



Junio 2018 - ISSN: 1696-8352

PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS CON DESECHOS DEL CAMAL, REALIZADO EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

**Daysi Caiza^a,
Alex Chimbo^a,
Liliana Bárbara Sarduy-Pereira^b,
Walter Esteban Pisco^b,
Karel Diéguez-Santana^{a,b*}**

^a Facultad Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica,
Paso Lateral km 2 ½ Vía Tena, Puyo, Pastaza, Ecuador,

^b IKIAM - Universidad Regional Amazónica, km 7 Vía Muyuna, Tena, Napo, Ecuador

*Autor para correspondencia:

Email: karel.diequez.santana@gmail.com,
karel.diequez@ikiam.edu.ec Telf: + (593) 995041600

Correos autores: loredaysi90@gmail.com,

liliana.sarduy@ikiam.edu.ec,

walter.pisco@ikiam.edu.ec,

karel.diequez.santana@gmail.com.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Daysi Caiza, Alex Chimbo, Liliana Bárbara Sarduy Pereira, Walter Esteban Pisco y Karel Diéguez-Santana (2018): "Propuesta de producción más limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua..", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (junio 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/elaboracion-abonos-organicos.html>

1.

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue evaluar el proceso de producción y diseñar un plan de producción más limpia en la planta de procesamiento de compost, ubicada en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, perteneciente a la provincia de Tungurahua. La elaboración de compost se realiza con 3550kg de residuos de faenamiento, 1000kg de bagazo de caña para el aporte al equilibrio de la relación C: N y 20 litros de un complejo líquido de bacterias aerobias y termófilas que aceleran el proceso de descomposición. Durante dos meses aproximadamente, el material a compostar es acumulado, en una cama compotera donde se aplican las baterías degradadoras de materia orgánica y se producen 2000kg de abono orgánico, los cuales son distribuidos por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Baños de Agua Santa a las comunidades aledañas. Se detectaron los puntos críticos en los diferentes procesos de producción, y se propusieron medidas de producciones más limpias que permitan mejorar el desempeño ambiental de la producción de

compost a partir de residuos de camales. Las instalaciones, no cuentan con una infraestructura adecuada, carecen de equipos para controlar parámetros como temperatura, humedad y peso. Por otro lado, no hay un sistema de tratamiento o aprovechamiento de los líquidos o lixiviados, resultantes de la descomposición de materia orgánica, aspectos que según los trabajadores serán solucionados. Las medidas propuestas en el proceso incluyen realizar una planta de tratamiento de lixiviado o aprovecharlo como abono líquido, implementar una máquina volteadora, evaluar un sistema de inyección de aire con control de temperatura y oxígeno adecuado; y adquirir envoltura plástica degradable para el embalaje del producto final.

Palabras claves: Compost, residuos de camal, bagazo de caña, producciones más limpias.

ABSTRACT

The purpose of this paper was to evaluate the production process and to design a cleaner production plan in the compost processing plant, located in the sanitary landfill of the Baños de Agua Santa canton, belonging to the province of Tungurahua. The compost is made with 3550kg of slaughter waste, 1000kg of cane bagasse for the contribution to the C: N ratio balance and 20 liters of an aerobic and thermophilic bacteria complex that accelerate the decomposition process. During two months approximately, the material to be composted is accumulated, in a compost bed where organic matter degrading bacteria are applied and 2000kg of organic fertilizer are produced, which are distributed by the Autonomous Decentralized Government of Baños de Agua Santa to the communities surrounding. Critical points were detected in the different production processes, and cleaner production measures were proposed to improve the compost production environmental performance. The facilities do not have adequate infrastructure, they lack equipment to control parameters such as temperature, humidity and weight. On the other hand, there is no system of treatment or use of leachates, resulting from the organic matter decomposition, aspects that according to the workers will be solved during year 2018. The proposed measures in the process include making a leachate treatment plant or using it as a liquid fertilizer, implementing a compost turning machine, evaluating an air injection system with adequate temperature and oxygen control; and to acquire degradable plastic wrap for the final product packaging.

Keywords: compost, slaughterhouse waste, cane bagasse, cleaner productions

2. INTRODUCCION

Los residuos de matadero constituyen las partes no comestibles de los animales sacrificados para la producción de carne, restos como la sangre y otros subproductos, muchas veces pueden comprender hasta 45% o más del animal sacrificado (Franke-Whittle & Insam, 2013). Las compañías de alimento de mascotas adquieren grandes cantidades de cartílagos, huesos y otros tejidos no comestibles, pero quedan elevadas cantidades que son desechadas lo que representa hoy día un serio desafío logístico para los centros que sacrifican animales o las plantas procesadoras de carne (Sanabria-León, Cruz-Arroyo, Rodríguez, & Alameda, 2007).

Como plantea, Arvanitoyannis and Ladas (2008) las elevadas cantidades, los costos de tratamiento de la eliminación y la ausencia o incumplimiento de medidas legales permiten que la eliminación de estos desechos se convierta fácilmente en inadecuada e insegura. Varios tratamientos se han intentado implementar, la aplicación terrestre en sitios propios del matadero (Ksheem, Bennett, Antille, & Raine, 2015; Li, Chen, Zhang, Edis, & Ding, 2005), como fuentes de energía alternativas en la producción de biogás (Hejnfelt & Angelidaki, 2009; Palatsi, Viñas, Guivernau, Fernandez, & Flotats, 2011), o como materia prima para procesos de compostaje (Antille, McCabe, Van Der Spek, & Baillie, 2018; Blazy et al., 2014). Pero como propone el primero de estos últimos estudios mencionados existe una escasez de información disponible en la literatura científica sobre el uso beneficioso de los residuos de camal como material fertilizante, por lo que aún resta realizar muchos esfuerzos por lograr que el proceso y sus resultados sean positivos ambientalmente.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) definió las Producciones más limpias (PML) como una herramienta estratégica ambiental preventiva de aplicación continua a procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia general y para reducir los riesgos al ser humano y el ambiente (PNUMA, 2006). Estos procedimientos o tecnologías de producción más limpias pueden ser aplicados a procesos que se utilicen por cualquier industria, a los productos y también a los servicios ofertados a la sociedad. Según un estudio en industrias manufactureras

elaborado por esta entidad la PML se emplea hacia una optimización de materias primas, recurso hídrico y por ende energía, con la mitigación y emisión de desechos contaminantes. Al mismo tiempo, contribuyen con la disminución de impactos ambientales, a la salud de los consumidores y disposición de los productos (Restrepo Gallego, 2006; Tituaña, 2009)

En Ecuador se han desarrollado análisis de comportamiento y gestión ambiental en otros temas productivos, como cría de peces (Cabezas, Amaguay, Diéguez-Santana, & Sablón Cossío, 2017), cría de animales de corral (Arcos Morales, Palate Checa, Diéguez-Santana, & Sablón Cossío, 2017), cría de animales salvajes en cautiverio (Tacuri Farez, Rojas Guano, Diéguez-Santana, & Sablón-Cossío, 2018), sin embargo estos estudios no han sido enfocados hacia las producciones más limpias, y los residuos de camales siguen siendo hoy día una preocupación nacional.

En los camales municipales del Ecuador, la gestión ambiental ha sido desatendida debido a la falta de recursos económicos y por el desconocimiento de las ventajas que implica una gestión adecuada de los desechos. Se emplean grandes volúmenes de agua que se convierten luego en descargas altamente contaminantes, que incluyen heces y orina, sangre, desechos de la carne y grasas, además desechos sólidos como estiércol, partes no comestibles, con el consecuente riesgo sanitario, generación de malos olores y otras contaminaciones. Lo que implica modificar el proceso productivo o implementar tecnologías y/o medidas amigables con el medio ambiente, aunque signifique un elevado incremento en los costos del proceso (León, 2014).

El compost es el producto resultante de la biodegradación de los desechos orgánicos en presencia de comunidades microbianas durante diferentes etapas de descomposición (Peters, Koschinsky, Schwieger, & Tebbe, 2000). Es un proceso aeróbico que permite incluir diferentes tipos de desechos orgánicos e inorgánicos como sustratos varían, y pueden, lodo de aguas residuales, estiércol de cerdo, ganado o aves de corral, desechos de jardín y desechos sólidos municipales.

El proceso de compostaje tiene cuatro fases principales: Mesófila, esta fase dura pocos días y luego se alcanzan los 40°C (León, 2014). Termófila, la temperatura incrementa y, la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren, Mesófila II o fase de enfriamiento requiere de varias semanas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). Maduración o fermentación, en esta fase el proceso de biodegradación se desarrolla más lento y las emisiones también disminuyen (Román et al., 2013). Por lo general, los microorganismos presentes en el compost incluyen bacterias, actinomicetos y hongos. Durante el proceso, los microbios descomponen la materia orgánica y producen dióxido de carbono, agua, calor y humus (Epstein, 1997), entre otros compuestos. El calor producido puede destruir organismos patógenos si están expuestos a altas temperaturas durante un período de tiempo suficiente. El producto es un abono sólido, libre de patógenos y es beneficioso, al ser arrojado al suelo. Esta tecnología se puede aplicar tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como individualmente (en el jardín o en la finca). Además, para el proceso de compostaje no se requiere una gran inversión, ni una elevada formación técnica (Román et al., 2013). Entre los parámetros de seguimiento más importantes que se encuentran en el compost son: temperatura, humedad y pH.

Existen principalmente dos tipos de sistemas de compostaje, hileras y sistemas en tachos. Este último requiere menos espacio, proporciona un mejor control y ofrece una alta eficiencia de proceso (Cekmecelioglu, Demirci, Graves, & Davitt, 2005), pero las temperaturas más altas alcanzadas no permiten la destrucción de los agentes patógenos lo que limita su empleo en residuos de camales que poseen elevadas cargas microbianas, por lo que se ha encontrado que el compostaje en hilera es el enfoque más apropiado para los desechos de mataderos.

