



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**“APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE UNA
INDUSTRIA DE BALANCEADO ACUÍCOLA EN ELABORACIÓN DE UN
NUEVO PRODUCTO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTORES: MARÍA TERESA GONZÁLEZ PEÑA

ENRIQUE SEBASTIÁN ROMERO QUIROZ

TUTOR: ING. MARCELO BERRONES RIVERA, M. I. A.

Guayaquil-Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, María Teresa González Peña con cédula de ciudadanía No. 0923845846 y Enrique Sebastián Romero Quiroz con cédula de ciudadanía No. 0923088132 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación

Guayaquil, 20 de agosto del año 2023

Atentamente,



María Teresa González Peña
0923845846



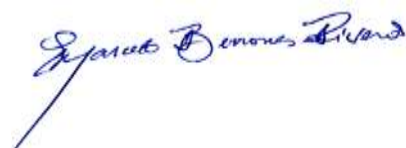
Enrique Sebastián Romero Quiroz
0923088132

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M.I.A., con cédula de ciudadanía No. 0914078290 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE UNA INDUSTRIA DE BALANCEADO ACUÍCOLA EN ELABORACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO, realizado por María Teresa González Peña con cédula de ciudadanía No. 0923845846, y por Enrique Sebastián Romero Quiroz con cédula de ciudadanía No. 0923088132 respectivamente, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de agosto del 2023

Atentamente,



Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M.I.A.
No. 0914078290

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, quien ha permitido que culmine con éxito mis estudios, mi camino académico siempre fue guiado por su luz y su divina gracia.

A mis amados padres Cecibell Peña y Ulpiano González, mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí y alentarme a perseguir mis sueños en el campo de la ingeniería. Su dedicación y sacrificio han sido fundamentales para mi éxito académico.

A mis hermanas Cecibel y Sofía, por su amor incondicional y su constante estímulo. Sus palabras de ánimo y presencia en cada paso del camino me han dado fuerzas en los momentos más desafiantes.

A mi familia y amigos cercanos, quienes han estado a mi lado en este viaje de aprendizaje. Agradezco la paciencia, comprensión y por ser mis confidentes en los momentos difíciles.

María Teresa González Peña

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Mónica Quiroz y Milton Romero, que han sido mi mayor inspiración y mi motor para seguir adelante con los estudios, gracias por toda la confianza que han puesto en mí, y todos mis triunfos son para ellos. A mis hermanos Diego y Andrés, que me han brindado su apoyo en los momentos difíciles y me han aconsejado a lo largo de mi vida.

Este triunfo también va dedicado a mis amigos más cercanos, María Teresa González, Bruno Díaz, Christian Acuña, Julio Espinoza y Mateo Maldonado, que han sido un gran apoyo para mí, gracias por estar siempre ahí conmigo, en las buenas y en las malas.

Enrique Sebastián Romero Quiroz

AGRADEDIMIENTO

Al culminar este importante capítulo de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a aquellos que han sido fundamentales en mi trayectoria.

Le agradezco a Dios porque me ha dado la gracia de poder elegir la carrera de mis sueños y la fuerza suficiente para continuar con mis estudios a pesar de dificultades que tuve que atravesar.

A mis padres, a mis hermanitas, a mi familia y amigos más cercanos, a mi compañero de tesis Enrique Romero Quiroz quien ha sido mi amigo durante toda la carrera.

Le agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana la cual siempre tuvo las puertas abiertas para la investigación y brindó un espacio de bienestar, desarrollé habilidades sociales, académicas y personales que sin duda se debe a la apertura que tienen con los estudiantes y jóvenes estando comprometidos con la comunidad.

A mi tutor el Ing. Marcelo Berrones Rivera, M.I.A., al Ing. Virgilio Ordóñez, Ph. D. y al Ing. Kevin Cedeño, M. gs., quienes hicieron la guía de este trabajo de titulación.

Especial agradecimiento a nuestra querida directora de Carrera, Ing. Carmen Palacios Limones M.gs, quien desde el primer semestre de la carrera de una manera muy especial me aconsejó y acompañó en todo este trayecto académico.

María Teresa González Peña

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a mi familia por su amor, paciencia y constante aliento. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso que he dado y ha sido un pilar de fuerza en los momentos difíciles.

También quiero agradecer a mi compañera de tesis y gran amiga María Teresa González, que desde el primer día ha estado ahí para escucharme, animarme y recordarme la importancia de mantener un equilibrio en mi vida.

A mi tutor de tesis, Ing. Marcelo Berrones Rivera, M.I.A., quiero agradecerle por su guía experta y su dedicación en orientarme durante este proyecto. Sus conocimientos, consejos y apoyo han sido invaluable, y su compromiso con mi crecimiento académico ha sido inspirador.

Agradezco también a mis compañeros y profesores, cuyo intercambio de ideas y discusiones en el aula han enriquecido mi experiencia académica. Sus contribuciones han sido fundamentales para mi desarrollo intelectual y personal.

Enrique Sebastián Romero Quiroz

RESUMEN

Una industria acuícola ubicada en el cantón Durán produce grandes cantidades de desechos orgánicos provenientes del proceso productivo. Este desecho se trata del producto balanceado húmedo que se obtiene como merma que por estándares de calidad no puede ser reprocesado ni aprovechado, por lo que es gestionado como desecho orgánico. El presente proyecto propone el método de compostaje como oportunidad para el aprovechamiento de este desecho, de esta forma disminuir la disposición final a vertederos, botaderos y relleno sanitario del cantón Durán. Se tomaron muestras de producto balanceado húmedo para poder caracterizarlo y se halló que el porcentaje de carbono (35,5 %), nitrógeno (5,4%) y humedad (26,7%), obteniendo una relación C/N de 6,6/1. Este dato es necesario para el proceso de compostaje con el fin de hallar sustratos complementarios que a su vez se obtienen de la cocina de la empresa (cáscaras de vegetales y frutas) para el correcto balance de carbono y nitrógeno. A través de tres composteras: Control, Balanceado 1 (10% producto húmedo balanceado) y Balanceado 2 (20% de producto húmedo balanceado), se llevó a cabo la experimentación y se monitoreó parámetros físicos-químicos como la temperatura, humedad, pH y nitrógeno. Como resultado se obtuvo que la compostera de control presenta las siguientes condiciones en la semana cuarta: 49% Humedad, 8.78 pH, temperatura 29.5°C y Nitrógeno: 1.04, lo que indica que cumple los parámetros de calidad de compost según la FAO. Por otro lado las composteras que contienen balanceado al cumplen con parámetros físicos (temperatura, humedad y pH), pero sobrepasan ligeramente el parámetro nitrógeno (2.57% Balanceado 1 y 2.69% Balanceado 2) lo que indica que para la formulación de las composteras mediante el cálculo de cantidades de sustratos, es necesaria la incorporación

de sustratos con mayor contenido de carbono y humedad para el proceso de composta, con el fin de llegar a un equilibrio óptimo entre carbono y nitrógeno en el producto final, este residuo se sugiere sea estiércol, que cumple con lo mencionado, en esta investigación no fue incorporado porque no es un desecho que genera la empresa acuícola.

Palabras clave: compost, desechos de balanceado de camarón, producto balanceado húmedo, industria acuícola, desechos orgánicos.

ABSTRACT

An aquaculture industry located in the Durán canton produces large quantities of organic waste from the production process. This waste is the wet balanced product that is obtained as waste that, due to quality standards, cannot be reprocessed or used, so it is managed as organic waste. This project proposes the composting method as an opportunity to take advantage of this waste, thus reducing the final disposal to landfills, dumps and sanitary landfills in the Durán canton. Samples of the wet balanced product were taken to characterize it and it was found that the percentage of carbon (35.5%), nitrogen (5.4%) and moisture (26.7%) are quite high, obtaining a C/N ratio of 6.6/1. This data is necessary for the composting process in order to find complementary substrates, which in turn are obtained from the company's kitchen (vegetable and fruit peels) for the correct carbon and nitrogen balance. Through three compost bins: Control, Balanced 1 (10% balanced wet product) and Balanced 2 (20% balanced wet product), the experiment was carried out and physical-chemical parameters such as temperature, humidity, pH and nitrogen were monitored. As a result, the control compost bin presented the following conditions in week four: 49% humidity, 8.78 pH, temperature 29.5°C and nitrogen: 1.04, which indicates that it complies with the compost quality parameters according to FAO. On the other hand, the compost bins containing balanced al meet the physical parameters (temperature, humidity and pH), but are out of range in the nitrogen parameter (2.57% Balanced 1 and 2.69% Balanced 2), which indicates that for the formulation of the bins by calculating the amount of substrates, it is necessary to incorporate substrates with higher carbon and moisture content for the composting process, in order to reach an optimal balance between carbon and nitrogen. This residue

is suggested to be manure, which complies with the aforementioned, in this research it was not incorporated because it is not a waste generated by the aquaculture company.

Keywords: compost, shrimp feed waste, wet feed, aquaculture industry, organic waste.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
DEDICATORIA	V
AGRADEDIMIENTO.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	X
1. Introducción.....	5
1.1. Antecedentes.....	7
1.2. Importancia y alcance	8
1.3. Delimitación.....	10
1.4. Objetivo general.....	11
1.5. Objetivos específicos	11
1.6. Marco Hipotético	12
2. Marco teórico.....	13
2.1. Introducción al compostaje	13
2.2. Desechos de la industria acuícola	14
2.2.1 Balanceado de camarón: características y composición	14
2.2.2 Problemas asociados con la gestión de residuos en este tipo de industrias.....	16
2.2.3 Opciones de compostaje de alimento balanceado	17
2.3. Compostaje como opción de tratamiento para el balanceado residual.	20
2.4. Proceso de compostaje: principios básicos y etapas	21
2.4.1 Relación Carbono/Nitrógeno	21
2.4.2 Factores claves en el compostaje	22
2.5. Calidad del compost.....	23
2.5.1 Parámetros de calidad del compost	25
2.6. Aplicaciones y casos de estudio del compostaje.....	26

2.7. Marco legal	26
3. Materiales y Métodos	29
3.1 Diseño de la investigación.....	29
3.1.1 Tipo de investigación	29
3.1.2 Procedimiento.....	29
3.1.3 Materiales	31
3.2 Métodos.....	32
3.2.1 Caracterización del producto balanceado húmedo.....	32
3.2.2 Formulación de las composteras:	34
3.2.3 Monitoreo del compost	36
4. Resultados y discusión.....	40
4.1. Caracterización del balanceado.....	40
4.2. Formulación de composteras	43
4.3. Monitoreo del compost	46
4.4. Análisis de costos	52
5 Conclusiones y Recomendaciones	55
5.1 Conclusiones	55
5.2 Recomendaciones	57
6. Bibliografía	58
Anexos.....	61

Indice de figuras

Figura 1. Ubicación de la compostera en la UPS campus María Auxiliadora.....	10
Figura 2. Perforación de cooler principal y colocar sobre el recolector de lixiviados. Elaborado por: González & Romero (2023)	30
Figura 3. Diagrama de flujo para determinar humedad en una muestra de suelo orgánico. Fuente: Sadzawka, y otros (2006)	37
Figura 4. Diagrama flujo del método para determinar pH en muestras de suelo orgánico. Fuente: Sadzawka, y otros (2006)	38
Figura 5. Muestreo de humedad de compost. Elaborado por: González & Romero (2023)	47
Figura 6. Muestreo de pH en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)	49
Figura 7. Muestreo de temperatura en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)	51

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de calidad de compost en las etapas de generación. Fuente: López, 2017	24
Tabla 2. Humedad de materia prima. Elaborado por: González & Romero (2023)	40
Tabla 3. Contenido de C en la muestra. Elaborado por: González & Romero (2023)	41
Tabla 4. Contenido de N en la muestra. Elaborado por: González & Romero (2023)	41
Tabla 5. Caracterización del sustrato (balanceado). Elaborado por: González & Romero (2023)	42
Tabla 6. Componentes de la Compostera Control. Elaborado por: González & Romero (2023)	43
Tabla 7. Componentes de la Compostera Balanceado 1. Elaborado por: González & Romero (2023).....	44
Tabla 8. Componentes de la Compostera Balanceado 2. Elaborado por: González & Romero (2023).....	45
Tabla 9. Registro de porcentaje de humedad en composteras: Control, Balanceado 1 y Balanceado 2. Elaborado por: González & Romero (2023).....	46
Tabla 10. Registro de pH en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)	48
Tabla 11. Registro de temperatura en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023).....	50
Tabla 12. Contenido de nitrógeno en las tres composteras en la semana 4 (etapa Mesofílica II). Elaborado por: González & Romero (2023)	51
Tabla 13. Análisis de costos de elaboración de compost. Elaborado por: González & Romero (2023).....	53
Tabla 14. Tabla de costo por Kg de compost elaborado. Elaborado por: González & Romero (2023).....	53
Tabla 15. Análisis de costos de disposición final con gestor ambiental. Elaborado por: González & Romero (2023)	54
Tabla 16. Tabla de costo por Kg de desecho gestionado. Elaborado por: González & Romero (2023).....	54

1. Introducción

La generación de desechos es un problema ambiental cada vez más apremiante en todo el planeta. El crecimiento poblacional, la urbanización y el consumo desmedido han aumentado significativamente la cantidad de desechos producidos diariamente.

