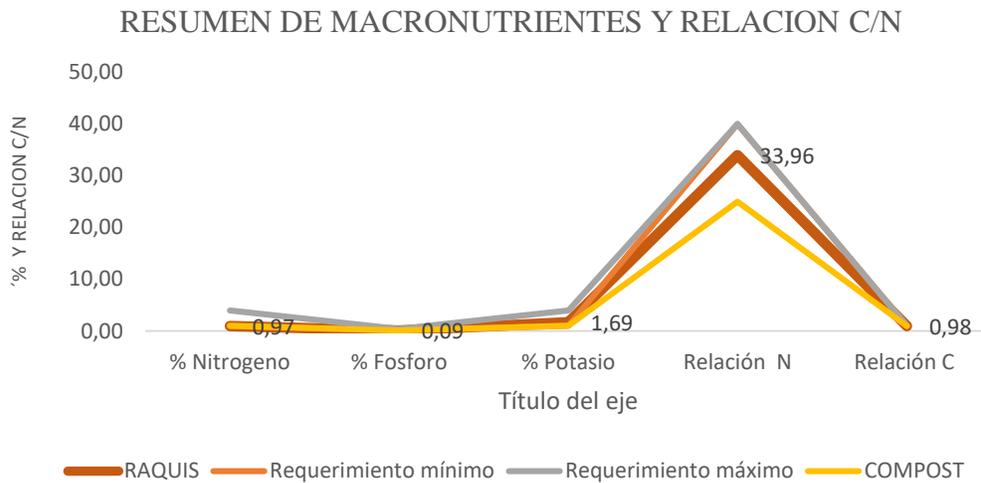
La gestión de recolección y transporte del raquis hacia el complejo ambiental se realizará tres (3) veces por semana con un total de 12 veces al mes, lo que demuestra que los costos de manejo externo son reducidos y podrían llegar a recuperarse mediante un acuerdo económico con el GAD municipal de la provincia de Santo Domingo de los Colorados, logrando así una gestión equilibrada entre generador y productor.

Estas son algunas de las propuestas que se podrían implementar para el manejo interno y aprovechamiento de desechos generados por el proceso productivo de la organización y reducir considerablemente el impacto ambiental causado por la actividad.

Se propone por parte de los autores de evaluar la posibilidad de realizar un manejo externo a los volúmenes de desechos sólidos orgánicos (raquis), más representativos de las extractoras de palma aceitera mediante un convenio con un organismo público que cuente con la maquinaria, área operacional y equipo de trabajo capacitado para realizar un proceso de compostaje, lo cual contribuiría a reducir considerablemente los costos por tratamiento de desechos, además de minimizar impactos negativos al ambiente. Los resultados obtenidos de los macronutrientes primarios y secundarios en el análisis fisicoquímico de la muestra de raquis fueron tomados de la extractora de palma aceitera Teobroma.

El resumen de los macronutrientes presentes en la muestra de raquis obtenida de la extractora de palma aceitera Teobroma y la relación carbono/nitrógeno se detalla a continuación en la figura 2.

Figura 2. Resumen de macronutrientes y relación C/N.



Fuente: Elaboración propia.

El balance másico realizado en el presente estudio demostró que las cantidades de raquis que se genera en la extractora de palma aceitera *Teobroma*, satisface la necesidad de materia prima para la elaboración de compost en el complejo ambiental del cantón de Santo Domingo, rechazándose la hipótesis de tener un déficit de material y garantizando una constante entrega, generando una producción de humus activa.

La técnica de compostaje ideal que se usará para la ejecución de la presente propuesta tecnológica será la de compostaje tradicional, la cual consiste en acumular los residuos orgánicos y controlar la evolución del proceso de descomposición, es una técnica económica debido a que no se requiere de muchos materiales en comparación con otras técnicas, su proceso es simple y genera un abono comercializable de excelente calidad.

A nivel ecológico permite reducir la cantidad de residuos a disponer, después del compostaje el volumen a tratar puede disminuir de 30 a 60 %. También se tiene en cuenta que el abono orgánico es un producto sano, sin químicos que sirve para reducir la erosión de los suelos y mejora su fertilidad.

A nivel social puede llegar a generar empleo, capacitando a residentes en la región en los temas de compostaje, así como lograr contribuir a las acciones de responsabilidad social que debe desarrollar la empresa en lo referido al desarrollo industrial sostenible.

Para determinar un aproximado del valor económico de la presente propuesta tecnológica, fue necesario validar los costos asociados al transporte de raquis hacia la zona del relleno sanitario, considerándose dos opciones:

- a. Se lleva a cabo por el sector público, es decir el GAD municipal
- b. Subcontratación de transportistas independientes de la provincia.

Al comparar los costos de alquiler de las volquetas se decide que es más viable si se considera por la subcontratación privada. El costo de transporte del raquis desde las extractoras hasta el complejo ambiental, resulta más económico mediante la subcontratación de transportistas independientes con un ahorro de USD 17.95 por cada m<sup>3</sup> además de esto se tiene en cuenta que la capacidad de carga es mucho mayor que las volquetas disponibles por el GAD municipal.