Por otra parte, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el 2011, promueve la elaboración de abonos orgánicos, con el fin de impulsar una agricultura limpia. Es por eso que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) municipales del país han implementado estas técnicas en los botaderos de basura o rellenos sanitarios, para aprovechar los residuos orgánicos generados por mercados, camales o domésticos.

El relleno sanitario del Cantón Baños, ubicado en la comunidad Juive Grande, de la provincia de Tungurahua comprende siete hectáreas de terreno, en el cual se realiza; clasificación de la basura, manejo de residuo peligrosos y producción de abono orgánico con desechos del camal. Todo esto con el fin de mejorar el tratamiento de los desechos sólidos que se generan en el cantón (León, 2014). Pero a pesar de tener una buena iniciativa con la producción de compost, al Gobierno

Municipal le falta realizar una infraestructura con normas de calidad, control de vectores, aprovechamiento de los lixiviados (biol) y mejor empaçado. Observando esta problemática y con el fin de aportar al medio ambiente, se planteó la presente investigación, con el objetivo de evaluar el proceso de producción y diseñar un plan de producción más limpia en la producción de abono orgánico en el relleno sanitario de Baños.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El relleno sanitario del Cantón Baños ubicado en la comunidad Juive Grande con una altitud de 1825 msnm, de la provincia de Tungurahua a 6 km de la ciudad de Baños vía Ambato, con coordenadas -1.4112050, -78.4753650, es una zona rodeada por el volcán Tungurahua y otras elevaciones que cubren con fuertes vientos en la ciudad de Baños y el relleno sanitario, es una zona climática tropical, su temperatura habitual es de 15 – 25 °C en verano (ver Gráfico 1), comprende siete hectáreas de terreno (ver mapa 2), en el cual se realiza; clasificación de la basura, manejo de residuo peligrosos y producción de abono orgánico con desechos del camal (ver Gráfico 2).

Gráfico 1.- Localización del relleno sanitario del cantón Baños.

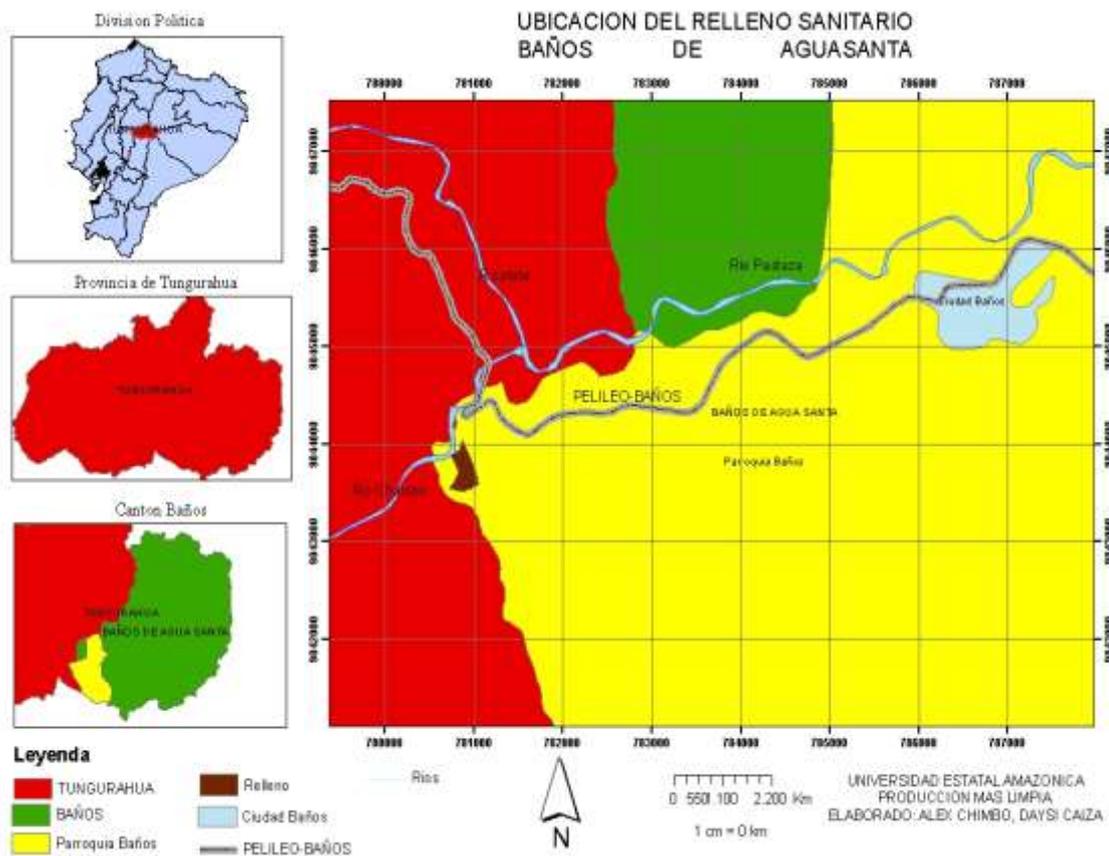


Gráfico 2. Mapa topográfico de las instalaciones o distribución del relleno sanitario.



3.2 Metodología del estudio.

El estudio se realizó en el relleno sanitario del cantón Baños, Provincia de Tungurahua, Ecuador y se llevó a cabo en dos etapas:

Primera etapa:

Diagnóstico del Lugar.

Se realizó la gestión del permiso de ingreso al relleno sanitario del cantón Baños con el Ingeniero Ambiental Juan Caiza, jefe del relleno sanitario para recorrer las instalaciones del lugar, y determinar la situación inicial. Se recopiló información del peso que ingresa de desechos de camal, bagazo de caña, etc. y se tomaron fotografías de cada uno de los procesos. En los casos donde no existían reportes de dichos datos se tomaron los datos desde el inicio del proceso hasta la fase final.

Diagrama de flujo.

Con los datos obtenidos por la visita se elaboró un diagrama de flujo de los procesos de la fabricación de compost y se describió cada etapa del proceso.

Ecomapa

Se elaboró un ecomapa de lugar, ubicando los puntos críticos en los cuales se pueda aplicar alternativas amigables con el medio ambiente.

Ecobalance o Balances de masa y energía

Para la realización del ecobalance de masa se tomó en cuenta todos los valores en kilogramos que ingresan al compostaje, así como valores de salida. Para el ecobalance se emplearon los valores de las planillas de luz de la planta, y se compararon con los consumos de los equipos existentes, basado en el modelo, potencia y cantidad de horas al día que se utilizan.

Segunda etapa:

Encuesta

Para realizar la encuesta en la planta no se calculó el número de muestra, debido a que en la planta de compost solo trabajan tres personas y por ende se encuestaron a los tres trabajadores. La encuesta constó de 12 preguntas cerradas con el fin de determinar la situación de la planta.

Planificación

Se realizó el análisis económico valor agregado del compost incluyendo a accionista, clientes, trabajadores y comunidad. Se elaborará un posible comité de PML, con objetivos, obstáculos para su aplicación y cronograma de actividades.

Análisis de costo e ingresos

Para realizar el análisis de costos e ingresos de todo el proceso se realizó con los registros obtenidos en el diagnóstico, luego se tabularon y fueron procesados en una hoja de cálculo Microsoft Excel.

Plan de mejora en la producción

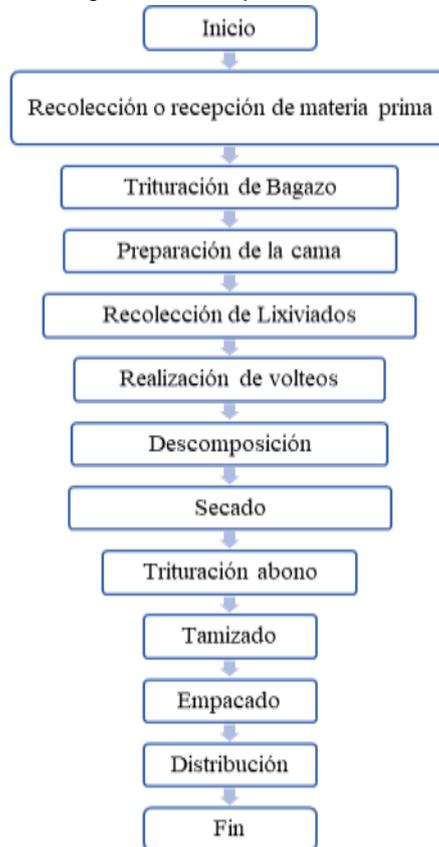
Para ello se indagó en las diferentes fuentes científicas, considerando las mejores alternativas aplicables en el lugar.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del proceso

El compostaje favorece la calidad del suelo, el cual necesita para su elaboración: materia orgánica, población microbiana inicial y condiciones óptimas. A continuación (Gráfico 3), se detalla en un diagrama de flujo, los procesos que se lleva a cabo en la producción compost:

Gráfico 3. Diagrama de Flujo Del Proceso



Productivo

Fuente: Elaborado por los autores

4.1.1 Recolección o recepción de la materia prima

La principal materia prima decepcionada son desechos del camal provenientes del faenamiento de bovinos, ovinos y porcinos del camal municipal de Baños. Entre estos se destacan excretas, cueros, pieles vísceras, contenido digestivos, pelos y sangre. Los desechos son transportados en tanques plásticos que son cubiertos con bagazo triturado para mitigar olores, en una camioneta. Las camionetas llegan al relleno sanitario de lunes a viernes con 97,70kg diarios, 1660,87 kg mensual y para producir 2000kg de compost utilizan alrededor 3321,74 kg, esto quiere decir, que colectan la materia por dos meses.