Estos desechos incluyen desde materiales orgánicos hasta plásticos y productos electrónicos, lo que representa un desafío para su adecuada gestión y disposición. En Latinoamérica y el Caribe se calcula que cada persona genera aproximadamente 1 kilogramo de desechos, en su mayoría son de tipo orgánico los que van a dar a botaderos. Nuestra investigación está motivada por una inmensa necesidad de proteger el medio ambiente utilizando los desechos orgánicos de las industrias de balanceados acuícola, del cantón Durán y poder desarrollar un nuevo producto a través del compost con los balanceados acuícolas. Para ellos recurrimos a algunas herramientas estadísticas y análisis en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, sede María Auxiliadora.

En esta investigación presentamos una propuesta metodológica que aspira optimizar los procesos del compost con los residuos de balanceados acuícola, iniciado previamente una discusión teórica para concluir un diagrama de relaciones entre el pH, la temperatura y la humedad, para crear un nuevo compost de los residuos orgánicos de balanceados de la empresa acuícola ubicada en Durán. Que nos ayude a visualizar y comprender el sentido de la propuesta y la manera cómo opera.

La gestión de desechos orgánicos en Latinoamérica ha sido un desafío significativo, en algunos países latinoamericanos se implementaron programas de compostaje comunitario, donde se fomenta la separación de desechos orgánicos en la fuente para producir compost, utilizado luego como abono para la agricultura urbana y rural.

Nuestro problema de investigación es consecuencia de otros experimentos investigados de compost para abono de la agricultura urbana y rural, y definir los principales elementos del compost de los desechos de balanceado y contextualizar el proceso.

No es desconocido que la gestión de desechos en la industria ha sido un gran reto desde tiempos históricos. Se puede relacionar de esta forma: conforme incrementa la demanda, mayor va a ser la producción, la alta demanda también se ve relacionado al aumento poblacional y sus necesidades.

Al haber un incremento en las necesidades de consumo humano, esto ha acelerado el crecimiento de la industria acuícola y por ende la industria de balanceado para este sector se ha visto beneficiado por altos estándares de calidad.

La generación de desechos y la necesidad de que sean gestionados producto del aumento de la demanda en la industria de balanceado es uno de los principales retos del sector industrial.

Como resultado han surgido diversas soluciones para la gestión de desechos con un beneficio económico y ambiental, estas pueden ser mediante implementación de nuevas tecnologías para el procesamiento, aplicación metodológica de Sistemas de Gestión Ambiental y otros mecanismos que cumplen con la función de mitigar los impactos ambientales provocados por la acumulación de desechos.

Uno de los mecanismos para gestión de desechos es el aprovechamiento de estos para generación de nuevos productos que favorezcan a la empresa mediante la disminución de desechos dispuestos a gestores ambientales o entes gubernamentales-.

Una empresa dedicada a la producción y distribución de alimento balanceado genera una gran cantidad de desechos orgánicos, dentro de estos también existen mermas del proceso productivo que, por estándares de calidad, no puede ser distribuido ni reprocesado. Se compone de ingredientes como: micro y macro ingredientes, las cuales aportaran con un gran contenido de vitaminas y minerales al suelo en el que se utilizara el abono.

1.1. Antecedentes

El compostaje es una antigua práctica que se remonta a miles de años atrás. Sus orígenes se encuentran en diferentes culturas alrededor del mundo. Se cree que los agricultores en la antigua China ya utilizaban técnicas de compostaje hace más de 4000 años para mejorar la fertilidad del suelo.

En la antigua Roma y Grecia, también se utilizaba el compostaje para mejorar la calidad del suelo y aumentar la productividad agrícola. Estos pueblos recogían y reciclaban desechos orgánicos, como restos de comida y estiércol animal, para crear un compost natural que enriquecía los campos de cultivo.

Durante la Edad Media, el compostaje se mantuvo como una práctica agrícola común en Europa y otras regiones del mundo. Sir Albert Howard fue un destacado agrónomo británico y uno de los pioneros en el estudio y desarrollo de la agricultura orgánica. Su trabajo y experimentación a lo largo del siglo XX sentaron las bases para muchas prácticas agrícolas sostenibles que aún se utilizan en la actualidad, promoviendo el reciclaje de desechos orgánicos para mejorar la fertilidad del suelo y la salud de sus cultivos. Sus ideas y métodos siguen siendo relevantes para aquellos que buscan formas más naturales y respetuosas con el medio ambiente de cultivar alimentos y preservar la salud del suelo.

La importancia de gestionar de manera correcta los residuos sea de origen doméstico o industrial ha abierto una nueva oportunidad a la industria de gestión ambiental, apostando por plantas de compostaje.

A nivel Latinoamérica, en México se construyó la primera planta de compostaje en 1970 con el objetivo de alargar la vida útil de los sitios de disposición final y con esto invertir en actividades sostenibles; actualmente en México disponen de dos grandes plantas a nivel nacional para la obtención de compost.

En Ecuador los Gobiernos Autónomos Descentralizados también apuestan por esta oportunidad de negocio, en Cuenca se encuentra la Planta de Compostaje que es manejada por la Empresa Pública de Aseo de Cuenca quienes actualmente trabajan con desechos domiciliarios, pero también trabajan en proyectos con grandes empresas para la gestión de desechos orgánicos.

1.2.Importancia y alcance

Esta estrategia para generar abonos orgánicos a partir del producto balanceado húmedo busca disminuir los impactos al ambiente de los desechos generados que no pueden ser retornados a la parte productiva del proceso dentro de la industria acuícola.

Hoy en día se pretende utilizar los desechos orgánicos de los balanceados acuícolas para elaborar compost, que va a ser utilizado para mejorar el ambiente y calidad de suelo de la Universidad Politécnica Salesiana campus María Auxiliadora, sede Guayaquil. El abono orgánico producido a partir de un desecho de la empresa puede ser altamente beneficioso ya que, al no darle disposición final mediante un gestor ambiental, los costos de servicio de gestión de desechos disminuyen. Además, es una alternativa de

uso de abonos. Además, es una alternativa de uso de abonos y fertilizantes comerciales que son altamente tóxicos y perjudiciales para la salud, estos por escorrentía terminan vertidos en fuentes de agua, convirtiéndolos en contaminantes emergentes. (De la Cruz González, 2013)

Esta tesis tiene como objetivo aprovechar desechos orgánicos en la industria de balanceado acuícola e investigar el proceso de compostaje de Producto Húmedo como una alternativa sostenible para su correcta gestión. El alcance de la investigación abarcará los siguientes aspectos:

- a. Caracterización del Producto Húmedo: Se realizará un análisis composición y propiedades físico-químicas del PH utilizada como materia prima en el compostaje. Esto permitirá comprender mejor su comportamiento durante el proceso de descomposición y su influencia en la calidad del compost resultante.
- b. Diseño experimental: Se establecerá un diseño experimental adecuado que incluya variables clave en el proceso de compostaje de Producto Húmedo, como la relación carbono/nitrógeno (C/N), la humedad, la aireación, el pH y la temperatura.
- c. Evaluación de parámetros críticos: Se llevará a cabo un monitoreo regular de parámetros como la temperatura, la humedad y pH durante todo el proceso de compostaje. Esto permitirá identificar las condiciones óptimas para la descomposición correcta de los sustratos.
- d. Analizar la utilidad del compost de las tres partes experimentales, comparando con estándares de calidad.

1.3.Delimitación

El proyecto de titulación se limita a la realización de compostaje con Producto Húmedo como materia orgánica en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), campus María Auxiliadora ubicado en el Km 19 ½ vía a la Costa, cerca de los laboratorios de ciencias ambientales.



Figura 1. Ubicación de la compostera en la UPS campus María Auxiliadora

1.4.Objetivo general

Aprovechar el producto húmedo proveniente de la producción de balanceado acuícola mediante procesos orgánicos para la elaboración de abono orgánico.

1.5.Objetivos específicos

- Analizar el producto húmedo mediante análisis físicos y químicos para reconocer los elementos y propiedades que contiene.
- Diseñar un tratamiento de aprovechamiento del producto húmedo mediante procesos unitarios para la elaboración de un nuevo producto.
- Determinar presupuesto de la propuesta, mediante un análisis de costos para comparación económica entre disposición final usada actualmente y elaboración de un nuevo producto.

1.6.Marco Hipotético

Hipótesis general

Aprovechando el Producto Húmedo permitirá elaborar un nuevo producto

Hipótesis específicas

- Realizando una caracterización del producto balanceado podemos reconocer los elementos y propiedades que contiene para crear el compost.
- Diseñando un tratamiento de aprovechamiento de producto húmedo se podrá elaborar un nuevo producto
- Determinando el presupuesto de la propuesta se podrá realizar una comparación de costos entre la disposición final del desecho usado actualmente y la elaboración de un nuevo producto

2. Marco teórico

2.1. Introducción al compostaje

Se ha investigado que el compostaje es un proceso biológico y natural de descomposición de materia orgánica que se manifiesta mediante la acción de microorganismos, como bacterias, hongos y otros microbios, en condiciones aeróbicas.

En este proceso, los desechos orgánicos, como restos de alimentos, poda de jardín, hojas, papel, y otros materiales biodegradables, son transformados en un producto final llamado compost o abono orgánico.

Para realizar el compostaje, los materiales orgánicos se colocan en un ambiente controlado, como una pila, caja o contenedor específico para compostaje. Durante este proceso, los microorganismos descomponen gradualmente la materia orgánica, descomponiendo moléculas complejas en compuestos más simples, liberando calor, dióxido de carbono y agua como subproductos.

El resultado final es un material oscuro, húmico y estable conocido como compost, que es rico en nutrientes como potasio, nitrógeno y fósforo, así como en otros elementos y microorganismos beneficiosos para el suelo y las plantas. El compostaje es un método de gestión de residuos altamente efectivo debido a su capacidad para transformar materia orgánica en compost o abono orgánico.

Importancia del compostaje como método de gestión de desechos orgánicos:

En un informe de la FAO se demuestra que el 77% de los recursos pesqueros están amenazados, 17% de las explotaciones de peces están sobreexplotados, el 7% agotado y el 1% de agotamiento, mientras que el 52% está al máximo de su capacidad de extracción, lo que significa que si hay un mayor nivel de captura, habrá poca supervivencia. Esta información tiene un impacto en la producción acuícola, ya que a los diferentes tipos de uso que se le da a la harina de pescado (principal componente del balanceado), hasta el 2020, la acuicultura es la que presenta un crecimiento constante del 50%.

2.2. Desechos de la industria acuícola

2.2.1 Balanceado de camarón: características y composición

El alimento balanceado para camarones, también conocido como alimento para acuicultura o alimento para peces, está diseñado para proporcionar todos los nutrientes esenciales que los camarones necesitan para un crecimiento saludable y una reproducción exitosa en la acuicultura. Los ingredientes y la composición específica del alimento pueden variar según la etapa de crecimiento de los camarones, las especies y las condiciones de producción. Sin embargo, en general, el alimento balanceado para camarones suele contener una combinación de los siguientes componentes:

- **Proteínas:** Las proteínas son esenciales para el crecimiento y el desarrollo de los camarones. Pueden provenir de fuentes como harina de pescado, harina de soja, harina de camarón, harina de krill u otras fuentes de proteínas marinas y vegetales.