## **CONCLUSIONES**

La mitigación al problema de acumulación descontrolada de desechos sólidos (raquis) en las extractoras de palma aceitera mediante un proceso de compostaje es viable debido a las características físicas y químicas de este desecho el cual tiene un gran potencial de convertirse en un subproducto.

Se evidenció mediante un balance másico que la cantidad de raquis que se genera es suficiente para tener un proceso de compostaje continuo generando humus constantemente si se realiza una adecuada planificación de producción.

La técnica de compostaje propuesta es muy económica comparada con otros métodos para la obtención de humus y el resultado es un abono de buena calidad con un producto comercialmente aceptado.

Se establece un programa de Tecnologías Limpias el cual determina el adecuado tratamiento de los subproductos generados, con el fin de reducir los impactos ambientales ocasionados por el proceso de compost, que contribuyen a la solución y adecuado manejo

de cada aspecto, para obtener el desempeño y la calidad ambiental eficiente y lograr así la mejora continua de la planta de compostaje.

Se establecen medidas para la prevención, mitigación, control, corrección y compensación de los impactos ambientales adversos generados en la planta de compostaje, las cuales incluyen capacitación e información documentada acerca de las acciones y medidas que se deben aplicar dentro de la planta, conceptualizando y concientizando tanto el personal que labora en la planta como a las comunidades aledañas sobre el uso de los recursos naturales como agua, aire, suelo, paisaje, protección de fauna y flora que se encuentre presente.

Se desarrollará en una segunda etapa del presente estudio, un plan de seguimiento de plan y monitoreo con el fin de verificar y evaluar periódicamente el desarrollo y cumplimiento del programa y medidas de manejo ambiental propuestas para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los componentes evaluados.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. Ecosistemas 2002/2 (URL: Recuperado <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/informe1.htm>)
- Baharuddin, A.S., Wakisaka, M., Shirai, Y., Abd-Aziz, S., Abdul Rahman, N.A. y Hassan, M.A. (2009). Co-composting of empty fruit bunches and partially treated palm oil mill effluents in pilot scale. *Int. J. Agric. Res.*, 4: -78.
- Biotec. (2011). Proyectos de compostaje registrados como mdl en extractoras de aceite de palma. Recuperado en: [http://www.bio-ecnet/archivos/News/2011/MAYO/PB6-C59%20\(Conclusiones%20 investigaci%C3%B3n%20proyectos%20MDL%20co-compostaje\) % 20Mayo%206-11.pdf](http://www.bio-ecnet/archivos/News/2011/MAYO/PB6-C59%20(Conclusiones%20 investigaci%C3%B3n%20proyectos%20MDL%20co-compostaje) % 20Mayo%206-11.pdf)
- Cabrera, E., León, V., Montano, A. & Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro Azúcar* 43, 27-35
- Corzo J. M. (2013). Compostaje con racimos de fruta de palma de aceite para la venta de Certificados de Reducción de Emisiones CER. *Revista PALMAS*, volumen 34. Tomo I Ecuador

- Flotats, J.R., y Solé, F.M. (2008). Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos. p. 44-73. In Moreno, J., y Moral, R. (eds.) Compostaje. Mundiprensa, Madrid, España
- Garzón, J. M., Rodríguez, J.P. y Hernández, C. (2017). Revisión del aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. Rev. Univ. Salud. 2017;19(2):309-318. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rus.171902.93>
- González, A. J. (2005). Factibilidad del uso de la fibra de raquis de palma aceitera para elaborar papel (Tesis Pregrado). Recuperado 1 de marzo 2018 de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/factibilidad-del-uso-de-la-fibra-de-raquis-de-palma-aceitera-para-elaborar-papel>
- Hashim, R., Guan Seng, T., y Tanaka R. (2011). Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass, Materials and design, 32 (1), 246.
- Hidalgo, P. (2015). Factibilidad del uso del Raquis de Palma Africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4066>
- Monsalve, R., Romero. M., Miranda, M., Muñoz, G. (2014). Balance de materia y energía. Ciudad de México, México: Grupo editorial Patria.
- Moreno, J. Mormeneo, S. (2008). Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: Moreno, J. Moral, R. Editorial Científica. 2008. Compostaje. Madrid, Ediciones Mundi- Prensa. 570 p.
- Motato, K., Mejia, A. & Leon, Á. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (musa paradisíaca) y aserrín de abarco (cariniana piriformes) como sustratos para el cultivo del hongo pleurotus djamor, Revista de la facultad de química farmacéutica 13 (1), 24-29.
- Peña, E. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. INIFAT. Recuperado de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/342534/>

Salamanca, S. (2012). Compostaje de residuos industriales en Colombia, Técnicaña (28), 13-18.

Yepes, S., Montoya, L. & Orozco, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá Colombia. Facultad nacional de agronomía 61(1), 4422-4431.