Imagen 1. Recepción de desechos del camal

Fuente: Fotografía tomada por los autores

Debido a que los desechos de camal son pobres en carbono y ricos en nitrógeno, resulta imprescindible mezclarlos con materiales ricos en carbono, como el bagazo de caña (León, 2014), El bagazo es el subproducto fibroso procedente de los tallos limpios de caña de azúcar después de someterlos al proceso de extracción del jugo en los molinos o pelado de caña (García-Prado et al., 2015). Desde el punto de vista químico, está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina como principales polímeros naturales, además presenta pequeñas cantidades de otros compuestos clasificados como extraños (Basanta, Delgado, Martínez, Vázquez, & Vázquez, 2007). El bagazo es recolectado de la *Asociación de Expendedores de Jugo de Caña del cantón Baños*. Este es transportado en el recolector de basura o en camiones, una vez por semana. En muchas ocasiones los mismos vendedores de caña, son los que transportan el bagazo al relleno; la cantidad que ingresa semanalmente al relleno es de aproximadamente 2 toneladas.

4.1.2 Trituración del bagazo

Para que la descomposición sea eficiente el bagazo debe ser triturado, y la masa tenga la aportación de aire, una porosidad y humedad adecuada (Barros Cedeño, 2007). Una vez que llega el bagazo al relleno, se almacena en un área de almacenamiento de 10m de largo, por 10m de ancho y 4m de altura. Luego se tritura en una máquina trituradora como lo indican en la imagen 2. La chipiadora o trituradora es de tipo Gato de Oso, Modelo ECO SC2206, este equipo es altamente eficaz para reducir el bagazo, tiene cuchillos reversibles con filo de sierra para triturar, garantiza un menor consumo de energía, menor vibración, su alimentación es manual y tiene una capacidad de corte hasta de 2 ¾" (7 cm) de diámetro (Bearcat, 2016). De las 2 toneladas que ingresan, una tonelada se trituran aproximadamente unos 1000kg de bagazo (1 tonelada).

Imagen 2. Trituración de Bagazo de caña



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.3 Preparación de la cama

Para enriquecer el compost en cualquiera tipo de compostera se inicia colocando una capa de material vegetal seguido desechos y otro vegetal, además usar cal agrícola o ceniza para enriquecer el compost (Cuadros, 2007).

En un área cubierto de 3m de ancho, por 6 metros de largo, 0,80 m de profundidad y 4m de alto, con una pendiente de 30° para evitar problemas de lixiviados (Ver Gráfico 4), se puso una capa de bagazo triturado, luego se vertió los tanques de desecho y nuevamente coloco otra capa de bagazo encima (imagen 1), luego se cubrió con plástico negro para evitar malos olores y evitar vectores (moscas, roedores) (imagen 4).

La cama para llenarse por completo demora 2 meses aproximadamente. Y una vez a la semana se arroja cal en los alrededores de la cama para no atraer vectores.

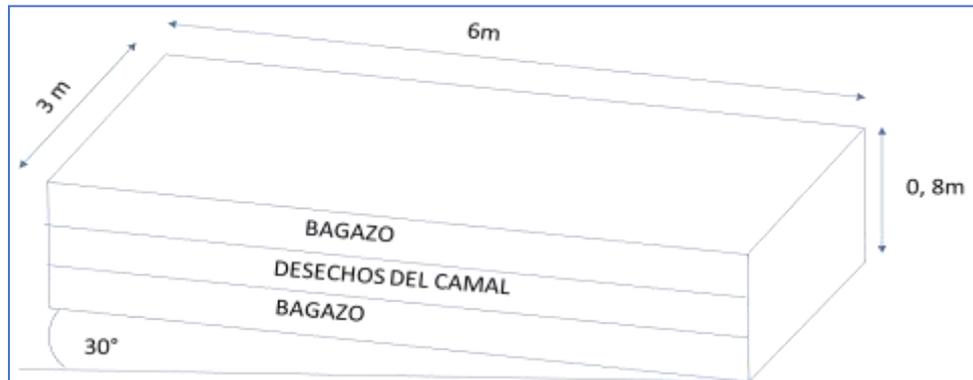


Gráfico 4. Diseño de la cama de compostaje.

Fuente: Elaborado por los autores



Imagen 4. Cubierta del material con plástico negro.

Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.4 Recolección de lixiviados

En el proceso de transformación de los restos en compost, la materia orgánica se degrada formando un fertilizante líquido orgánico denominado lixiviado. La humedad de la materia orgánica es el principal factor que acelera la generación de lixiviados fertilizante líquido orgánico. Recientemente, los lixiviados están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades (Román et al., 2013).

Los lixiviados o también llamado biol son transportados por cunetas realizadas al final de la cama y transporta a un a tanque de concreto de 1m^3 (imagen 5). El cual es recogido todas las mañanas en baldes y vertido en los alrededores mezclándolo con agua, durante la fase de descomposición de la materia orgánica (imagen 6).

Imagen 5. Tanque de Lixiviados del compost.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Imagen 6. Aprovechamiento de biol.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.5 Realización de volteos

El volteo tiene como objetivo airear la pila y/o disipar calor y reducir la temperatura. La diferencia de temperaturas entre las zonas y el tamaño de cada una depende en cierta forma de la frecuencia de volteo. Este ayuda a redistribuir el perfil de temperatura para que las capas superiores que están a inferior temperatura se expongan a las altas temperaturas del nivel interior (León, 2014).

Una vez llenada la cama se realiza el volteo manual de cama con palas y rastrillos de 2 puntas, para homogeneizar el material y airear la cama. Esto se lo realiza una vez por semana durante 6 semanas (imagen 7).

Imagen 7. Volteo manual de cama



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.6 Descomposición.

Un proceso de compostaje eficiente y satisfactorio depende de la presencia de una alta diversidad microbiana (Beffa et al., 1996). En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación de la biomasa en humus y eliminación de los patógenos (Jaramillo, 2008). Diferentes comunidades microbianas (microorganismos aerobios mesofílicos, termotolerantes y termófilos) predominan durante las cuatro fases consecutivas del proceso (Beffa et al., 1996). Las bacterias han sido detectadas, en la mayoría de los ambientes, por técnicas modernas de amplificación genética, pero no han sido cultivadas ni se conoce bien sus modos de vida. Los caldos microbiológicos son una mezcla de productos orgánicos. Lo que se busca con estos caldos es la colonización del sistema de producción por microorganismos benéficos y la obtención de nutrientes por acción microbiana (Albuja, 2009). Es importante controlar las condiciones ambientales en compost (temperatura, pH, aireación, humedad, disponibilidad de sustratos) que tienen como resultado etapas de crecimiento exponencial y fases estacionarias para diferentes organismos (Franke-Whittle & Insam, 2013).

En este proceso se emplea un complejo de bacterias degradadoras de materia orgánica, con nombre comercial *Microcompostic*. Estas bacterias descomponedoras se caracterizan por ser aerobias y termófilas, producen enzimas celulolíticas, lignilolíticas, proteolíticas, lipolíticas, eficaces para acelerar el proceso de compostaje o para degradar materia orgánica en campo (Garcés, 2014). Está compuesto por unidades formadoras de colonias de microorganismos, las mismas son aceleradoras del proceso de compostaje y descomponedoras de materia orgánica 5×10^{14} /mL (Albuja, 2009). Es necesario colocar el producto donde exista una menor temperatura del sol es decir en las tardes y mañanas ya que si se aplica en altas temperaturas se puede disminuir el modo de acción del producto y decreciendo la población de microorganismos. Cuando se va a aplicar en camas se debe aplicar 100ml de *Microcompostic* por cada metro cúbico de la cama (Garcés, 2014).

El modo de preparación de la bacteria descomponedora en el relleno sanitario para elaborar el compost de residuos de camales se realiza de la siguiente manera: En un tanque plástico tambor de 200Lt. Se mezclan 185 litros de agua, 10 litros de *Microcompostic* (imagen 8), 2 litros de leche, 1 litro de melaza de caña de azúcar y 200gr de levadura. Después de tres meses se puede usar esta mezcla en el compostaje.

Para acelerar el proceso de descomposición se fumiga bacteria prepara con microcompostic con una bomba fumigadora *Aspersora Manual Reliant*, cada semana después de realizar el volteo de cama. Durante 6 semanas. Aproximadamente se fumiga unos 5 litros semanales, lo que significa que para todo el proceso se utilizan 20 litros.

Imagen 8. Acelerador de descomposición *Microcompostic*.

Fuente: Fotografía tomada por los autores



4.1.6 Secado

Después de la maduración, algunos sistemas pasan por una etapa de secado que puede variar de unos días a varios meses. Esta etapa de secado es necesaria en algunas ocasiones. El compost no seco tiende a aglutinarse en bolas (Román et al., 2013). Pasado los 2 meses de descomposición, el material descompuesto es transportado en caretilas a un lugar amplio, seco, ventilado y donde reciba calor directo del sol (imagen 9). Por las noches y en caso de lluvia es cubierto por geomembrana y/o plástico. Esto se lo realiza por una semana. En esta etapa se pretende adicionalmente minimizar algunas de las preocupaciones relacionadas con el proceso y el uso de compost en la agricultura, como la eliminación y la propagación de algunos patógenos de animales, humanos y plantas (Beffa et al., 1996).