- **Carbohidratos:** Los carbohidratos son una fuente de energía para los camarones. Pueden incluir ingredientes como almidón de maíz, harina de trigo, harina de arroz y otros carbohidratos de origen vegetal.
- **Grasas y aceites:** Las grasas proporcionan energía concentrada y ácidos grasos esenciales para los camarones. Pueden provenir de aceites vegetales como el aceite de soja, aceite de maíz o aceite de pescado.
- **Vitaminas:** Las vitaminas son micronutrientes esenciales que desempeñan un papel vital en diversas funciones metabólicas. El alimento balanceado suele estar enriquecido con vitaminas como la vitamina A, vitamina D, vitamina E y diversas vitaminas del complejo B.
- **Minerales:** Los minerales son esenciales para el desarrollo de estructuras corporales y para mantener funciones metabólicas. El calcio, fósforo, magnesio, zinc y otros minerales pueden estar presentes en el alimento.
- **Aminoácidos:** Los aminoácidos son los componentes básicos de las proteínas y son necesarios para el crecimiento y el desarrollo. Algunos aminoácidos pueden añadirse de manera suplementaria al alimento para garantizar que las necesidades nutricionales estén cubiertas.

- **Pigmentos:** En algunos casos, se pueden añadir pigmentos al alimento para mejorar el color de los camarones, especialmente en especies que tienen un valor comercial más alto cuando tienen colores intensos.
- **Aditivos y suplementos:** En algunos casos, se pueden incluir aditivos como prebióticos, probióticos, enzimas digestivas y otros suplementos para mejorar la salud digestiva y el sistema inmunológico de los camarones.

Es importante tener en cuenta que la formulación exacta del alimento balanceado puede variar según las especificaciones de la granja acuícola, las características de los camarones y las condiciones ambientales. Un nutricionista especializado en acuicultura es el encargado de diseñar y ajustar estas formulaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los camarones en diferentes etapas de su vida.

2.2.2 Problemas asociados con la gestión de residuos en este tipo de industrias

- **Contaminación ambiental:** Los residuos orgánicos generados en la industria de balanceado pueden contribuir a la contaminación del aire, si no se manejan adecuadamente.
- Los residuos orgánicos pueden producir gases de efecto invernadero, como metano, y lixiviados que contaminan el suelo y las aguas subterráneas.
- **Olores y molestias:** Algunos residuos orgánicos, como los recortes y restos de alimentos, pueden generar malos olores y atraer insectos y roedores, lo que puede causar molestias a las comunidades cercanas a las plantas de balanceado.

- Proliferación de plagas y enfermedades: La acumulación de residuos orgánicos sin un adecuado manejo puede propiciar, proliferación de plagas y la propagación de dolencias, tanto en la planta de balanceado como en sus alrededores.
- Desperdicio de recursos: Si los residuos orgánicos no se gestionan adecuadamente, se pierde la oportunidad de aprovechar su potencial valor nutricional y energético.
- En lugar de ser reutilizados, los residuos pueden terminar siendo simplemente desechados.
- Cumplimiento normativo: La gestión inadecuada de los residuos orgánicos puede llevar a incumplir regulaciones y normativas ambientales, lo que podría dar lugar a sanciones y problemas legales para las empresas.
- Impacto en la salud humana y animal: Los residuos orgánicos pueden presentar riesgos para la salud tanto de los trabajadores de las plantas de balanceado como de los animales que consumen los alimentos producidos si no se manejan de manera segura y adecuada

2.2.3 Opciones de compostaje de alimento balanceado

En países desarrollados como Europa, se han instalado grandes instalaciones de compostaje desde la década de 1970 y se espera que traten aproximadamente el 35% de los residuos sólidos municipales. Sin embargo, está muy extendido el fenómeno de que los residuos biológicos no se clasifican en su lugar de origen y la producción es de mala calidad, lo que dificulta su aprovechamiento en la agricultura. Esto condujo al cierre de un número importante de plantas en la década de 1980 y al surgimiento de plantas que consideraban la separación en origen.

En la década de 1990, la Directiva de la UE 1999/31/EC sobre disposición final requería la reducción de biorresiduos dispuestos en rellenos sanitarios. Se han adoptado estrategias como la separación obligatoria en la fuente, la recolección selectiva y la implementación de esquemas de utilización como el compostaje y la digestión anaeróbica para garantizar el cumplimiento. Esta directiva, junto con los estándares de calidad más altos requeridos para el compostaje, han fomentado el desarrollo de instalaciones de compostaje en Europa.

Actualmente, el 17 % de los residuos sólidos municipales se compostan, y países como Austria, Alemania y los Países Bajos tienen una mayor proporción de biorresiduos compostados que el resto de Europa. En los Estados Unidos, los primeros estudios de compostaje desde la década de 1930 llevaron a la definición de criterios de diseño para las instalaciones de compostaje, y las instalaciones de compostaje comenzaron a instalarse en la década de 1970.

A principios de la década de 1990, alrededor del 2% de los residuos sólidos municipales se procesaban para compostaje, mientras que en 2008 esta cifra aumentó al 8,8%. En los países en desarrollo, el compostaje es un sistema simple y eficiente que reduce los desechos hasta su disposición final y produce productos valiosos para uso agrícola. Al aplicar el compostaje de biorresiduos en la India, se descubrió que a veces se subestimaba la interacción entre la calidad del producto, el precio y la demanda del cliente, lo que provocaba el fracaso del proyecto porque no había mercado para el producto.

En términos de sostenibilidad financiera, la planta centralizada de Russ opera de manera eficiente y produce productos de calidad, con el 33% de los costos operativos cubiertos por subsidios municipales y el 67% restante por ingresos de comercialización.

En India, sugieren que los arreglos descentralizados facilitan la recolección selectiva y ayudan a reducir los costos de transporte, contribuyendo así a esta sostenibilidad. En países africanos como Tanzania, la experiencia de los ensayos de compostaje ha demostrado su viabilidad y requisitos de aplicación, permitiendo el desarrollo de rutas de recolección, el desarrollo de dispositivos experimentales, el estudio de mercados de productos y la determinación de la aceptación por parte de los usuarios potenciales. Otros países, como Kenia, han incorporado la gestión de residuos sólidos municipales en sus políticas de gestión a través de métodos como el reciclaje y el compostaje. Sin embargo, su principal prioridad es aumentar la cobertura de recolección, reducir la falta de disposición final y fortalecer la institucionalidad de los servicios de limpieza.

En América Latina y el Caribe, el compostaje se utiliza en muy pequeña escala, representando solo el 0,6% de los biorresiduos. A principios de la década de 1970, México intentó introducir varias tecnologías importadas para construir plantas de compostaje, pero la mayoría fracasó debido al mal mantenimiento de los equipos y la tecnología insuficiente. El problema no es solo que los métodos de recolección rara vez se usan, sino también la falta de confianza y el poco éxito en su uso. Brasil es uno de los países con mayor uso de compostaje de biorresiduos en la región. Sin embargo, el compostaje se puso en duda en la década de 1990 debido a la instalación de tecnología de planta

inadecuada para las condiciones locales y los desechos, además de problemas operativos y de diseño, según los informes.

En 1996 había 74 fábricas en todo México. Los problemas operativos generaron diversos impactos ambientales, mala calidad del producto y baja comercialización, lo que llevó al cierre del 40% de las fábricas. A mediados de la década de 1990, había una necesidad de separación en la fuente para mejorar el rendimiento del proceso y la calidad de las materias primas y los productos. Un aspecto por considerar al aplicar instalaciones de compostaje de biorresiduos municipales en América Latina y el Caribe es la implementación de la separación en la fuente y la recolección selectiva; ambos procesos limitan la sostenibilidad del sistema y la comercialización del compost debido a la mala calidad de la materia prima y del producto, y aumentan el riesgo de contaminación ambiental y para la salud pública.

2.3. Compostaje como opción de tratamiento para el balanceado residual.

Los residuos de balanceado en la industria acuícola ubicada en el cantón Durán son motivo de gran preocupación porque pueden ser fuente de infección además del impacto negativo en el medio ambiente. Por estas razones, es necesario procesarlos para reducir el riesgo de contaminación y al mismo tiempo obtener productos útiles que puedan usarse para reducir la degradación del suelo. El proceso de compostaje de balanceado es una opción de tratamiento de residuos en la que, sin productos químicos, la materia orgánica se descompone bioquímicamente, dando como resultado cambios físicos en dicha materia, dando como resultado un material con altos niveles de nutrientes que ayudan a enriquecer las propiedades del suelo y promover el desarrollo de las plantas.

En la actualidad muchas industrias de balanceados generan residuos orgánicos en el cantón Durán, estos desperdicios son comunes, ya que la producción de balanceados es una de las actividades económicas más importantes.

La aplicación del balanceado como materia prima de compostaje ha sido poco estudiada, es por ello por lo que se realizaron varios procesos de compostaje a partir de diferentes cantidades de muestra.

2.4. Proceso de compostaje: principios básicos y etapas

2.4.1 Relación Carbono/Nitrógeno

La relación C/N es el factor ambiental más importante en un proceso de compostaje, y debe controlarse para asegurar una fermentación correcta, ya que éste es uno de los parámetros que mejor indica la maduración del compost.

El proceso de compostaje depende de la acción de los microorganismos, los cuales requieren de una fuente de carbono que les proporciona energía.

Se considera que, si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas.

La relación C/N inicial considerada como óptima está comprendida entre 25:1 y 30:1, relación que disminuye conforme transcurre el tiempo de compostaje, lo cual es debido a la transformación de la materia orgánica y al desprendimiento de carbono en forma de CO₂.

Sin embargo, se han efectuado compostajes exitosos con relaciones de 20 a 80; sólo que el proceso puede ser más lento y el aprovechamiento de los nutrientes puede que no sea el óptimo, lo que puede llegar a afectar la calidad del producto final.

pH: En el proceso de compostaje, el pH óptimo para que actúen los microorganismos es de 6.5 a 8.0; sin embargo, estos valores varían durante todo el proceso, pues al principio tiende a disminuir debido a la producción de ácidos orgánicos, luego aumenta en la fase termofílica y finalmente disminuye y se estabiliza en la etapa de maduración.

Además, el pH afecta el grado de solubilidad de las sustancias minerales que absorben las plantas en el medio acuoso, por lo que valores excesivamente elevados o reducidos de pH, pueden convertirse en un factor limitante para la absorción de sustancias minerales.

2.4.2 Factores claves en el compostaje

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad degradadora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada.

Temperatura: Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55°C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esperados.

Humedad: En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una

putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. Para material vegetal fresco la humedad permisible, oscila entre 50-60%. pH.

2.5. Calidad del compost

La calidad del compost viene determinada por la suma de las distintas propiedades y características. Para su evaluación debe tenerse en cuenta: posible destino del producto, protección del entorno y requerimientos del mercado.

Dentro de los niveles de calidad deberán establecerse distintas exigencias según el mercado al que vaya destinado, pero siempre habrá unos mínimos a cumplir para cualquier aplicación. Es necesario definir una calidad general del compost y además establecer unos parámetros diferenciados para usos diversos, sin querer significar esta afirmación que los máximos permitidos de contaminantes se puedan sobrepasar según el destino. Los requerimientos de calidad deberán ir dirigidos a conseguir: aspecto y olores aceptables, higienización correcta, muy bajo nivel de impurezas y contaminantes, nivel bueno de componentes agrónomicamente útiles y una cierta constancia de características.

Según la FAO (2013), los parámetros para determinar las fases del compost son los adjuntos en la siguiente tabla:

Parámetro	Rango ideal al comienzo	Rango ideal para compost en fase mesofílica II
C/N	25/1 – 35/1	15/20
Humedad	50% - 60%	45%-55%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm

pH	6,5-8,0	6,0-8,5
Temperatura	45-60°C	45°C-Temp. Ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/ m ³
Materia orgánica (base seca)	50%-70%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%

Tabla 1. Parámetros de calidad de compost en las etapas de generación. Fuente: López, 2017

La calidad del compostaje parte de las características que resultan de aplicar un tratamiento respetuoso y acorde con una gestión racional de los residuos, que tiene como objetivo fabricar un producto de aplicación agrícola.

Para que el compostaje llegue a ser una alternativa económicamente viable y poder alcanzar el beneficio ambiental, el compost deberá tener una calidad adecuada a su uso y unas características constantes en el tiempo.

De los múltiples aspectos que afectan a la calidad del compost podemos destacar:

- **El material inicial.** La calidad inicial de los materiales utilizados nos determina la calidad del material final.
- **El proceso de compostaje.** Para conseguir una higienización del compost se requiere que el material a descomponer haya pasado por temperaturas mayores a 60°C durante cierto tiempo, de lo contrario encontraremos agentes patógenos en el producto final.
- **El almacenamiento del producto final.** En ocasiones el compostaje continúa el proceso luego de ser almacenado. La inestabilidad o inmadurez

genera los malos olores producidos en el almacenamiento, ya que estos compost inmaduros continúan el proceso de descomposición, pero si no hay un adecuado suministro de aire, las condiciones anaerobias llevan a la producción de metano.

2.5.1 Parámetros de calidad del compost

El material para ser considerado apto y poder realizar todos los análisis de laboratorio se debe encontrar homogeneizado de forma correcta, en donde se deben tomar al menos 3 muestras representativas que posibilite el análisis.

La muestra se toma de las composteras, las mismas que tienen una la siguiente dimensión:

La Harina de Pescado se utiliza como fertilizante en la agricultura por su valor nutritivo y su efecto beneficioso sobre el suelo y las plantas. Es una fuente rica en nutrientes, específicamente nitrógeno y fósforo, esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Debido a que este es uno de los ingredientes principales del producto balanceado húmedo, se menciona la importancia de la harina de pescado y su potencial uso para la agricultura.

En las plantas la mayor parte del Nitrógeno se localiza en compuestos de elevado peso molecular. Suele ser el macroelemento que con mayor frecuencia limita la producción de los cultivos. La carencia de nitrógeno se traduce en clorosis en las hojas viejas, observándose una disminución en la superficie de la biomasa. Sus elementos nutritivos son liberados gradualmente, cubriendo las necesidades del cultivo durante su desarrollo. Su aplicación aumenta la tasa fotosintética y asegura el aporte de Nitrógeno y fosforo en los momentos críticos del crecimiento vegetativo.

El origen y proceso de fabricación hace que sus componentes no sean lavados por el agua de lluvia ni riegos prolongados, evitándose así la pérdida de material nutritivo y la contaminación de aguas subterráneas.

2.6. Aplicaciones y casos de estudio del compostaje

Una alternativa muy poco explorada, es el compostaje, el cual es relativamente reciente en este tipo de residuo y que, si se realiza de una manera adecuada, resuelve el problema que generan estos desechos, obteniéndose un producto de calidad para ser usado como abono orgánico.

También es reconocido que los desechos de pescados contienen macro y micronutrientes, especialmente altos niveles de nitrógeno y fósforo, así como bajo contenido de metales pesados lo cual favorece su uso como fertilizante en la agricultura y suelos en general.

El compost se usa en agricultura regenerativa, en permacultura y en técnicas de cultivo similares que defienden mantener el suelo intacto y protegido con el fin de mantener en buen estado los microorganismos y hongos del suelo.

2.7. Marco legal

Código Orgánico del Ambiente Libro Segundo Del Patrimonio Natural Título I De La Conservación De La Biodiversidad.

Título V

Gestión Integral De Residuos Y Desechos

Capítulo II

Gestión Integral De Residuos Y Desechos Sólidos No Peligrosos

Art. 228.- La gestión de los residuos sólidos no peligrosos en todos los niveles y niveles de gestión se hará de acuerdo con la política nacional establecida por la Autoridad Ambiental Nacional y otras herramientas técnicas y de gestión desarrolladas para este fin. (Codigo Orgánico del Ambiente, 2017)

Art. 229.- Alcance y fases de la gestión. El manejo adecuado de estos desechos ayudará a prevenir los impactos y daños ambientales, así como los peligros para la salud asociados con cada etapa. Las etapas para el tratamiento integral de los residuos sólidos inocuos deben ser determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional (Codigo Orgánico del Ambiente, 2017)

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Los siguientes actores públicos y privados serán responsables de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional:

1. La Autoridad Ambiental Nacional como organismo rector, es responsable de formular políticas y directrices nacionales para la gestión integrada de desechos sólidos y desarrollar planes nacionales apropiados. También tendrá a su cargo la regulación y el control;
2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos Serán responsables de la gestión integrada de los residuos sólidos no peligrosos y los residuos municipales que se generen en su jurisdicción, por lo que deberán promover el desarrollo de alternativas de gestión, así como la investigación y el desarrollo tecnológico de acuerdo con el principio de jerarquización. Estos deben incluir procedimientos

apropiados para la limpieza, recolección y transporte, almacenamiento temporal (si corresponde), recolección y transferencia, así como medidas para la integración económica y social de los grupos vulnerables. Deben abordar el tratamiento y disposición final adecuada de los residuos que no pueden regresar al ciclo de vida productivo e implementar mecanismos para rastrear estos residuos. A tal efecto, podrán crearse asociaciones y consorcios, que cumplirán sus cometidos de conformidad con la ley. Asimismo, serán responsables del desempeño de las personas que empleen siempre para el manejo de basuras y residuos sólidos no peligrosos e higiénicos.

3. De acuerdo con el principio de clasificación, los generadores de residuos priorizan la prevención y reducción de la generación de residuos sólidos inocuos y realizan una gestión adecuada como clasificación, clasificación, reciclaje y almacenamiento temporal; con base en los lineamientos formulados por la política nacional y las normas técnicas.

4. Serán responsables de su correcta gestión los gestores de residuos, que estarán al servicio de su gestión en todo momento, debiendo formular sus actuaciones dentro de los límites fijados por las políticas estatales de protección del medio ambiente y de salud pública y tratar de aprovechar al máximo los materiales. (Codigo Orgánico del Ambiente, 2017)

3. Materiales y Métodos

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación permitió aprovechar los desechos orgánicos generados en una fábrica de alimento balanceado para camarón ubicada en el cantón Durán, para posteriormente llevar a cabo el proyecto de compostaje en la Universidad Politécnica Salesiana en el km 19 ½ Vía a la Costa.

El presente método de composta mediante construcción de composteras fue pensado para ser utilizado en espacios reducidos, de esta manera pueda ser replicado según la necesidad de la industria. Citando el Manual de Ingeniería Ambiental (United States Department of Agriculture, 2010) las composteras pueden ser de materiales como: madera, concreto o envases apropiados para contener los componentes y las composteras que no tengan medios de aireación automática, deben ser constantemente monitoreados y aportar esa aireación manualmente.

Es por esto que se pensó en un envase económico y apropiado para realización del compost y recolección de lixiviados que se generen por el riego para mantener la humedad del producto.

3.1.2 Procedimiento

Para el diseño de cada unidad compostera, fue necesario dos cooler, uno que cumple con la función de recoger los lixiviados producto del riego y descomposición de la materia orgánica. Otro que se encuentra sobre él, donde irán los sustratos del compost.



Figura 2. Perforación de cooler principal y colocar sobre el recolector de lixiviados. Elaborado por: González & Romero (2023)

Se debe empezar a realizar las capas en el siguiente orden. Al terminar de colocar las capas, se debe presionar ligeramente para comprimir los sustratos.

1. Capa de hojas secas/cartón
2. Capa de tierra seca
3. Restos vegetales / Balanceado
4. Capa de hojas secas/cartón
5. Capa de tierra preparada de sembrado
6. Restos vegetales / Balanceado
7. Capa de tierra seca
8. Capa de tierra preparada de sembrada
9. Capa de hojas secas/cartón

Para el mantenimiento del compost se debe regar todos los días durante una semana, sin removerlo, luego de esto remover pasando dos días. Esto se muestra en el

Anexo. 1. Además, realizar los monitoreos descritos en este apartado para evidenciar las etapas: mesofílica, termofílica y maduración. Adicional, los monitoreos se deben realizar pasado 5 días para que los componentes de adecuen. (Vega García, 2015)

3.1.3 Materiales

Equipos

- Estufa
- Unidad de destilación (Método Kjeldahl para determinación de Nitrógeno total)
- Potenciómetro Mettler Toledo
- pHmetro portátil
- Balanza común
- Balanza analítica
- Mufla
- Plancha agitadora

Materiales y métodos

- **Para registro**
 - Teléfono celular, laptop, calculadora
- **Parte experimental:**
 - Flexómetro
 - Destornillador estrella
 - Cinta para rotular
 - Marcadores para rotular
 - Cooler de 20 Litros.

- Restos de vegetales y frutas como: cáscaras de papa, verde, banano, pepino, tomate, cebolla blanca, hojas de cholo
- Tierra seca
- Hojas secas y cartón reciclado
- Tierra húmeda de sembrado
- Producto húmedo

Recursos humanos: Tesistas, tutor

Recursos económicos: El proyecto fue autofinanciado por los tesistas, la caracterización del suelo y balanceado fueron realizados en los laboratorios de Ciencias Ambientales de la UPS campus María Auxiliadora.

Componentes por utilizar para el compostaje

Para realizar el compostaje de balanceado, primero se realizó la caracterización sobre su contenido de humedad, carbono y nitrógeno para determinar la proporción que se puede utilizar, en función de esto también añadir otros elementos para llegar a una proporción C/N de 25 – 30 y una humedad entre 40% - 60%. (Vega García, 2015)

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterización del producto balanceado húmedo

3.2.1.1 Humedad: Mediante diferencia gravimétrica, se determinó el porcentaje de humedad pesándose dos muestras de producto húmedo (15 g) para luego colocarla en la estufa a 105°C durante 48 horas, pasado este tiempo se obtiene una muestra seca. Se debe esperar 1 hora para que disminuya su temperatura, transcurrido este tiempo se pesa en una balanza analítica. Para obtener un peso preciso, se debe eliminar toda corriente de

aire incluyendo la del aire acondicionado.

3.2.1.2 Carbono: El método de calcinación se realizó mediante diferencia gravimétrica. Se seca la muestra en una estufa a 105°C durante 24 horas para retirar humedad adicional. Determinar el peso del crisol a temperatura ambiente, luego se pesa la muestra de producto húmedo seca con la balanza analítica tarada (5 g) y se procede a colocar en la mufla a 360°C durante 2 horas, se lo deja enfriar dentro de la mufla y transcurrido 2 horas, se coloca en un desecador por otra hora más para que se encuentre a temperatura ambiente.

3.2.1.3 Nitrógeno: Se halló la composición de Nitrógeno total con método de Kjeldahl (digestión, destilación y titulación) para determinar porcentaje de proteínas en balanceado de animales obtenido de la Guía Velp Científica de la unidad de destilación UDK (S/F, Pg 54)

Se utiliza la misma muestra que se utilizó para determinar humedad en el balanceado, se debe homogeneizar con un mortero hasta obtener un polvo fino, entonces se pesa en la balanza analítica 2 g en cada disco antiestáticos de pesaje (4 discos), se coloca en cada tubo de digestión (5) donde hay 4 muestras y un blanco, se añade dos tabletas catalizadoras y 15 mL de H₂SO₄ (96-98%). Luego de preparar las muestras, se pasa a la digestión que debe ser a 420°C por 70 minutos, se deja enfriar los tubos hasta el día siguiente para pasar a la parte de destilación y titulación. Para la destilación se colocan los tubos de digestión en la unidad de destilación UDK 129 junto al matraz de titulación con 30 ml de Ácido Bórico durante 5 minutos con 60 ml de Hidróxido de sodio. Después de cada destilación se coloca un tubo de digestión con agua tipo I para la limpieza de la unidad UDK 129, de esta forma no se ve alterado los resultados. Según porcentaje presente de nitrógeno se puede obtener a partir de la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(mL \text{ ácido valorante} - mL \text{ blanco}) \times \text{Normalidad del ácido} \times 1.4007}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Fórmula para cálculo del %N en la muestra de balanceado. Obtenido de manual “Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl” de la industria Panreac Química.