Imagen 9. Secado de compost



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.7 Trituración abono

El objetivo de la trituración y molienda es producir partículas pequeñas de unas más grandes. La trituración reduce el volumen, lo que genera ahorro en el almacenaje, transporte y distribución (Villalba, Corral, López, & Ordaz, 2016). Para ser triturado el material seco pasa por dos trituradoras de diferentes tipos:

Trituradora ECO SC2206 BEAR CAT 5.5 HP: que se utilizó en la trituración de bagazo, que deja la materia en gránulos gruesos (imagen 10a).

Trituradora ECO SC3305 BEAR CAT 8 HP: adecuada para triturar hojas, residuos de poda y jardinería, y para chipear compost seco desde 76mm (3") a 127mm (5") de diámetro (Terramak, 2016). Doble tolva de entrada, una directamente al rotor para materiales leñosos y otra al tambor para triturar desechos orgánicos menos fibrosos (imagen 10b).

Todo esto es para disminuir el volumen y poder empacar de mejor manera. Lo cual se realiza por una semana.

Imagen 10. a) Trituradora ECO SC2206 BEAR CAT 5.5 HP y b) Trituradora ECO SC3305 BEAR CAT 8 HP



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.1.8 Tamizado

Una vez se ha comprobado que el compost está maduro, se realiza un tamizado del material con el fin de eliminar los elementos gruesos y otros contaminantes (metales, vidrios, cerámicas, piedras). El tamaño del tamiz depende de la normativa del país, pero comúnmente es de 1,6 cm. El material grueso que no pasa a través de la malla del tamiz en su mayoría es material lignocelulósico (maderas) y volverá a una nueva pila de compostaje para cumplir una doble función, seguir descomponiéndose y servir como inoculante de bacterias compostadora (Román et al., 2013). Mientras unos trabajadores trituran otros van tamizando con la finalidad de desechar material no degradado, para lo cual se utiliza una zaranda de malla con orificio cuadrados de 0,5 cm diámetro.

4.1.9 Empacado

Se puede considerar por terminado el proceso de compostaje y listo para empacar cuando el sustrato tiene las siguientes características: granulometría homogénea, tamaño de partícula uniforme, textura suelta, color oscuro, olor agradable a tierra, humedad máxima del 60% y pH de 6,5 a 7,5 (Villagómez Castillo, 2014). A medida que se tamiza, se empaca el compost en lonas de 45kg (imagen 11). El abono empacado debe ser protegido del sol, el viento y lluvia, para evitar la pérdida de su actividad microbiana, así como el lavado y volatilización de sus elementos fertilizantes (MAGAP, 2014)

Imagen 11. Empacado de compost.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

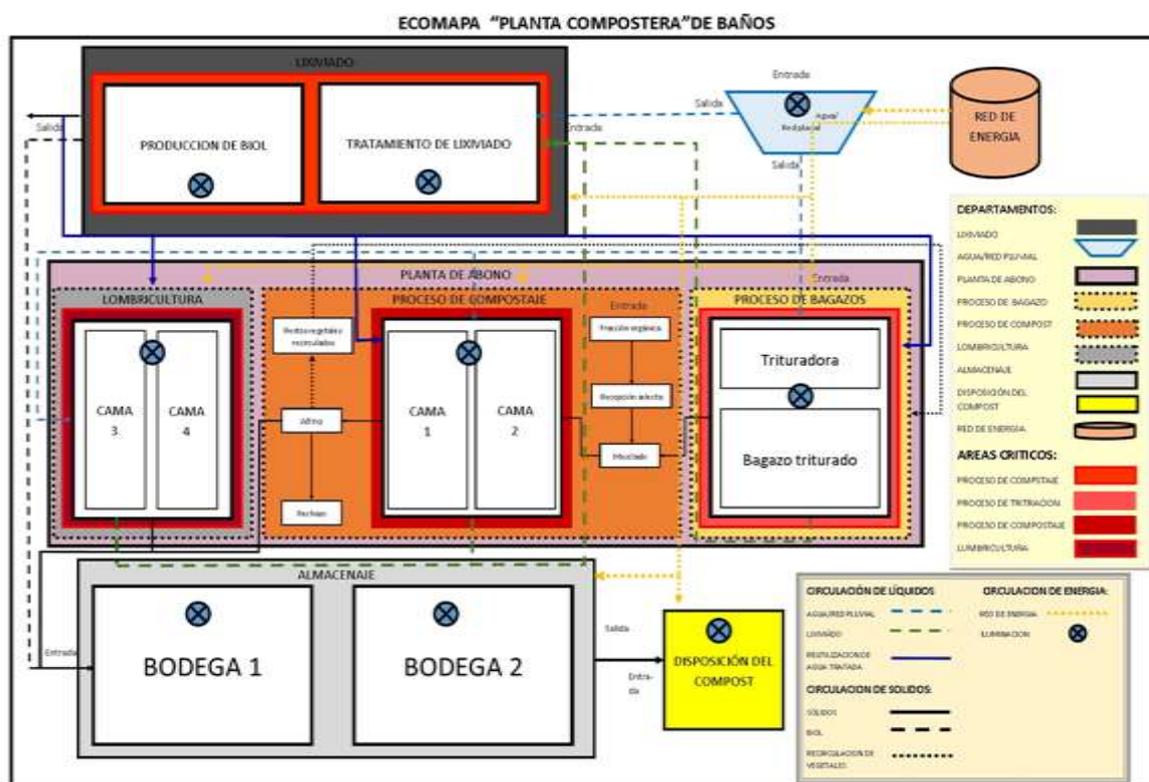
4.1.10 Distribución

Una vez culminado el proceso de empaquetado del compost, el producto se encuentra listo para ser entregado a los agricultores de las comunidades del cantón Baños.

4.2 ECOMAPA

En el Gráfico 5 se muestra el ecomapa que define los procesos que abarca la planta de compost, en la leyenda se muestra los puntos críticos del lugar como es el de tratamiento de lixiviados, la infraestructura del lugar, entre otros más. Además, se puede observar las características más relevantes: tiene dos bodegas de almacenaje de bagazo de caña, dos camas composteras.

Gráfico 5. Ecomapa de la planta de compost en el relleno sanitario del cantón Baños



Fuente: Elaborado por los autores.

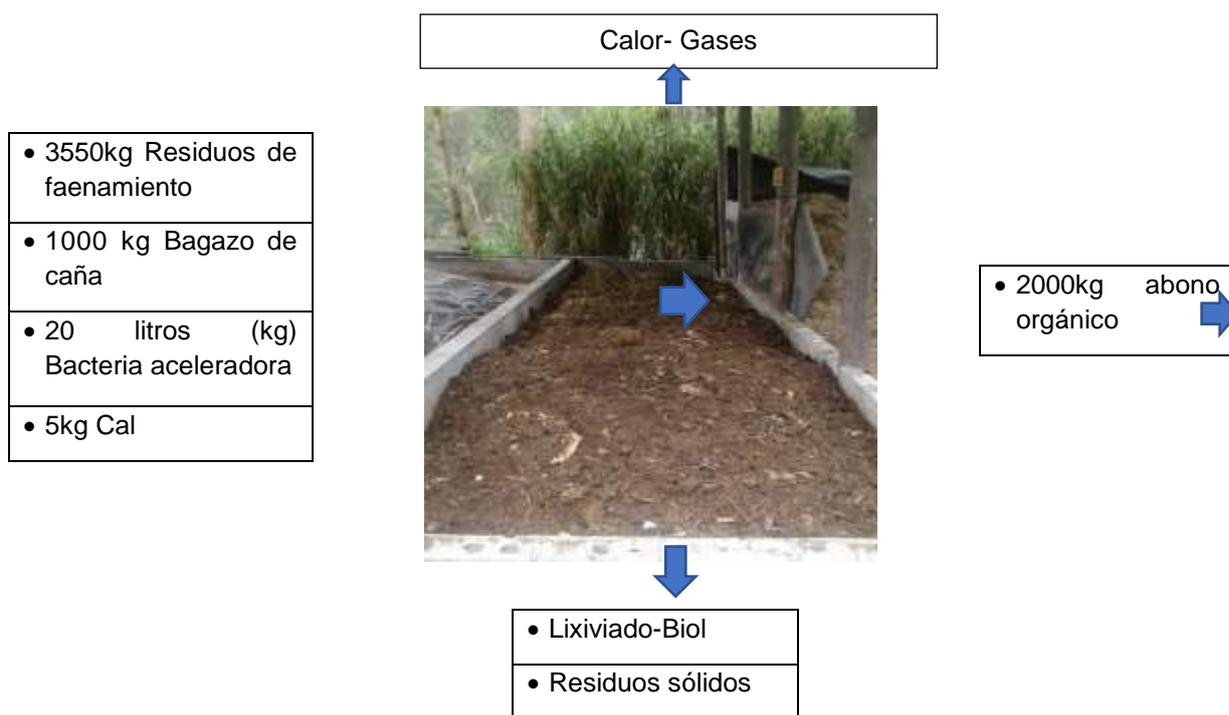
En el ecomapa se pueden observar los principales lugares críticos o con dificultades ambientales a tratar, las zonas rodeadas en rojo, áreas de procesos, principalmente son puntos críticos que tienen desechos sólidos y líquidos principalmente que no son tratados adecuadamente y necesitan áreas externas o tratamientos complementarios. Esto ha sido abordado en otros estudios en industrias productoras de alimentos lo que refleja la importancia del aprovechamiento y correcta gestión de residuos (Diéguez-Santana, Arteaga-Pérez, Casas Ledon, & Rodríguez Rico, 2013)

4.3 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

4.3.1 BALANCE DE MASA.

El gráfico 6 presenta el balance de masa y energía utilizado en la producción de abono orgánico. En una cama de 3m x 10m de dimensiones, con una pendiente de 30°.

Gráfico 6. Balance de masa del compost



Fuente: Elaborado por los autores.