3.2.2 Formulación de las composteras:

A continuación, se detalla la composición de materiales utilizados en las pilas, para referenciar su proporción de C/N:

Se realiza de referencia para las tres composteras: La primera se denomina “Compostera de control”, la segunda “Compostera Balanceado 1” y la tercera “Compostera Balanceado 2”, como se aprecia en el Anexo 2.

Para el cálculo de los componentes de las composteras se utilizó la metodología realizada por Vega García (2015) en donde se contemplan fórmulas para el cálculo de peso de residuo según su contenido de nitrógeno, carbono y humedad. Estos cálculos fueron ingresados en una plantilla para obtener la relación C/N y humedad inicial de cada compostera, con diferentes combinaciones de pesos de sustratos se obtuvo la formulación ideal que debe ser: C/N entre 25-30 y humedad de 40% al 60%. Lo que se contempla es que en las composteras tendrán los mismos sustratos (restos vegetales) ya que son los obtenidos de la cocina de la empresa.

Las fórmulas siguientes son los cálculos de la plantilla utilizada para determinar relación C/N y Humedad:

1. Las primeras tres columnas son valores de N (nitrógeno), C (carbono) y H (humedad). Estas se obtienen de la tabla referencial del Manual de Ingeniería Ambiental (United States Department of Agriculture, 2010) y se encuentra

referenciado a su vez en el Anexo 5.

2. La columna “peso en seco (%)” se obtiene restando 100 al porcentaje de humedad, lo que representa el peso seco del sustrato.
3. Las columnas “Nitrógeno (Kg)”, “Carbono (Kg)” y “Humedad (Kg)” se obtienen con las siguientes fórmulas:

- Nitrógeno (Kg):

$$(1) \frac{\text{Peso seco (Kg)} \times N(\text{peso seco})}{100} \times \frac{\text{Peso seco (\%)}}{100}$$

- Carbono (Kg)

$$(2) \frac{\text{Peso seco (Kg)} \times C(\text{peso seco})}{100} \times \frac{\text{Peso seco (\%)}}{100}$$

- Humedad (Kg)

$$(3) \frac{\text{Peso seco (Kg)} \times H(\%)}{100}$$

4. La columna Peso (g) se digita diferentes combinaciones de peso para llegar a las proporciones deseadas
5. La novena columna se obtiene con la representación del porcentaje del sustrato sobre 100%.

3.2.3 Monitoreo del compost

- **Humedad:** Este parámetro se registró semanalmente siguiendo la metodología siguiente propuesta en el Manual “Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile (Sadzawka, y otros, 2006), como se muestra en el Anexo 4.

La muestra de suelo debe ser secada para determinar la cantidad de agua que contiene el suelo por diferencia gravimétrica. Se debe pesar recipiente previamente lavado y seco en una balanza analítica, tarar y pesar la muestra de suelo (10 – 20 g), por motivo experimental se pesó 50 gramos para luego ser colocado en la estufa a una temperatura de 105°C ±5°C hasta masa constante (se debe monitorear cada 4 horas). Retirar de la estufa y enfriar en el desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, luego pesar en la balanza analítica.

Nota 1: Cuando se dice masa constante, se refiere a cuando la diferencia entre dos pesadas consecutivas de la muestra fría con un intervalo de 4 horas no pase el 0,1%.

- a. Para calcular el porcentaje de humedad/ agua, se expresa de la siguiente fórmula:

$$(4) \quad \text{Agua del suelo seco a } 40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} (\%) = \frac{g - h}{h - i} \times 100$$

Donde:

g: masa en g del suelo seco a 40°C ±5°C + recipiente

h: masa en g del suelo seco a 105°C ±5°C + recipiente

i: masa en g del recipiente

- b. Para calcular el factor de corrección por humedad (Fh) según:

$$(5) \quad Fh_{suelo} = \frac{100 + Agua (\%)}{100}$$

Donde:

Agua (%): contenido de agua de la muestra (a)

Nota 2: Si se requiere la masa de suelo seco al aire equivalente a una masa de suelo seco a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, se calcula multiplicando la masa de suelo seco al aire por el factor de corrección de humedad. El objetivo es tener una mayor precisión al momento de pesar inicialmente las muestras de suelo. Se registró semanalmente la humedad de las tres pilas.

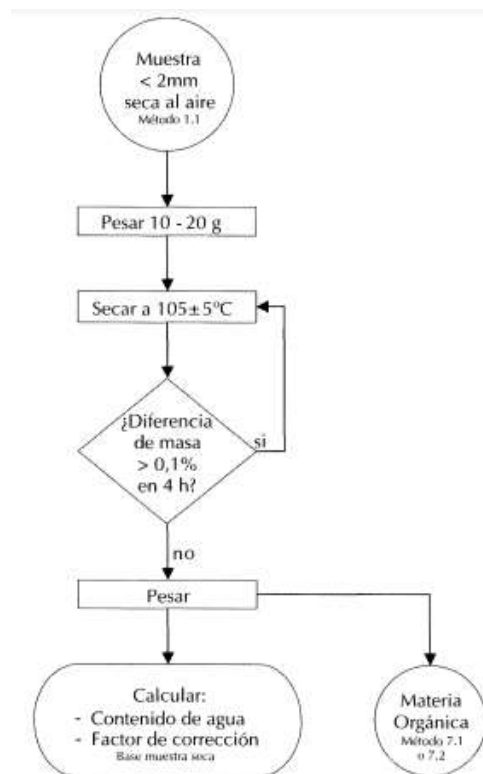


Figura 3. Diagrama de flujo para determinar humedad en una muestra de suelo orgánico. Fuente: Sadzawka, y otros (2006)

- pH: Se utilizó la metodología recomendada en el Manual de Métodos de

análisis recomendados para los suelos de Chile (Sadzawka, y otros, 2006) para determinar el pH de suelo orgánico. La muestra de suelo seco al aire para determinar la humedad en las pilas de compost, y al ser un suelo orgánico se debe pesar 3 g, luego de homogenizar con un mortero. Seguido, se le coloca 50 mL de agua tipo 1 y se agita la suspensión durante 5 minutos con un agitador en la plancha de agitación y dejar reposar al menos 2 horas, pero no más de 24 h. Se monitorear la temperatura que debe estar entre 20°C a 25°C. La lectura de pH se realizó una vez por semana.

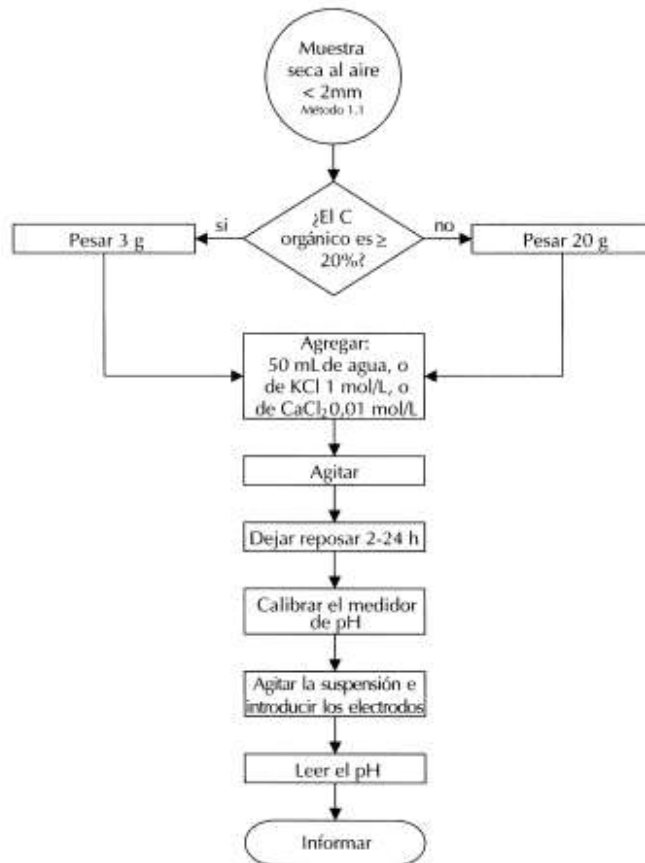


Figura 4. Diagrama flujo del método para determinar pH en muestras de suelo orgánico. Fuente: Sadzawka, y otros (2006)

- **Temperatura:** El método para monitoreo de temperatura interna de la pila propuesto por López (2017) fue considerada para la experimentación del presente trabajo, fue tomadas dos veces por semana, utilizando un termómetro de mercurio con un rango de lectura de 0°C a 110°C.

Evaluación de los compostajes: Después de haber transcurrido el tiempo de elaboración del compostaje para llegar a la etapa mesofílica II (4 semanas) se realizaron los análisis correspondientes para identificar cuál de las pilas contiene el correcto nivel de pH, humedad, temperatura y nitrógeno para determinar la calidad según la FAO (2013)

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización del balanceado

Humedad: Se registró la humedad de dos muestras del balanceado utilizado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Agua (g)	Porcentaje de humedad (%)
M1	15.1674	11.3637	3.8	25
M2	15.0687	10.7788	4.29	28.5

Tabla 2. Humedad de materia prima. Elaborado por: González & Romero (2023)

Se observa que varía el porcentaje de humedad, pero en un promedio el contenido de agua representa el 26,7% del balanceado utilizado. Si bien no representa ni el 30% pero, en la industria de la producción de balanceado acuícola se tiene un estándar básico de 14% (Chachapoya, 2014), un balanceado con menor porcentaje de humedad proporciona un mayor aseguramiento de calidad en todas las etapas del proceso productivo, desde la producción hasta el almacenamiento y distribución.

- **Carbono:** Por método de calcinación, se determina la cantidad de materia orgánica presente en la muestra, según como se muestra en la siguiente tabla.

Muestra	Peso del crisol	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Muestra calcinada (g)	Porcentaje de C (%)
M1	44.6200	5.0011	1.9481	3.0530	61.04
M2	44.6200	5.0003	1.9478	3.0525	61.05

Tabla 3. Contenido de C en la muestra. Elaborado por: González & Romero (2023)

Por valores casi exactos, se puede concluir que en promedio el porcentaje de carbono es de 61.04%, lo que significa que en su gran mayoría es materia orgánica.

- **Nitrógeno:** Se realizaron 4 muestras, dos de la M1 y dos de la M2, se las denominó como se muestra en la tabla siguiente:

Muestra	Peso Inicial (g)	Ácido para titulación (mL)	Porcentaje de N (%)
M 1.1	2.00	52.561	7.36
M 1.2	2.00	55.021	7.7
M 2.1	2.00	39.415	5.52
M 2.2	2.00	37.774	5.29

Tabla 4. Contenido de N en la muestra. Elaborado por: González & Romero (2023)

Al momento de realizar la titulación se observa que el consumo de ácido de titulación (Ácido Sulfúrico 0.2N) era alta en la primera y segunda muestra cómo se puede apreciar en la tabla 8, donde se utilizó la misma solución ya preparada que se encontraba en el laboratorio. Se optó por realizar una nueva solución del ácido de titulación para descartar que el error se haya producido debido a una falla en la formulación, esta se utilizó para la tercera y cuarta muestra donde se obtuvieron cantidades de consumo más bajas y acordes a la cantidad de proteína que teóricamente contiene el balanceado. Las características bromatológicas de las dietas desarrolladas se ajustaron satisfactoriamente a los requerimientos del camarón, presentando valores de proteínas entre 34,5-40,8%, observándose un bajo aporte de lípidos con respecto a los requisitos sugeridos para esta especie. (GONZALEZ, CORDOBA, & INDORF, 2007)

Si se compara con otros sustratos utilizados, el balanceado es el más alto en contenido de Nitrógeno, por lo que es esencial determinar una composición balanceada en cantidades y contenidos tanto de nitrógeno como de carbono.

Una vez realizada la caracterización del balanceado, se puede obtener los siguientes datos:

Material	%Carbono	% Nitrógeno	%Humedad	C/N
Balanceado	35,5	5,4	26,7	6.6/1

Tabla 5. Caracterización del sustrato (balanceado). Elaborado por: González & Romero (2023)

4.2. Formulación de composteras

3.2.2.1 Compostera de control:

Esta se realizó con el fin de comparar el tiempo de maduración entre las pilas que contienen balanceado. Principalmente contiene restos de vegetales obtenidos de la cocina de la empresa, se solicitó que se guarden las cáscaras de los vegetales y frutas antes mencionados. Las hojas secas proceden del mantenimiento de áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana. Se adjunta la relación C/N inicial que es 32, esta se encuentra por encima de la relación recomendada por Vega García (25-30), pero se debe a la humedad y contenido de carbono y nitrógeno de los sustratos utilizados. En cuanto a la humedad, se encuentra dentro del rango sugerido con un 48,6%.

Material	%N (peso seco)	%C (peso seco)	% Humedad	Peso seco del material (%)	N g (peso seco)	C g (peso seco)	Humedad (g)	Peso g	% del peso
Hojas	0,9	48,6	38	62	3,348	180,792	141,36	600	20
Restos de vegetales	2,7	19	87	13	3,159	22,23	101,79	900	30
Restos de fruta	1,4	56	80	20	3,36	134,4	192	1200	40
Residuos de papa	1,5	25	78	22	0,99	16,5	51,48	300	10
					10,857	353,922	486,63	3000	100

Relación C/N	Humedad %
32	48,6

Tabla 6. Componentes de la Compostera Control. Elaborado por: González & Romero (2023)

3.2.2.2 Compostera Balanceado 1

Esta compostera se realizó con los mismos componentes que la pila de control, pero en diferente cantidad, el balanceado en esta ocasión representa el 10% de la composición de la compostera. La relación C/N sugerida por Vega García se encuentra ligeramente sobre lo recomendado (33), pero se debe a los sustratos utilizados, que por motivo de experimentación se utilizó los mismos en las tres composteras. En cuanto a la humedad, se encuentra correcta su rango y el valor inicial es de 48,9%.

Material	%N (peso seco)	%C (peso seco)	% Humedad	Peso seco del material (%)	N g (peso seco)	C g (peso seco)	Humedad (g)	Peso g	% del peso
Hojas	0,9	48,6	38	62	3,348	180,792	141,36	600	20
Restos de vegetales	2,7	19	87	13	3,159	22,23	101,79	900	30
Restos de fruta	1,4	56	80	20	2,94	117,6	168	1050	35
Residuos de papa	1,5	25	78	22	0,297	4,95	15,444	90	3
Cartón	0,1	593	8	92	0,0552	327,336	4,416	60	2
Balanceado	5,4	35,4	26,7	73,3	11,8746	77,8446	58,7133	300	10
					21,6738	730,7526	489,7233	3000	100

Relación C/N	Humedad %
33	48,9

Tabla 7. Componentes de la Compostera Balanceado 1. Elaborado por: González & Romero (2023)

3.2.2.3 Compostera Balanceado 2

Esta compostera se realizó con los mismos componentes que la pila de control, pero en diferente cantidad, el balanceado en esta ocasión representa el 20% de la composición de la compostera. Esta compostera sí se encuentra en el rango recomendado por Vega García de relación de C/N (entre 25-30). En cuanto a la humedad, se encuentra dentro del rango sugerido.

Material	%N (peso seco)	%C (peso seco)	% Humedad	Peso seco del material (%)	N g (peso seco)	C g (peso seco)	Humedad (g)	Peso g	% del peso
Hojas	0,9	48,6	38	62	2,511	135,594	106,02	450	15
Restos de vegetales	2,7	19	87	13	3,159	22,23	101,79	900	30
Restos de fruta	1,4	56	80	20	2,52	100,8	144	900	30
Residuos de papa	1,5	25	78	22	0,198	3,3	10,296	60	2
Cartón	0,1	593	8	92	0,0828	491,004	6,624	90	3
Balanceado	5,4	35,4	26,7	73,3	23,7492	155,6892	117,4266	600	20
					32,22	908,6172	486,1566	3000	100

Relación C/N	Humedad %
28	48,6

Tabla 8. Componentes de la Compostera Balanceado 2. Elaborado por: González & Romero (2023)

4.3. Monitoreo del compost

Para el monitoreo de compost, se ha determinado los siguientes códigos para cada muestreo:

MC: Muestra de control

MB1: Muestra de Balanceado 1

MB2: Muestra de balanceado 2

Además, según el número de semana también se detalla. (Ejemplo: MC1 corresponde a la muestra de control de la primera semana)

- Humedad: se realizó un monitoreo por semana, detallado en la siguiente tabla:

Semana	Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Contenido de agua (g)	Humedad (%)
1	MC1	50,0003	8,0000	42,0003	84
	MB1.1	50,0050	10,0010	40,0040	80
	MB2.1	50,0456	12,0109	38,0347	76
2	MC2	50,0640	14,5186	35,5454	71
	MB1.2	50,2908	17,6018	32,689	65
	MB2.2	50,0305	16,3939	33,6366	67
3	MC3	50,2846	20,0839	30,2007	60
	MB1.3	50,0987	20,5405	29,5582	59
	MB2.3	50,0034	23,0016	27,0018	54
4	MC4	50,3566	25,6819	24,6747	49
	MB1.4	50,056	26,0291	24,0269	48
	MB2.4	50,0064	27,5035	22,5029	45

Tabla 9. Registro de porcentaje de humedad en composteras: Control, Balanceado 1 y Balanceado 2. Elaborado por: González & Romero (2023)

Se puede observar que la humedad se encuentra entre 40 – 60%, lo que es óptimo para el producto final según los parámetros de la FAO (2013). La humedad fue disminuyendo semana a semana debido al proceso de aireación que se realizó en el proceso de compostaje.

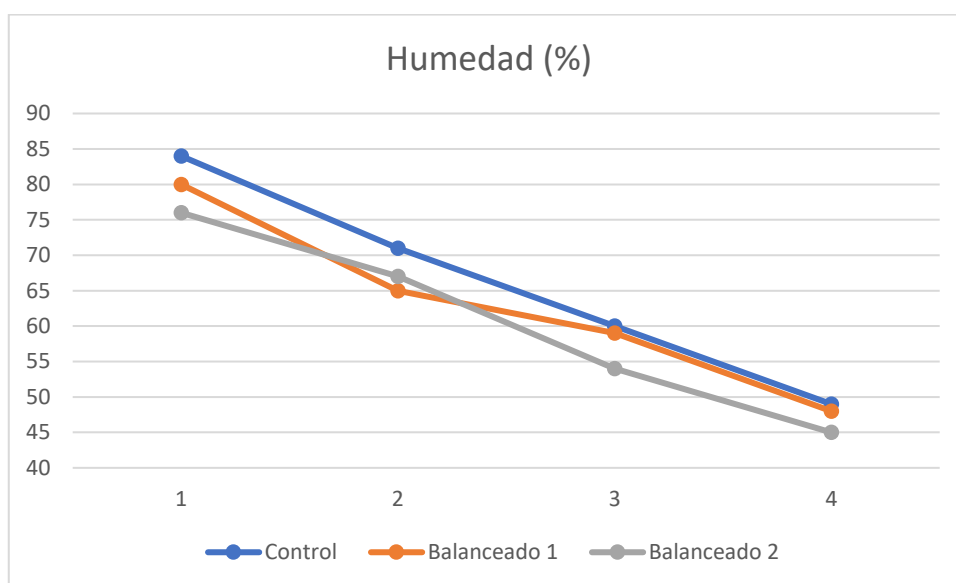


Figura 5. Muestreo de humedad de compost. Elaborado por: González & Romero (2023)

La humedad en la primera semana fue mayor debido a que, según la metodología seguida, se deben humedecer las composteras los primeros 5 días del proceso, en las siguientes semanas la humedad disminuyó debido al proceso de aireación que se realizó durante el proceso de compostaje.

- pH: se monitoreó de manera semanal. Se observa que por lo general el pH se mantiene alcalino durante todo el proceso, no se aprecia la acidificación que se da en la etapa Mesofílica I, esto se debe a que los monitoreos empezaron 5 días posterior al proceso, como recomendación de la bibliografía revisada.

Semana	Muestra	pH
1	MC1	8.87
	MB1.1	8.35
	MB2.1	8.55
2	MC2	9.13
	MB1.2	8.45
	MB2.2	8.75
3	MC3	8.61
	MB1.3	8.16
	MB2.3	8.27
4	MC4	8.78
	MB1.4	8.45
	MB2.4	8.40

Tabla 10. Registro de pH en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)

Se puede apreciar en la figura 4 que al terminar la 4ta semana el pH en ambas composteras que contienen balanceado se encuentra por debajo de 8.5, es decir, están dentro del rango ideal según la FAO (2013), mientras que el pH de la muestra de la compostera de control se encuentra ligeramente por encima del valor deseado lo que puede indicar la necesidad de más tiempo de compostaje. El pH alcalino, según López (2017), indica contenido de nitrógeno amoniacal en condiciones de humedad y temperaturas altas y relación C/N baja.

El uso de abonos orgánicos ligeramente alcalinos se utiliza en suelos ácidos como técnica para balance de pH (López, 2017), así también usar el compost en etapa

Mesofílica II es beneficioso porque aporta a la tierra actividad de microorganismos presentes antes de la maduración, además de nutrientes que son asimilables a las plantas. Debido a que el compost en esta etapa no es estable y tenderá a seguir bajando su pH hasta estar cerca de la neutralidad, este abono orgánico es beneficioso para plantas que no requieran un cuidado delicado, como lo son plantas ornamentales que se encuentran en áreas verdes (Vega García, 2015)

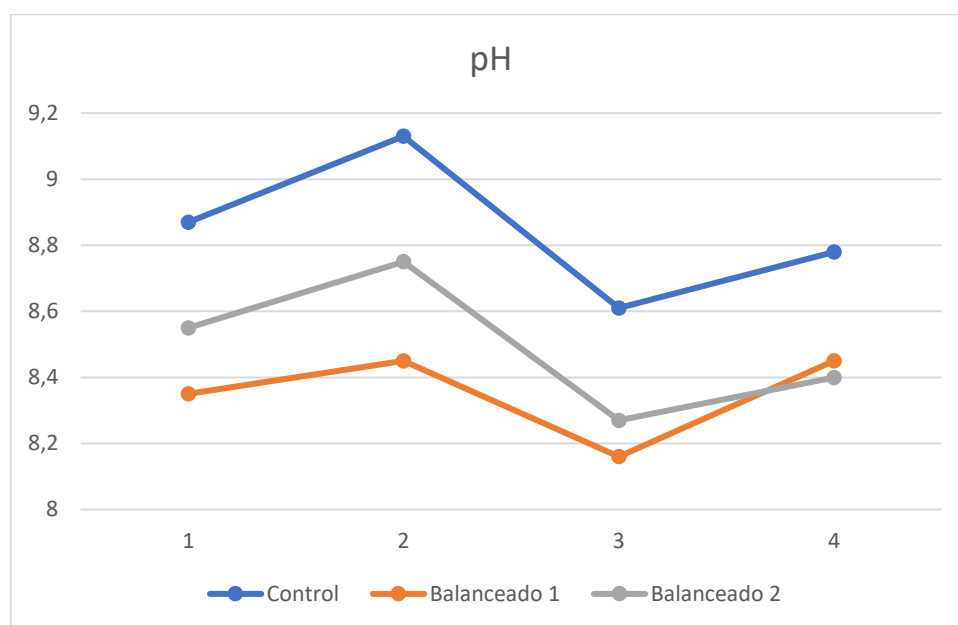


Figura 6. Muestreo de pH en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)

- Temperatura: Según la temperatura presentada, se pueden apreciar las diferentes etapas en la composta. Entre la primera y segunda semana se alcanza la etapa Termofílica donde se da la higienización y microorganismos termófilos son capaces de descomponer componentes más complejos de los sustratos en la composta. (López, 2017)

Semana	Muestreo	Compostera	Temperatura (°C)
1	1	MC	39
		MB1	38
		MB2	35
	2	MC	44
		MB1	42
		MB2	39
2	1	MC	50
		MB1	49
		MB2	51,5
	2	MC	49
		MB1	40
		MB2	49
3	1	MC	38
		MB1	39
		MB2	45
	2	MC	35,5
		MB1	35
		MB2	37
4	1	MC	30
		MB1	32
		MB2	35
	2	MC	29,5
		MB1	28
		MB2	30

Tabla 11. Registro de temperatura en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023).