Ecuación general= 3550 kg Residuos de faenamiento +1000 kg Bagazo de caña+10 litros bacteria aceleradora + 5kg Cal \longrightarrow 2000kg abono orgánico +biol+ gases + residuos sólidos.

En lo que respecta al balance de masa se demuestra que se cumple con lo afirmado por Cedeño Bermeo (2017) en un estudio de optimización del proceso de faenamiento en el camal del cantón general Antonio Elizalde que menciona que en el proceso de compost se degrada en un 50% la materia orgánica. En nuestro caso ingresaron 3550 kg de residuos de camal, 1000kg de bagazo de caña, 20kg de agua, 5kg de cal, dando como resultado 4575 kg, y de producto saliente un total de 2000kg de abono, es decir, se convierte en compost un 43.7 % en dos meses, esto puede estar asociado a los elevados niveles de humedad de los residuos provenientes del camal, pues a pesar de que se aplicó la bacteria acelerante, como plantea Chávez (2014) las variaciones de degradación en el tiempo y masa en el compost, se deben a factores climáticos, al tipo de materia compostada y lo más importante al tipo de organismo que se encuentre en el proceso.

4.3.2 BALANCE DE ENERGÍA

En la tabla 1 de muestra el cálculo de energía eléctrica consumida en cuatro meses.

Tabla 1. Balance de energía eléctrica de la planta de compost

No.	Tipo trituradora	Fase	Potencia por maquina[HP]	Potencia (KW)	Hora semana	Horas proceso completo	Energía (kWh)
1	ECO SC2206 BEAR CAT	Trituración de Bagazo	5,5	4,10	4	32	131,2432
		Trituración de Abono	5,5	4,10	15	15	61,52025
1	ECO SC3305 BEAR CAT	Trituración de Abono	8	5,97	15	15	89,484
TOTAL (kWh)							282,25
COSTO USD							\$26,33

Fuente: Elaborado por los autores.

Si el kWh cuesta 9,33 centavos según Empresa Eléctrica EEASA 2017, entonces, multiplicando de la siguiente manera, se obtendrá el costo aproximado de la energía que se consume en el proceso de producción de compostaje: $282,25 \text{ kWh} \times 0,0933 = \$26,33$

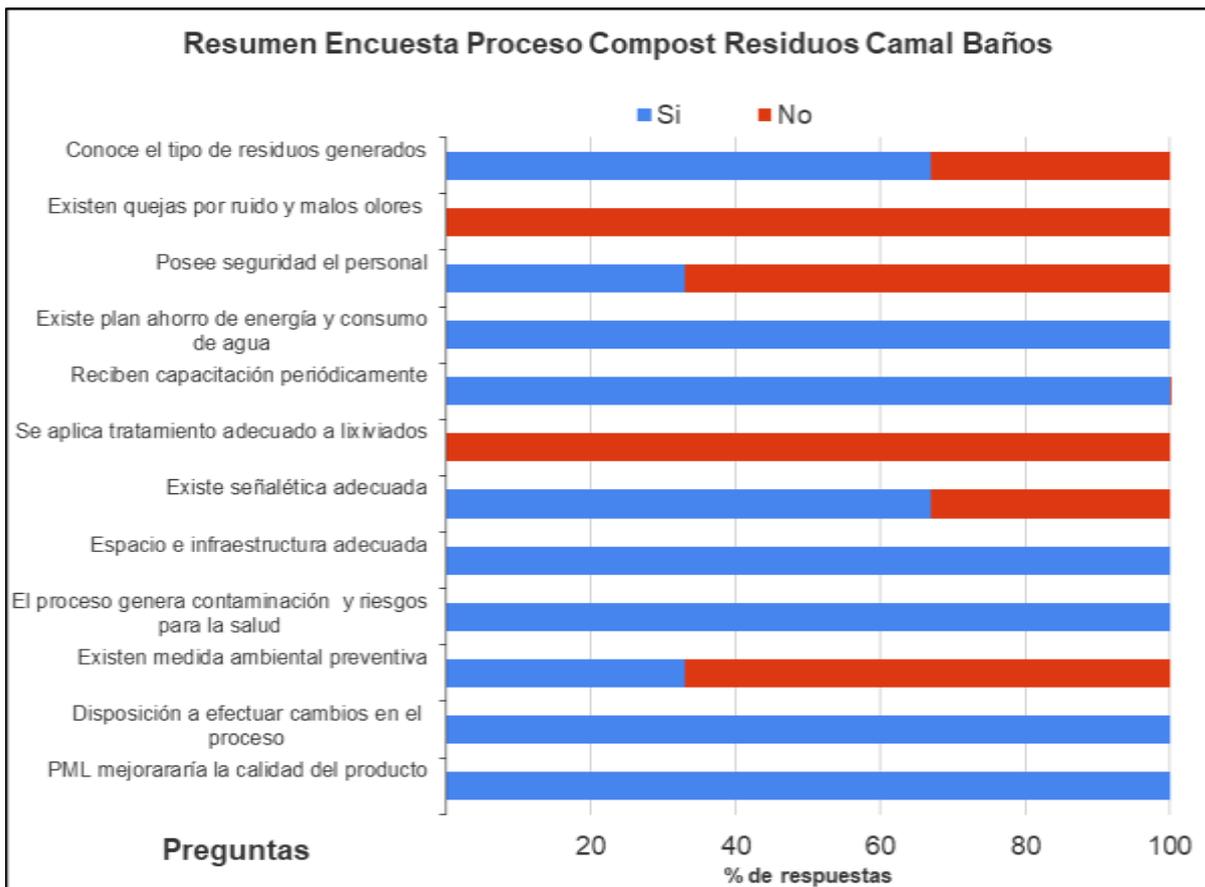
El consumo de energético en los cuatro meses que dura el proceso es de aproximadamente \$26,33. Lo cual indica que esta técnica no es muy costosa.

El balance de energía realizado de acuerdo al tiempo de utilización de las dos trituradoras, al tipo y potencia de las máquinas se puede calcular que en todo el proceso se consume alrededor de \$26,33, no se logró obtener una planilla de luz del lugar debido a que tenía un medidor global. Pero como mencionan (Morante & Morante, 2015) la elaboración de compost es una técnica económica que no tiene un elevado consumo de energía eléctrica.

4.3 RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA

La encuesta se realizó a todos los trabajadores de la planta de producción de compost, en este caso únicamente a tres personas (director del relleno sanitario y dos jornaleros), por lo cual no se aplicó ninguna fórmula para sacar la muestra. El objetivo de la encuesta es para saber cuál es la situación actual o inicial de la planta de compost, obteniendo los siguientes resultados mostrados en el gráfico 7.

Gráfico 7 Resumen de respuestas de la encuesta aplicada al proceso compost de los residuos del camal del municipio Baños de Agua Santa.



Fuente: Elaborado por los autores.

Sobre el tipo y la cantidad de residuos sólidos que se generan, de los tres trabajadores encuestados el 67% afirma que conocen el tipo y la cantidad de residuos sólidos que generan en la producción de compost, mientras que 33% (1) desconoce las especificidades de los residuos generados. En cuanto al ruido y olor generado en la producción El 100% de los encuestados indican que no se produce ruidos y olores que molesten a las poblaciones cercanas ya que el relleno sanitario se encuentra a las afueras del cantón. En lo relacionado con el equipamiento adecuado para la seguridad de su personal en la planta de compostaje, dos personas (67%) mencionan que si cuentan con el equipamiento adecuado para la seguridad de su personal, mientras que el 33%(un encuestado) señala que no cuenta con el equipo necesario, debido que a no se les entrega de forma constante sino cada tres o cuatro meses. Otro aspecto analizado fue la existencia de un plan destinado al ahorro de energía y consumo de agua, donde la totalidad afirman que si cuentan con un plan destinado al ahorro de energía y consumo de agua. Un elemento que aporta disminución de costos en el proceso de compost. La quinta pregunta fue enfocada a la periodicidad de las capacitaciones por parte de las empresas involucradas, (GAD Baños u otras entidades), donde los trabajadores mencionan que reciben capacitación de forma permanente, además, instrucciones mensualmente o cuando lo requieran.

En temas asociados a los contaminantes, la pregunta 6 sobre el tratamiento de los lixiviados, todos mencionan que los lixiviados salen del proceso de compostaje sin ningún tratamiento adecuado, aunque está en propuesta realizar un adecuado manejo para el cuarto trimestre del 2018. En lo respectivo a la señalética de la instalación el 67% de los encuestados manifiesta que la planta no cuenta con su respectiva señalética y a pesar de que en algunos lugares si cuenta, en otros hay que darles mantenimiento ya que con el tiempo tienden a opacarse y ya no se ven, Por otro lado, el 33% dice que si tiene su señalética correspondiente. La pregunta 8 abordó la disponibilidad de espacio físico e infraestructura adecuada para la producción de compost, donde el 100% de los encuestados concuerda que tienen suficiente espacio, pero que les hace falta tener una infraestructura más acorde a las exigencias de las normativas ecuatorianas. La pregunta 9, sobre los efectos de contaminación ambiental y riesgo para la salud que puede generar el proceso, el 100% señala que las actividades realizadas en la producción de abono con desechos de camal, no genera

contaminación ambiental y riesgo para la salud. Por qué se cumple con la normativa ambiental y medidas de bioseguridad. Por su parte, en la incorporación de medida ambientales preventivas (Pregunta 10), el 33% señala que si han considerado incorporar algún tipo de medida ambiental preventiva en la producción de compost, como es el tratamiento de lixiviados. Mientras que 66% desconoce.

En los criterios sobre potencialidades futuras enfocadas a la gestión ambiental existe una aceptación general de incorporar mejoras a los procesos, pues el 100% de los encuestados en las preguntas 11 y 12 responden positivamente a efectuar cambios de proceso para un mejor comportamiento ambiental y a que, la aplicación de las producciones más limpia, pudiera mejorar la calidad del producto al evaluarse cada etapa del proceso y se buscar estrategias o cambio de técnicas más adecuadas.

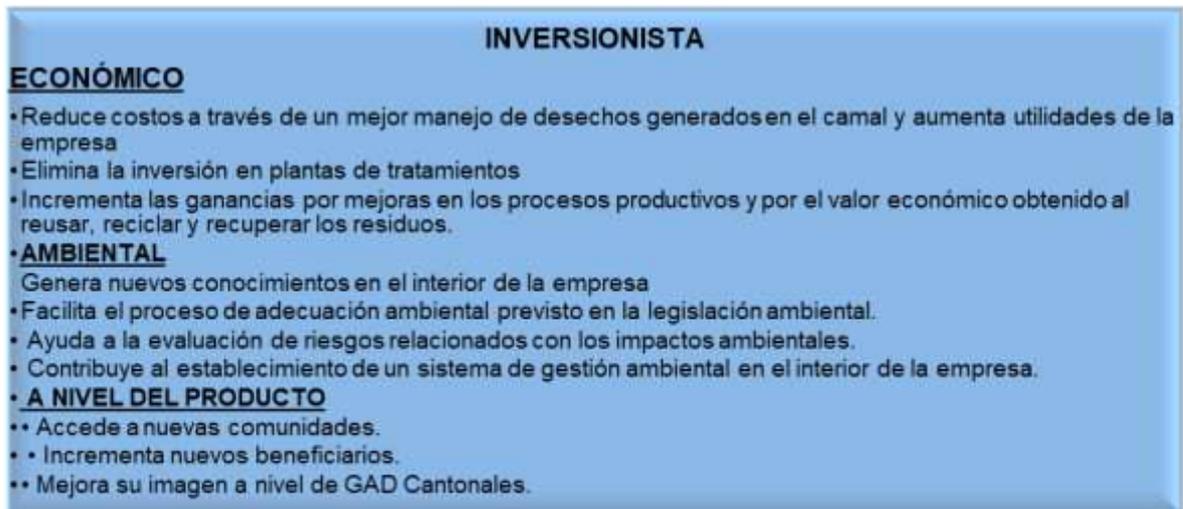
En resumen, la encuesta realizada a los trabajadores se pudo constatar que todos estaban capacitados y que la planta tenía una infraestructura improvisada, la cual debía ser cambiada por una nueva, según las normas INEN. Por otro lado, los lixiviados no tenían tratamiento el cual se vierte directamente provocando una contaminación al mismo, ya que este líquido es demasiado fuerte si se lo vierte directamente (Andrade, 2016). Por el momento mencionan que no realizarán plan de mejora en este proceso debido a falta de presupuesto. En el diagnóstico de lugar se evidenció, que se estaba realizando el abono de manera adecuada pero que les faltaba, implementar maquinaria que se muestra en la propuesta de mejora. Este abono es totalmente libre químicos por los que es amigable con el ambiente, para el proceso se utilizó 20 litro de líquido con bacteria aceleradora debido a que los desechos de camal tiene abundante agua (Morante & Morante, 2015). Lo cual no tenía problema de estar regando agua.

4.4 PLANIFICACIÓN

4.4.1 Valor Agregado

A partir de una evaluación regional y del proceso que se realiza, descrito anteriormente se efectúa un correspondiente análisis del potencial valor agregado de este producto y los diferentes factores involucrados o participantes en la actividad. A continuación, en el gráfico 8 se muestra el valor agregado potencial de compost, este incluye a los inversionistas, clientes, trabajadores y comunidad en general.

Gráfico 8. Valor agregado del proceso de compost.



Fuente: Elaborado por los autores.

El valor agregado que tiene este producto como ya se mencionó anteriormente es un producto 100% orgánico y lo mejor de todo es que para las comunidades no tiene costo es totalmente gratuito (es costeado por el gobierno municipal), lo cual incentiva a los agricultores a minimizar el uso de fertilizantes químicos que son dañinos tanto para la salud de las personas como para el medio ambiente.

4.4.2 Comité de PML

El comité técnico estará integrado por la Dirección de Gestión De Saneamiento Ambiental, los técnicos especializados en gestión ambiental del GAD Baños de Agua Santa, el Ingeniero responsable del relleno sanitario y los operarios de la planta de tratamiento de residuos orgánicos, que desempeñaran las diferentes funciones para lograr el objetivo final: Impulsar la implementación de la producción más limpia en el proceso del compost, para mitigar la contaminación ambiental, aprovechar los desechos de camal y promover el desarrollo sostenible.

4.4.3 Identificaciones Obstáculos

Obstáculos que podrían existir para alcanzar los valores agregados antes mencionado.

Obstáculos que pueden intuir negativamente en el valor agregado y que no se pueda obtener calidad significativa requeridas en diseño tecnológico inadecuado: importación de tecnologías externas sin tener en cuenta las repercusiones que tendría trabajar en situaciones diferentes, desequilibrio de nutrientes y problemas de anaerobiosis: provocados por el tratamiento de la fracción orgánica sin aporte de restos vegetales ricos en carbono, falta de políticas activas de comercialización y ausencia de campañas de apoyo para difundir entre los usuarios el beneficio ambiental y agronómico del uso de compost.

Establecer un precio para el compost, aunque fuera bajo, para mantener la imagen de un producto de mercado, y evitar regalarlo, incluso en momentos de baja demanda, resulta apremiante establecer una normativa de calidad para lograr un buen resultado en las políticas de comercialización y ofrecer garantías a los usuarios mediante la certificación del compost. El control incluye la evaluación de estrategias de corrección, para ajustar el estado actual al plan y determinar cuándo es necesario modificar o elaborar un nuevo plan. La evaluación de estrategias en la planeación es “el control de la producción del plan.

4.6 Análisis de Costo e Ingresos

4.6.1 Análisis de costos

En la tabla 2 se indica el análisis de costo del proceso **realizado para un (1) ciclo, de 60 días y una producción obtenida de 2000 kg.**

Tabla 2. Análisis de costo de la elaboración de compost.

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Materia Prima e Insumos				
Bagazo de la caña	kg	1000	0,00	0,00
Levadura	g	200,00	0,00430	0,86
Microcompostic	L	1,00	10,00	20,00
Melaza	L	1,00	0,25	0,50
Leche	L	2,00	0,75	3,00
Residuos del camal	kg	3321.74		
SUBTOTAL				24,36
Depreciación de activos fijos				
Trituradora ECO SC2206 BEAR CAT 5.5 HP	deprec/día	1,00	8454,84	1878,85
Trituradora ECO SC3305 BEAR CAT 8 HP	deprec/día	1,00	2424,49	1212,25
SUBTOTAL				3091,10
Consumo agua				
Consumo para la planta compostera	L	20,00	0,00048	0,01
SUBTOTAL				0,01
Consumo energía eléctrica				
Trituración de Bagazo	kw/h	357,94	0,12	42,95
Trituradora gruesa	kw/h	167,78	0,12	20,13
Trituradora fina	kw/h	167,78	0,12	20,13
SUBTOTAL				83,22
Talento humano planta				
Obrero	salario/mes	2,00	561	1122,00
SUBTOTAL				1122,00
Talento humano administrativo				

Director	salario/mes	1,00	1086	1086,00
SUBTOTAL				1086,00
Servicios y otros gastos				
Teléfono, Internet		1,00	16,8	16,80
SUBTOTAL				16,80

Fuente: Elaborado por los autores

Finalmente se obtiene como resultado un total de gasto 5423,49 USD.

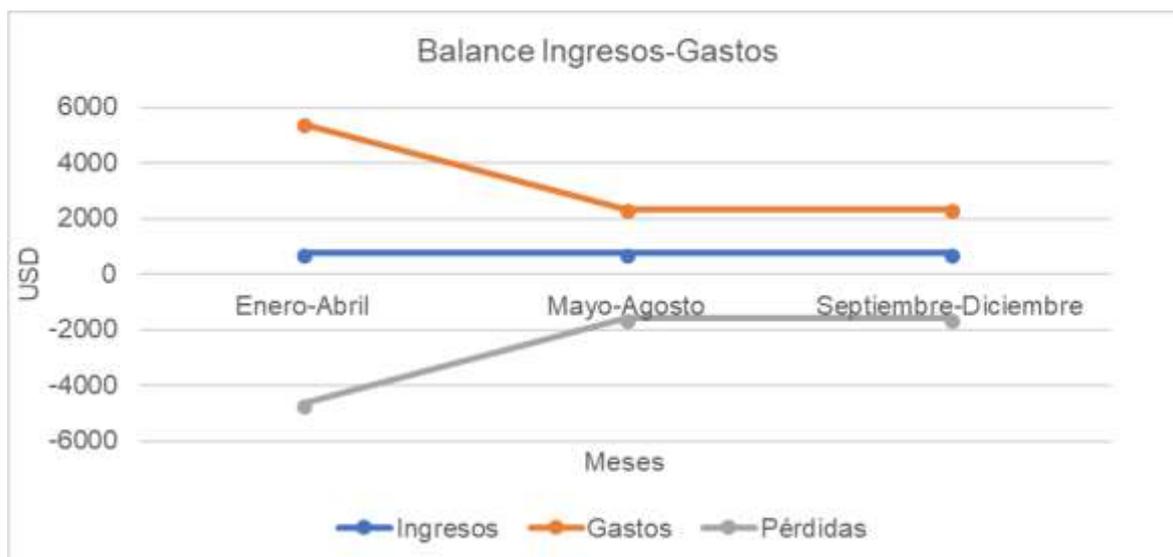
4.6.2 Análisis de Ingresos

Al realizar el análisis de ingreso de la planta, se obtiene un total, de ingreso: 660.00 USD, pues los 2000 kg son valorizados a un valor de 0.33 USD cada kg, en un ciclo de 4 meses, estos valores aún son mínimos, pues aún existen dificultades en el empleo de estos productos por agricultores, pero valorando los posibles elevados costos de tratamientos y disposición final de los residuos de camales, las externalidades justifican que se realicen inversiones para disminuir sus potenciales impactos ambientales en los diferentes ecosistemas locales.