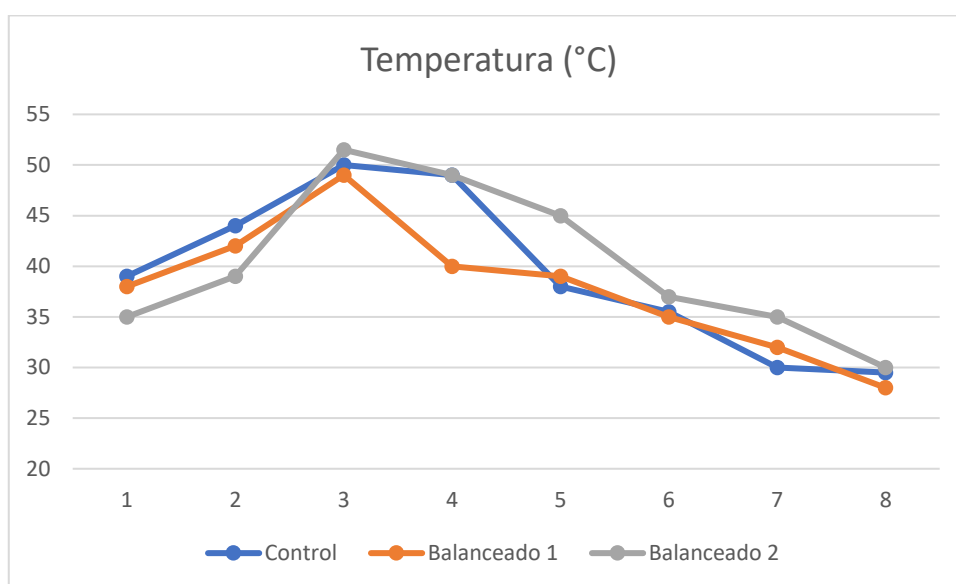


Figura 7. Muestreo de temperatura en las tres composteras (control, Balanceado 1 y Balanceado 2). Elaborado por: González & Romero (2023)

En la figura 3 se puede observar que la temperatura tanto en el control como en el Balanceado 2 similar, variando por únicamente 0.5°C , mientras que en el Balanceado 1 la temperatura es superior por $1.5\text{-}2^{\circ}\text{C}$. Estos valores se encuentran dentro de rango para garantizar la calidad del compost según de la FAO (2013). Se debe considerar que las temperaturas también se ven afectadas por el material de la compostera y temperatura ambiente.

- **Nitrógeno Total**

Las cantidades de Nitrógeno Total de las tres composteras son los que se detallan en la siguiente tabla:

Nitrógeno Total (%)		
Control	Balanceado 1	Balanceado 2
1.04	2,57	2,69

Tabla 12. Contenido de nitrógeno en las tres composteras en la semana 4 (etapa Mesofílica II). Elaborado por: González & Romero (2023)

Debido al alto contenido de nitrógeno que se encuentra en el balanceado acuícola, las composteras de Balanceado 1 y Balanceado 2 tienen niveles de Nitrógeno Total superiores en comparación al compost de Control en la semana cuarta. Además, los valores se encuentran por encima del valor recomendado por la FAO (2013) que es entre 1-2%. La compostera de control es la que se encuentra más cerca de este valor referencial comprobándose así que es la más apta para ser utilizada en áreas verdes.

En base a la alta concentración de nitrógeno en las composteras que contienen balanceado, se recomienda para futuras investigaciones sea considerado que los cálculos realizados de manera teórica para la formulación difieren con la parte experimental. Sustratos con altos contenidos de nitrógeno deben ser mezclados con sustratos más altos en carbono y humedad que nitrógeno, para que pueda balancearse en el proceso de descomposición, se recomienda el estiércol de ganado porcino o bovino que tiene concentración alta de carbono y humedad, pero baja en nitrógeno como se puede observar en el anexo 5.

4.4. Análisis de costos

El presente proyecto tiene como objetivo aprovechar los desechos orgánicos de la empresa acuícola a través del compostaje debido a que la empresa actualmente contrata el servicio a un gestor ambiental autorizado para que le den una correcta disposición final. En este apartado se realizó un análisis de costos haciendo una comparativa de los costos que cancela la empresa al gestor ambiental autorizado con los costos de elaboración de compost.

En la tabla 13 se detallan los costos de los materiales utilizados para la elaboración del compost. La inversión inicial que se realiza es del envase y la tierra de sembrado. El envase para compostera tuvo un costo de \$2,50 la unidad, el cual es un activo fijo ya que

este envase puede ser reutilizado para la elaboración de más producto. La tierra de sembrado tuvo un costo de \$1,50 el Kilogramo, la cual es materia prima y se ve en la necesidad de inversión constante. Se tomo como valor de transporte la distancia recorrida desde el punto de origen del desecho hacia el lugar donde se realiza el proceso de compostaje, siendo este de \$1.81 el kilómetro. El costo por uso de las instalaciones de la universidad se referenció de acuerdo con el valor referencial de la mensualidad que pagan los estudiantes de la institución.

Costos de elaboración de compost				
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Importe
Envase para compostera	U	4	\$ 2.50	\$ 10.00
Tierra de sembrado	Kg	4	\$ 1.50	\$ 6.00
Transporte de materia prima	Km	40	\$ 1.81	\$ 72.40
Uso de instalaciones de la universidad	m ²	1	\$ 350.00	\$ 350.00
			Subtotal	\$ 438.40
			IVA	\$ 52.61
			Total	\$ 491.01

Tabla 13. Análisis de costos de elaboración de compost. Elaborado por: González & Romero (2023)

En la tabla 14 se puede apreciar el costo por Kg de compost que se obtiene a partir de la tabla 13 (Costos de elaboración de compost)

Total de compost elaborado	Costo por Kg de compost	Total por elaboración de compost
9 Kg	\$ 54.56	\$ 491.01

Tabla 14. Tabla de costo por Kg de compost elaborado. Elaborado por: González & Romero (2023)

En la tabla 15 se detalla el costo de disposición final de los desechos orgánicos mediante el gestor ambiental autorizado. La empresa cancela un costo de \$0,07 por Kilogramo de desecho retirado por el gestor ambiental autorizado. También se tomó en consideración los costos de mano de obra, el cual se calculó que es de \$2.81 la hora por

trabajador referenciando un salario básico que ganan los operarios del área de producción, adicionalmente se considera un costo referencial de bodegas para almacenamiento en el cantón Durán el cual es \$4 por m^2 , y también se consideran los costos que cancela la empresa mensualmente por los servicios básicos (Agua potable, electricidad e internet).

Costo de disposición final con gestor ambiental				
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Servicio de desalojo desechos orgánicos	Kg	9	\$ 0.07	\$ 0.63
Mano de obra	Hora/hombre	9	\$ 2.81	\$ 25.29
Espacio de almacenamiento	m^2	7	\$ 4.00	\$ 28.00
Servicios basicos		1	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00
			Subtotal	\$ 22,053.92
			IVA	\$ 2,648.16
			Total	\$ 24,702.08

Tabla 15. Análisis de costos de disposición final con gestor ambiental. Elaborado por: González & Romero (2023)

En la tabla 16 se puede apreciar el costo por Kg de desecho que se gestiona a partir de la tabla 15 (Costos de disposición final con gestor ambiental)

Total de desechos gestionados	Costo por Kg de desecho gestionado	Total por gestión
9 Kg	\$ 2,744.68	\$ 24,702.08

Tabla 16. Tabla de costo por Kg de desecho gestionado. Elaborado por: González & Romero (2023)

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se analizó el producto balanceado húmedo mediante análisis físicos y químicos y se reconocieron tres parámetros fundamentales: Carbono, Nitrógeno y Humedad, de forma que se puede determinar su potencial uso para generar compost junto a otros sustratos.
- Se logró diseñar un proceso para el tratamiento de los desechos orgánicos de una empresa de balanceados de camarón del cantón Durán, para la elaboración de un nuevo producto mediante un proceso de compostaje.
- Se logró determinar que el compost con producto balanceado húmedo no cumple con parámetros de nitrógeno debido a la formulación y los sustratos utilizados en las composteras, por lo que no es el más recomendable para el uso en cultivos de plantas ornamentales que forman parte de las áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana campus María Auxiliadora, esto se debe a un deficiente balance de masas y necesidad de otros desechos orgánicos con altos contenidos en carbono y humedad (como el estiércol) que no posee la empresa de balanceados acuícola, por ende no se utilizó este tipo de sustrato.
- Es importante destacar que el compost se puede utilizar estando tanto en su fase mesoflica II o ya maduro, es por esto que se analizó su capacidad de ser utilizado en esta fase a la que llegó a la cuarta semana de experimentación.
- Se logró diseñar un método con composteras de fácil manejo y acceso en caso de tener un limitado espacio para el tratamiento de aprovechamiento del producto balanceado húmedo.

- Mediante un análisis de costos se pudo realizar una comparación económica entre la gestión del producto balanceado húmedo como desecho orgánico y el aprovechamiento a través del compostaje. Si bien la elaboración de composta requiere de una inversión inicial, es un gasto mínimo en comparación a los valores que debe pagar la empresa acuícola desde el momento en el que se genera el desecho hasta su disposición final mediante el servicio de un gestor ambiental autorizado. De esta forma, se determina que el presupuesto para la implementación de esta iniciativa sostenible es de aproximadamente \$491,01, pero puede variar según el sitio de aplicación y experimentación.

5.2 Recomendaciones

- Fomentar el uso del compost para el mantenimiento de las áreas verdes de la universidad, y el sobrante que no se llegue a utilizar en la institución puede ser donado a las comunidades aledañas para así incentivarlos a tener sus propios cultivos y áreas verdes.
- Realizar los análisis necesarios para llevar un control detallado durante todo el proceso de compostaje, y comparar los resultados con la tabla de recomendaciones de la FAO para asegurarse de elaborar un producto que cumpla con los estándares óptimos del abono.
- Se recomienda la experimentación con estiércol de ganado porcino o bovino que tiene concentración alta de carbono y humedad pero baja en nitrógeno, lo que hace un buen sustrato complementario.
- Debido a que el compost con producto balanceado húmedo no cumple con parámetros de nitrógeno por su formulación y los sustratos utilizados en las composteras, se recomienda utilizar desechos orgánicos con altos contenidos de carbono, para así tener una mejor relación C/N y obtener un producto de mejor calidad.