4.6.3 Balance Ingresos – Gastos

En el gráfico 9 se muestra el balance de ingresos y gastos de la planta de compost

Gráfico 9. Balance Ingresos-Gastos



Al realizar el balance de ingresos gastos de la planta de compost (gráfico 3) se puede resumir la obtención del producto final del compost es cada 4 meses y hemos tenido un ingreso de \$ 660 USD, como gastos es de \$ 5423,57 USD; lo hemos dividido en tres periodos de cuatros meses, en el primer periodo se observa que como ganancia obtenida se encuentra en un rango es superior a los \$ -2000 USD. A partir del segundo periodo las pérdidas son inferiores a los \$ -2000 USD porque no se lo ha considerado a la depreciación de activos fijos que son equipos de trituración. En el tercer periodo se estabilizan las perdidas en \$ -1582.39 USD, viendo desde un punto económico no es rentable. Se refleja lo anteriormente mencionado en la sección anterior, balances económicos negativos que deben ser costeados por los emisores de los residuos de mataderos, en cumplimiento del principio del que contamina paga. También se puede adicionar que los operarios y el personal técnico asociado al proceso, tiene un considerable gasto salarial que pudiera ser compensado con otras actividades para disminuir los costos indirectos del proceso.

4.7 Propuesta de para el plan de mejora de producción más limpia

- Empaquetado del compost con Bio – Plástico de fécula de papa.

Según (Arteaga Quintana, 2014) afirma que el bio-plástico es un tipo de material de plástico, que se caracteriza por poseer propiedades elásticas y flexibles que permiten moldear y dar diferentes formas de aplicación por medio de extrusión, moldeo o hilado, estas moléculas pueden ser de origen natural por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho natural que es el hule o sintéticas como es el polietileno el nylon (Acosta & Peralta, 2015) y se los emplean en su fabricación son resinas en forma de bolitas, polvo o en solución, y lo que le hace especial para el uso de una idea alternativa ideal se sabe que una sola papa se puede obtener 10 bolsas bioplásticas y estas se degradan en 180 días(Cedeño Bermeo, 2017). El costo de este material es de 10,85 USD por kilogramos(Document, 2015). El uso de una remalladora de sacos con sistema de bomba manual para lubricación y corte automático del hilo sin tijeras, el uso de hilo 100% polyester color blanco crudo, es indispensable porque facilita y agiliza el proceso del acabado del producto y da mejor aspecto del saco, seguridad para el contenido y así evitar, minimizar el esparcimiento del producto del biol y abono(Apaza, 2013). Costo de la enrolladora de sacos \$ 115 y el hilo de coser sacos \$ 1,45.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAD), Capítulo V, Art. 95, Literal: Los productos frescos o procesados que hayan sido producidos o elaborados a efectos del presente Instructivo, podrán utilizar los términos “ecológico” “biológico” u “orgánico” una vez que cumplan con las disposiciones establecidas en el Instructivo y las normas legales de etiquetado de productos alimenticios del país (INEN 1334). Las etiquetas deberán contener el código POA de la agencia certificadora de la cual depende el operador que haya efectuado la última operación de transformación del producto y el código de registro POA emitido por (AGROCALIDAD, 2013).

- **Circulación de lixiviado.**

Se procede a colocar tuberías para la recolección del lixiviado, longitudinalmente encima de la geomembrana, los tubos PVC para la recogida del lixiviado son de 10 cm de diámetro y tienen perforaciones cortadas con láser similares a un colador sobre la mitad de la circunferencia y utilizando el sistema de aislamiento mixto de arcilla y la geomembrana, que es una capa apropiada de drenaje y protección del suelo(Andrade, 2016). Precio del tubo PVC \$ 9,24, rollo de la geomembrana PVC de 250 micras \$190 termo sellado \$27,84.

- **Sistema de aireación forzada**

En la planta procesadora de compost se debe implementar una aireación forzada con el objetivo de introducción aire de forma mecánica(Tigrero Bacilio, 2015). Esta técnica es aconsejable aplicarla para tener un mayor control de la concentración de oxígeno (Arteaga Quintana, 2014) y mantenerla en un intervalo apropiado, con esto se favorecería el proceso metabólico de los microorganismos aerobios (Barros Cedeño, 2007).

El aporte de oxígeno se llevará a cabo por varias vías con tubería PVC. Adema se introduciría un termostato(Cajamarca, 2012), para que de forma automática la máquina de aire se prenda o se apague con el fin de ahorrar energía(Acosta & Peralta, 2015). El costo de este sistema bordea los \$1000 a \$2000.

- **Máquina para realizar los volteos y homogeneizar el material**

Como ya se mencionó anteriormente los volteos se los realiza de forma manual con pala y con el fin de precautelar la salud de los trabajadores, ya que están expuesto a contagios de algunos hongos o bacteria; para (Albuja, 2009) es recomendable que se lleven a cabo con una maquina mezcladora de compost, la cual va mezclando el material de forma rápida obteniendo una máxima eficiencia. El precio en el mercado de esta máquina bordea desde los \$5500 a \$8000 según Alibaba Group, un distribuidor de tecnología de venta a nivel mundial.

4.8 Plan de acción para una producción más limpia en la planta de compostaje

En todos los casos el responsable del cumplimiento de la mejora planteada es el Comité de PML

A continuación, se muestra tabla 3, el plan de mejora para la producción de compost con desechos de camal en el relleno sanitario del cantón Baños.

Tabla 3. Plan de acción para una producción más limpia en la planta de compostaje

MEJORA	PLAZO	INVERSIÓN, USD	INDICADO RES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SEGUIMIENTO
Empaquetado del compost con Bio – Plástico de fécula de papa	3 meses	500	Quintales de compost	Quintales cocidos y con etiqueta	Registro, fotografías, Inspección semestral
Circulación de lixiviado	12 meses	1 800	Litros Biol/día	Registro	Registro, fotografías, Inspección trimestral
Sistema de aireación forzada	9 meses	2 000	% Humedad	Registro	Registro, fotografías, Inspección anual
Máquina para realizar los volteos y homogeneizar el material	6 meses	5 500	Horas de volteo/día	Registro	Registro, fotografías, Inspección anual
TOTAL		9 800			

Fuente: Elaborado por los autores

CONCLUSIONES

La Producción Más Limpia PML, se aplica en procesos productivos cuyo fin es el de optimizar o minimizar materias primas, agua, energía, etc.; para reducir la cantidad de gases tóxicos emitidos a la atmosfera y residuos desde la fuente; reduciendo los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño hasta su disposición final. Por otro lado, la PML es una elección más sostenible, que constituye una necesidad del desarrollo, porque se mejora la gestión ambiental y económica de las empresas que significa ahorro.

La elaboración de compost con desechos de camal y bagazo de caña es una solución técnica y socio-económicamente optada por el gobierno Autónomo descentralizada del cantón Baños de Agua Santa, con el objetivo de apoyar a las comunidades rurales del cantón. El proceso de compost dura aproximadamente cuatro meses, de los cuales dos meses recolectan los desechos de camal y dos meses se descompone la materia orgánica. Se procesan 3321,74 kg de desechos del camal, 1000kg de bagazo triturado y 20 litros bacteria aceleradora, en una cama de 3m de ancho por 6 m de largo, bajo cubierta y se obtienen 2000 kg de abono orgánico cada cuatro meses. En lo que respecta al consumo de energía utilizan dos máquinas trituradoras las cuales en todo el proceso consumen \$26,33.

Aplicando la PML en este proceso, se ha propuesto las siguientes alternativas: realizar una planta de tratamiento de lixiviado con el fin de aprovecharlo como abono líquido o biol; para que los trabajadores no tengan contacto con desechos de camal al momento de realizar volteo. Se analizó implementar una máquina volteadora homogeneizadora de material, la cual realizará el trabajo a menor tiempo; un sistema de inyección de aire con un termostato para que tenga oxígeno adecuado; en lo que respecta al empaquetado adquirir envoltura plástica degradable con el objetivo que no entre la humedad, una maquina cosedora y que la envoltura contenga una etiqueta con los porcentajes de nutrientes.

El compostaje puede servir potencialmente como un método aceptable de eliminación de residuos de matadero. Sin embargo, algunos tratamientos adicionales serían necesarios para inactivar algunos patógenos en el producto final. Es importante considerar estudios posteriores que evalúen la calidad del fertilizante y sus tasas óptimas de aplicación en cultivos agronómicos, también hacer una valoración de la estabilidad ambiental de los residuos durante el proceso, y evaluar los riesgos potenciales del almacenamiento in situ y el uso agrícola dentro o fuera del sitio debido al riesgo de contaminación por patógenos así como cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (N₂O, CH₄, CO₂) después de la incorporación del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, W., & Peralta, I. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. (Zootecnia), Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- AGROCALIDAD. (2013). Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica - ecológica - biológica en el Ecuador. Ecuador.
- Albuja, M. B. (2009). *Evaluación de parámetros físico químicos y microbiológico del abono obtenido de los desechos orgánicos del mercado mayorista de la ciudad de Ibarra, elaborado mediante dos métodos de inoculación de bacterias microcompostic: PE compost y compostaje convencional*. (Ingeniero), Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede - Ibarra, Ibarra, Ecuador.
- Andrade, S. M. (2016). *Elaboración de compost a partir de desechos orgánicos con el uso de bacterias ácido-lácticas y trichoderma spp. En la ciudad de Ibarra*. Quito: Universidad de las Américas, 2016.
- Antille, D. L., McCabe, B. K., Van Der Spek, W., & Baillie, C. P. (2018). An investigation into the fertilizer potential of slaughterhouse cattle paunch. *Transactions of the ASABE*, 61(1), 87-101. doi: 10.13031/trans.12342
- Apaza, D. E. (2013). *Compostaje y biodigestión con subproductos de camal en Puno-Perú*. (Doctor en Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente), Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
- Arcos Morales, G., Palate Checa, B., Diéguez-Santana, K., & Sablón Cossío, N. (2017). Comparación del sistema de producción y ambiental de cuyes en la Amazonía y en la Sierra Ecuatoriana. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (noviembre 2017).
- Arteaga Quintana, J. F. (2014). *Evaluación de dos técnicas de pre-tratamiento para la degradación de desechos lignocelulósicos provenientes del DMQ*. Universidad Internacional SEK.
- Arvanitoyannis, I. S., & Ladas, D. (2008). Meat waste treatment methods and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(3), 543-559. doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01492.x
- Barros Cedeño, M. G. (2007). *Clasificación y manejo de residuos rólidos orgánicos rel mercado y camal municipal del cantón Buena Fe para la obtención de compost*. (Grado Previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario), Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Buena Fé, Los Ríos, Ecuador.
- Basanta, R., Delgado, M. G., Martínez, J. C., Vázquez, H. M., & Vázquez, G. B. (2007). Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: Una revisión sustainable recycling of waste from sugarcane agroindustry: A review. *CYTA-Journal of Food*, 5(4), 293-305.
- Bearcat. (2016). Catalog of products - ECHO Bear Cat.
- Beffa, T., Blanc, M., Lyon, P. F., Vogt, G., Marchiani, M., Fischer, J. L., & Aragno, M. (1996). Isolation of Thermus strains from hot composts (60 to 80°C). *Applied and Environmental Microbiology*, 62(5), 1723-1727.
- Blazy, V., de Guardia, A., Benoist, J. C., Daumoin, M., Lemasle, M., Wolbert, D., & Barrington, S. (2014). Odorous gaseous emissions as influence by process condition for the forced aeration composting of pig slaughterhouse sludge. *Waste Management*, 34(7), 1125-1138. doi: 10.1016/j.wasman.2014.03.012
- Cabezas, B., Amaguay, J., Diéguez-Santana, K., & Sablón Cossío, N. (2017). Factores medio ambientales que influyen en el desarrollo de la cachama en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador*, (septiembre 2017).
- Cajamarca, D. A. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos*.
- Cedeño Bermeo, J. E. (2017). *Optimización del proceso de faenamiento en el camal del cantón general Antonio Elizalde (Bucay), Ecuador*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.
- Cekmecelioglu, D., Demirci, A., Graves, R. E., & Davitt, N. H. (2005). Applicability of Optimised In-vessel Food Waste Composting for Windrow Systems. *Biosystems Engineering*, 91(4), 479-486. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2005.04.013
- Cuadros, S. (2007). *Compostaje y Biometanización Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental*. (pp. 61). España: Escuela Española de Negocios.

- Chávez, L. M. (2014). *Uso de desechos de camal (contenido ruminal, sangre y estiércol) en la elaboración de compost con la utilización de diferentes sustratos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias.
- Diéguez-Santana, K., Arteaga-Pérez, L. E., Casas Ledon, Y., & Rodríguez Rico, I. L. (2013). Análisis de ciclo de vida y caracterización ambiental en una industria alimenticia. *Revista Centro Azúcar*, 40(52-58).
- Documetr, L. (2015). *Obtención de harina de cuernos y pezuñas de ganado bovino (Bos taurus) y evaluación de su aplicación como abono orgánico*. (Tesis Magister Scientiae en Ciencias Ambientales), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Epstein, E. (1997). *The Science of Composting* (1th ed.). New York: Routledge.
- Franke-Whittle, I. H., & Insam, H. (2013). Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. *Critical Reviews in Microbiology*, 39(2), 139-151. doi: 10.3109/1040841X.2012.694410
- Garcés, K. (2014). Información del Complejo Bacteriano Microcompostic. Laboratorios AGRODIAGNOSTIC. Quito .
- García-Prado, R., Pérez-Martínez, A., Diéguez-Santana, K., Mesa-Garriga, L., González-Herrera, I., González-Cortés, M., & González-Suarez, E. (2015). Incorporación de otras materias primas como fuentes de azúcares fermentables en destilerías existentes de alcohol. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 75, 130-142. doi: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n75a13>
- Hejnfelt, A., & Angelidaki, I. (2009). Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products. *Biomass and Bioenergy*, 33(8), 1046-1054. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.03.004>
- Jaramillo, G. (2008). Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos en Colombia. *Medellín: Universidad de Antioquia*.
- Ksheem, A. M., Bennett, J. M., Antille, D. L., & Raine, S. R. (2015). Towards a method for optimized extraction of soluble nutrients from fresh and composted chicken manures. *Waste Management*, 45, 76-90. doi: 10.1016/j.wasman.2015.02.011
- León, D. (2014). *Plan de gestión para mejorar el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos en el Camal Municipal del Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Li, Y., Chen, D., Zhang, Y., Edis, R., & Ding, H. (2005). Comparison of three modeling approaches for simulating denitrification and nitrous oxide emissions from loam-textured arable soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 19(3), 1-15. doi: 10.1029/2004GB002392
- MAGAP. (2014). Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ecuador.
- Morante, S., & Morante, S. L. S. (2015). *Elaboración y comercialización de abonos orgánicos a través de una procesadora en el cantón pueblo viejo de la provincia de los Ríos*. Babahoyo: UTB. 2015.
- Palatsi, J., Viñas, M., Guvernau, M., Fernandez, B., & Flotats, X. (2011). Anaerobic digestion of slaughterhouse waste: Main process limitations and microbial community interactions. *Bioresource Technology*, 102(3), 2219-2227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.09.121>
- Peters, S., Koschinsky, S., Schwieger, F., & Tebbe, C. C. (2000). Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(3), 930-936. doi: 10.1128/AEM.66.3.930-936.2000
- PNUMA. (2006). *Acuerdos Ambientales y Producción Mas Limpia*. Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente, InWEnt.
- Restrepo Gallego, M. (2006). Producción más limpia en la industria alimentaria. *P+L*, 1(1), 87-101.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Sanabria-León, R., Cruz-Arroyo, L. A., Rodríguez, A. A., & Alameda, M. (2007). Chemical and biological characterization of slaughterhouse wastes compost. *Waste Management*, 27(12), 1800-1807. doi: 10.1016/j.wasman.2006.07.025
- Tacuri Farez, B., Rojas Guano, N., Diéguez-Santana, K., & Sablón-Cossío, N. (2018). Análisis ambiental del manejo en cautiverio de la guanta (cuniculus paca), en la Amazonia, para la conservación de la especie. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Terramak. (2016). Catálogo y Manual de Chipiadoras Móviles. México D.F.

- Tigero Bacilio, I. F. (2015). *Estudio técnico para elaborar abono orgánico a partir de los desechos sólidos y líquidos no utilizados y minimizar el impacto ambiental negativo en el camal regional, ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena.* (Grado Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Industrial), Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.
- Tituaña, E. (2009). *Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis. Tabacundo, Pichincha.* (Grado Previa A La Obtención Del Título De Ingeniera Agrónoma), Universidad Central Del Ecuador, Quito, Ecuador
- Villagómez Castillo, D. A. (2014). *Elaboración de bocashi a partir de residuos del faenamiento de animales del camal de la Maná, provincia de Cotopaxi.* (Grado de ingeniería ambiental), Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Villalba, L. A. G., Corral, C. P., López, E. J. M., & Ordaz, J. L. (2016). Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET. *CULCyT*(54).

ANEXO 1. Modelo de la encuesta aplicada a los trabajadores

ENCUESTA REALIZADA AL PERSONAL ENCARGADO DE LA PRODUCCIÓN ABONO ORGÁNICO CON DESECHOS DE CAMAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA

Fecha: _____

A. Datos de los encuestados

Nombre	
Profesión	
Edad	
Género	

B. Preguntas: Lea detenidamente las siguientes preguntas, responda con sinceridad y señale con una X.

No.	Pregunta	SI	NO
1.	¿Conoce el tipo y la cantidad de residuos sólidos que se generan?		
2.	¿El ruido y olor generado en la producción molesta a la población más cercana, o ha existido alguna queja?		
3.	¿Su planta cuenta con el equipamiento adecuado para la seguridad de su personal?		
4.	¿Cuentan con un plan destinado al ahorro de energía y consumo de agua?		
5.	¿El personal de la empresa recibe periódicamente algún tipo de capacitación en general?		
6.	¿Es tratado los lixiviados que salen del proceso de compost?		
7.	¿Cuenta la planta con señalética?		
8.	¿La planta tiene un espacio e infraestructura adecuada para la producción de compost?		
9.	¿Considera que las actividades realizadas en la producción de abono con desechos de camal, genera contaminación ambiental y riesgo para la salud?		
10.	¿Han considerado incorporar algún tipo de medida ambiental preventiva?		
11.	¿Está dispuesto a efectuar cambios de proceso que sean amigables con el ambiente?		

12.	¿Cree usted que una producción más limpia ayudaría mejorar la calidad del producto?		
-----	---	--	--