6. Bibliografía

- AgroHuerto. (2020). Obtenido de <https://www.agrohuerto.com/cultivar-el-huerto/>
- AguaAmbiente. (1 de octubre de 2016). Obtenido de <https://aguayambiente.com/2016/01/10/turbiedad-del-agua/>
- Ambiente, M. d. (21 de 12 de 2012). *Documento_Listado-desechos-sustancias-peligrosas-142.pdf*. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Listado-desechos-sustancias-peligrosas-142.pdf
- Arco. (29 de agosto de 2019). Obtenido de <https://blog.valvulararco.com/que-es-la-perdida-de-carga-en-tuberias>
- Bienestar180. (octubre de 2019). Obtenido de <https://www.salud180.com/salud-dia-a-dia/como-hacer-un-huerto-vertical-en-casa>
- Chachapoya, D. (Diciembre de 2014). Producción de Alimentos Balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos. 17.
- Codigo Orgánico del Ambiente. (12 de 04 de 2017).
- Conciencia Eco. (13 de 02 de 2017). *Ventajas ambientales del compostaje*. Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2017/02/13/10-ventajas-ambientales-del-compostaje/>
- De la Cruz González, N. (2013). *Universitat de Barcelona*. Obtenido de Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/308120/NDLCG_TESIS.pdf?sequence=1
- EMAC. (27 de 04 de 2012). *EMAC*. Obtenido de <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/05FP10-0101-an.pdf>
- Gestión de residuos Valencia. (06 de 04 de 2018). *Problemas medioambientales derivados de una mala gestión de residuos*. Obtenido de <https://www.leonardogr.com/es/blog/problemas-medioambientales-derivados-de-una-mala-gesti-n-de-residuos>
- González, N. d. (2013). Estudio de Contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados. *Universidad de Barcelona*. Obtenido de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/308120/NDLCG_TESIS.pdf?sequence=1
- González-Sierra, R. P. (16 de 07 de 2008). *Maestro compostador*. Obtenido de <http://www.maestrocompostador.es/compostaje/origenes/origenes.html>
- GUTIÉRREZ, J. E. (21 de ABRIL de 2021). <https://repositorio.cuc.edu.co>. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9155/An%c3%a1lisis%20del%20posible%20uso%20del%20residuo%20de%20lodo%20de%20papel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Huillca, K. J. (27 de Julio de 2021). <https://repositorio.upeu.edu.pe/>. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4619>
- INEN. (08 de MAYO de 2014). normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1488.pdf. Obtenido de [.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1488.pdf](http://normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1488.pdf): <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1488.pdf>
- LOMBRICORP. (28 de 06 de 2022). *Gestión ambiental de residuos orgánicos y especiales*. Obtenido de <https://lombricorp.com/gestion-ambiental-de-residuos-organicos-y-especiales/>
- López, A. (2017). Gestión del contenido rumial producido en la empresa pública metropolitana de ratro Quito a través de pilas composteras y su factibilidad económica de implementación. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17489/1/CD-7990.pdf>
- Omnia. (3 de 10 de 2014). *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
- OSTO, H. L. (2021). CARACTERIZACIÓN DE LA CELULOSA PROVENIENTE DEL LODO PAPELERO Y SU ESTERIFICACIÓN. *Revista de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 2.
- Ramón, A. C. (2023). Planta de compostaje y reciclaje para la gestión de residuos sólidos en Río Blanco, Ecuador. *Dominio de las ciencias*. Obtenido de [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-PlantaDeCompostajeYReciclajeParaLaGestionDeResiduo-8383482%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-PlantaDeCompostajeYReciclajeParaLaGestionDeResiduo-8383482%20(1).pdf)
- RODRÍGUEZ, Y. M., & OTAVO, D. A. (2016). APROVECHAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES PARA LA ELABORACION DE ABONO EN EL MUNICIPIO DE SIBATE. *CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS*. Obtenido de http://uniminuto-dspace.scimago.es:8080/bitstream/10656/4976/1/TTL_CulmaOtavoDiegoAlberto_2016.pdf
- RTVE.ES. (15 de 12 de 2020). *¿Cómo se elabora el compost? Aprendemos a hacerlo*. Obtenido de <https://www.rtve.es/television/20201215/elaboracion-compost-casero/2060175.shtml#:~:text=y%20no%20contaminar,-El%20proceso%20consiste%20en%20crear%20las%20condiciones%20necesarias%20de%20luz,y%2025%C2%BAC>.
- Ruiz, D. I. (2014). La Importancia de la Adición de Minerales en la Dieta del Camarón. *BIO-BAC*.
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M., Flores, H., & Neaman, A. (2006). Instituto de investigaciones agropecuarias. *Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile*. Santiago, Chile.
- Tortosa, G. (2021). *Compostando Ciencia*. Obtenido de Definición de compostaje. ¿Qué es el compost?: <http://www.compostandociencia.com/2008/09/definicion-de-compostaje-html/>

- Twenergy. (11 de 11 de 2020). *¿Qué es el compostaje?* . Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/que-es-compostaje/>
- United States Department of Agriculture. (2010). *Chapter 2 Composting. Part 637 Environmental Engineering*. Obtenido de <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=28910.wba>
- Valladolid Recicla. (27 de 01 de 2022). *7 ventajas ambientales del compostaje*. Obtenido de <https://www.valladolidrecicla.es/7-ventajas-ambientales-del-compostaje/>
- Vega García, K. (05 de 01 de 2015). *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo*. Obtenido de <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/58/1/Vega%20García%20Karla%20Berenice.pdf>
- Veterinaria Digital. (07 de 06 de 2021). *Procesos en la fabricación de la harina de pescado* . Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/procesos-en-la-fabricacion-de-la-harina-de-pescado/#:~:text=La%20harina%20de%20pescado%20posee,materia%20prima%20rica%20en%20nutrientes.>

Anexos

Anexo 1. Elaboración de las composteras



Corte de restos vegetales en trozos pequeños



Composición de primeras capas con tierra y hojas secas.



Colocación de restos vegetales



Colocación de balanceado



Terminar con una capa de hojas secas



Humedecer las capas



Presionar las capas para comprimir todas las capas

Anexo. 2 rotulación de las compostera, ubicadas en un espacio techado



Compostera de control rotulada



Compostera Balanceado 1



Compostera Balanceado 2

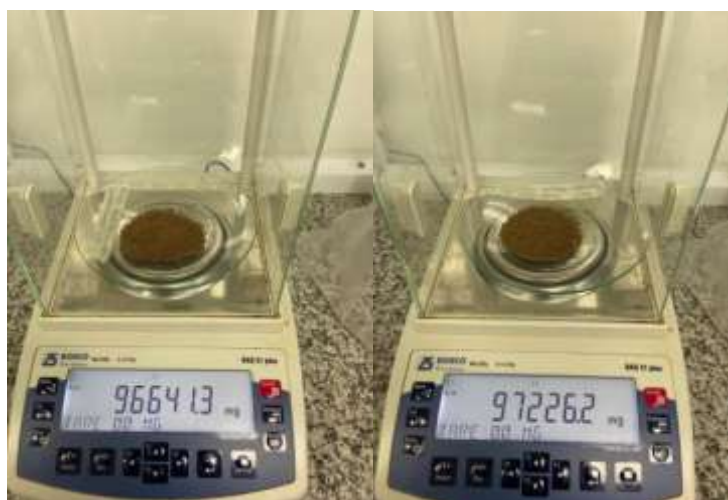
Anexo. 3 Caracterización del Balanceado



Toma de muestra desde el centro de acopio



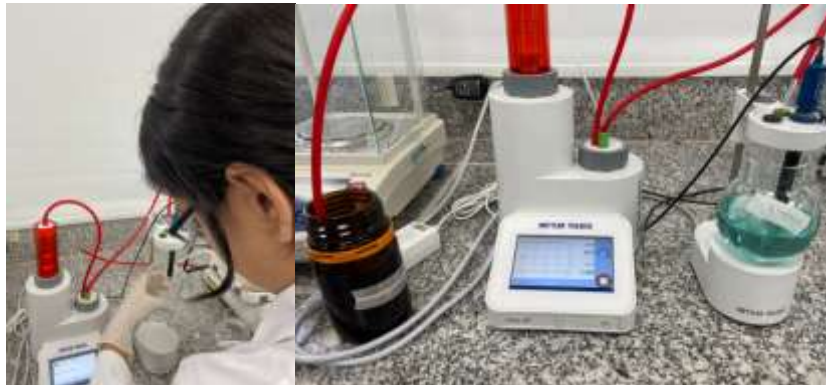
Pesaje de muestra determinación de la humedad del balanceado



Determinación de humedad por diferencia gravimétrica de ambas muestras



Destilación en la determinación de contenido de Nitrógeno total con el método del Kjeldahl



Titulación en la determinación de contenido de Nitrógeno total con el método del Kjeldahl



Determinación de contenido de materia orgánica en la muestra de balanceado

Anexo. 4 Monitoreos de composta



Monitoreo de humedad en compost de 3 composteras (Control, Balanceado 1 y Balanceado 2)



Monitoreo de pH en compost de las 3 composteras (Control, Balanceado 1 y Balanceado 2)



Monitoreo de temperatura, volteos y humedecimiento de las tres composteras (Control, Balanceado 1 y Balanceado 2).

Anexo 5. Tablas de concentración de parámetros: nitrógeno, carbono, humedad y densidad en sustratos según el Manual de Ingeniería Ambiental (United States Department of Agriculture, 2010).

Material	Type of value	% N (dry weight)	C:N ratio (weight to weight)	Moisture content % (wet weight)	Bulk density (lb/yd ³)
Crop residue and fruit/vegetable-processing waste					
Apple filter cake	Typical	1.2	13	60	1,197
Apple pomace	Typical	1.1	48	88	1,559
Apple-processing sludge	Typical	2.8	7	59	1,411
Cocoa shells	Typical	2.3	22	8	798
Coffee grounds	Typical	—	20	—	—
Corn cobs	Range	0.4–0.8	56–123	9–18	—
	Average	0.6	98	15	557
Corn stalks	Typical	0.6–0.8	60–73a	12	32
Cottonseed meal	Typical	7.7	7	—	—
Cranberry filter cake	Typical	2.8	31	50	1,021
(with rice hulls)	Typical	1.2	42	71	1,298
Cranberry plant (stems, leaves)	Typical	0.9	61	61	—
Cull potatoes	Typical	—	18	78	1,540
Fruit wastes	Range	0.9–2.6	20–49	62–88	—
	Average	1.4	40	80	—
Olive husks	Typical	1.2–1.5	30–35	8–10	—
Potato-processing sludge	Typical	—	28	75	1,570
Potato tops	Typical	1.5	25	—	—
Rice hulls	Range	0–0.4	113–1,120	7–12	185–219
	Average	0.3	121	14	202
Soybean meal	Typical	7.2–7.6	4–6	—	—
Tomato-processing waste	Typical	4.5	11a	62	—
Vegetable produce	Typical	2.7	19	87	1,585
Vegetable wastes	Typical	2.5–4	11–13	—	—
Fish and meat processing					
Blood wastes (slaughterhouse waste and dried blood)	Typical	13–14	3–3.5	10–78	—
Crab and lobster wastes	Range	4.6–8.2	4.0–5.4	35–61	—
	Average	6.1	4.9	47	240
Fish-breading crumbs	Typical	2.0	28	10	—
Fish-processing sludge	Typical	6.8	5.2	94	—
Fish wastes (gurry, racks, and so on)	Range	6.5–14.2	2.6–5.0	50–81	—
	Average	10.6	3.6	76	—
Mixed slaughterhouse waste	Typical	7–10	2–4	—	—
Mussel wastes	Typical	3.6	2.2	63	—
Poultry carcasses	Typical	2.4b	5	65	—
Paunch manure	Typical	1.8	20–30	80–85	1,460
Shrimp wastes	Typical	9.5	3.4	78	—

Material	Type of value	% N (dry weight)	C:N ratio (weight to weight)	Moisture content % (wet weight)	Bulk density (lb/yd ³)
Manure					
Broiler litter	Range	1.6-3.9	12-15a	22-46	756-1,026
	Average	2.7	14a	37	864
Cattle	Range	1.5-4.2	11-30	67-87	1,323-1,674
	Average	2.4	19	81	1,458
Dairy tiestall	Typical	2.7	18	79	—
Dairy freestall	Typical	3.7	13	83	—
Horse—general	Range	1.4-2.3	22-50	59-79	1,215-1,620
	Average	1.6	30	72	1,379
Horse—race track	Range	0.8-	1.7	29-56	52-67
	Average	1.2	41	63	—
Laying hens	Range	4-10	3-10	62-75	1,377-1,620
	Average	8.0	6	69	1,479
Sheep	Range	1.3-3.9	13-20	60-75	—
	Average	2.7	16	69	—
Swine	Range	1.9-4.3	9-19	65-91	—
	Average	3.1	14	80	—
Turkey litter	Average	2.6	16a	26	783
Municipal waste					
Garbage (food waste)	Typical	1.9-2.9	14-16	69	—
Night soil	Typical	5.5-6.5	6-10	—	—
Paper from domestic refuse	Typical	0.2-0.25	127-178	18-20	—
Pharmaceutical wastes	Typical	2.6	19	—	—
Refuse (mixed food, paper, etc.)	Typical	0.6-1.3	34-80	—	—
Sewage sludge	Range	2-6.9	5-16	72-84	1,075-1,750
Activated sludge	Typical	5.6	6	—	—
Digested sludge	Typical	1.9	16	—	—
Straw, hay, silage					
Corn silage	Typical	1.2-1.4	38-43a	65-68	—
Hay—general	Range	0.7-3.6	15-32	8-10	—
	Average	2.10	—	—	—
Hay—legume	Range	1.8-3.6	15-19	—	—
	Average	2.5	16	—	—
Hay—nonlegume	Range	0.7-2.5	—	—	—
	Average	1.3	32	—	—
Straw—general	Range	0.3-1.1	48-150	4-27	58-378
	Average	0.7	80	12	227
Straw—oat	Range	0.6-1.1	48-98	—	—
	Average	0.9	60	—	—