

OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE HOJAS DE MORA Y ESTIÉRCOL DE CUY.

Obtaining compost from blackberry leaves and guinea pig manure.

| | |
|---|-------------------------------------|
|  | ¹ Juan Córdova Procel* |
|  | ² Blanca Vargas Guambo |
|  | ² Naranjo Vargas Eugenia |
|  | ² Paúl Vega Cortéz |

¹Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica/Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador.

*juan.cordova@epn.edu.ec

RESUMEN

La zona central del Ecuador está vinculada económicamente a la agricultura y un importante sector agroindustrial, en especial las Pymes, se dedican a producción de cuy. La presente investigación, del tipo deductivo, tiene como objetivo el diseño de un mecanismo que permita obtener compost mediante el aprovechamiento de residuos sólidos de estiércol de cuy y hojas de mora. La metodología aplicada consistió en dos etapas: primero se realizó el monitoreo y control de variables como temperatura, pH, humedad y aireación durante todo el proceso de compostaje por tres meses. Con estos datos analizados, se procedió a diseñar el proceso mediante una ingeniería básica y posteriormente se continuó con el dimensionamiento, diseño y construcción del equipo denominado Bioreactor. El compost obtenido con la implementación del bioreactor se categorizó como un producto de clase A, con base en la norma chilena NCh2880. Esto permite su utilización para la producción de alimentos o cultivos hortícolas nativos o de porte pequeño.

Palabras Clave: Residuos, compostaje, características, diseño de biorreactor, temperatura.

ABSTRACT

The central zone of Ecuador is economically linked to agriculture and an important agro-industrial sector, especially SMEs, are involved in guinea pig production. The objective of this deductive research is the design of a mechanism to obtain compost by using solid waste from guinea pig manure and blackberry leaves. The applied methodology consisted of two stages, for which first the monitoring and control of variables such as temperature, pH, humidity and aeration during the whole compost process was carried out for three months. With these data analyzed, the process was designed by means of basic engineering, and then continued with the sizing, design and construction of the equipment called Bioreactor. The compost obtained with the implementation of the bioreactor was categorized as a class A product, based on the Chilean standard NCh2880, which allows its use for the production of food or native or small horticultural crops.

Keywords: Waste, composting, characteristics, bioreactor design, temperature.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la agricultura tiene un papel significativo en el desarrollo económico en los países llamados del tercer mundo. En promedio llegan al 15% del producto interno bruto de estas naciones, así lo indica (1). El buen manejo de los procesos productivos con el menor impacto ambiental en todas sus etapas (2), es un tema que llama la atención a la comunidad científica en todas las industrias y más cuando la agroquímica muestra un alto índice de afectación al medio ambiente, solamente superado por la industria textil y petrolera (3). Por ello es necesario plantear alternativas urgentes y suplementarias con rumbo medioambiental (4). Frente a esta inapelable realidad, en que la agroecología aparece como una alternativa económica realmente necesaria para contribuir a esta problemática medioambiental como lo menciona (5), la aplicación de una eficiente gestión de los desechos generados por las diversas actividades agropecuarias se han convertido en una alternativa positiva de gran impacto social y económico, así lo cita (6). Esta es la motivación para la presente investigación, donde una opción a la aplicación de fertilizantes minerales en cultivos forrajeros son los abonos orgánicos, que aportan Nitrógeno en forma natural como proteínas y aminoácidos así lo asegura (7), más o menos estables, que paulatinamente se mineralizan en formas asimilables por las plantas como lo menciona (8).

En la actualidad, para obtener abonos orgánicos hay múltiples estudios, entre los cuales figura la reutilización de los desechos mediante el proceso de compostaje (9). Los modelos integrados de gestión de residuos deben considerar la revalorización de estos como materia prima, con el fin de desarrollar tecnologías que permitan la recuperación de nutrientes (10), así como para obtener insumos que mejoren significativamente el rendimiento de materia seca de cultivos (11) y la fertilidad del suelo (12, 13 y 14).

El objetivo de esta investigación es obtener compost de calidad, a partir de la materia orgánica de hojas de mora y estiércol de cuy, mediante el enriquecimiento por microorganismo de montaña, lo que puede promover un mayor rendimiento de materia seca, altura de forraje y mayor densidad de tallos como lo indica (10), donde se planteó la hipótesis de que si se utiliza un biorreactor, como resultado se obtendría un compost de buena calidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En la provincia de Chimborazo zona central de Ecuador, los investigadores consideraron realizar una investigación del tipo deductivo, con metodología cuantitativa, para obtener compost a partir de estiércol de cuy. Comprendió varias fases donde primero se realizó la caracterización de materias primas a utilizarse, posteriormente se determinó las variables de estudio, luego la ingeniería de las composteras y del biorreactor y finalmente la fase experimental y obtención de resultados.

1. Caracterización de materias primas.- Hace referencia a la recolección de las muestras in situ que forman parte de la materia orgánica para la obtención del abono orgánico. De manera similar, la información bibliográfica correspondiente para el manejo adecuado de las muestras, variables del proceso de compostaje y normativas vigentes (15).
2. Determinación de las variables de estudio.- Mediante la recopilación bibliográfica, se determinará la metodología más adecuada para la obtención del abono orgánico, considerando los análisis físico-químicos respectivos de la materia prima utilizada (15).
3. Diseño mecánico del biorreactor.- Mediante la obtención de las variables del proceso y los análisis físico-químicos del compost de forma experimental, se diseñará el biorreactor mediante cálculos de ingeniería.
4. Fase experimental y obtención de resultados.- Obtención de muestras de compost, y análisis de las variables de estudio (15).

Los residuos sólidos utilizados fueron el estiércol de cuy, que se obtuvo de pequeños productores que habitan en las zonas aledañas a la ciudad de Riobamba, en la región central del Ecuador, y la hoja de mora que, de igual manera, se obtuvo de pequeñas Pymes comunales que comercializan este producto en el área geográfica, citada al igual que los microorganismos de montaña que se obtuvieron mediante la mezcla de hojarasca, melaza de caña, harina de maíz y agua sin cloro, posterior el compactado y sellado (16).

El punto de partida fue el análisis fisicoquímico de la materia prima utilizada para el compostaje, tal como lo sugiere (17).

El compost se obtuvo mediante un biorreactor de tipo cerrado horizontal discontinuo, con

una capacidad de 600 litros, diseñado como referencia a la norma API (Sociedad Americana de Petróleo) y ASME (Sociedad de Ingenieros Mecánicos Americanos), que es la norma para el diseño mecánico de recipientes a presión (18) y (16).

La mezcla de los residuos sólidos se obtuvo mediante la adición de hojas de mora y estiércol de cuy seco con los microorganismos de montaña (MMS), a la que se le dio seguimiento y control de las variables a estudiar, pH, temperatura y humedad. En periodos controlados y planificados se volteaba la mezcla.

Para elaborar las mezclas de los residuos previo a iniciar el compostaje, se consideró los análisis para obtener una relación Carbono / Nitrógeno (C/N) en el rango 10 a 25, que según la norma chilena NCH2880, como lo indica (15), clasifica al compost como un producto de Clase A o de alta calidad. Esta variable C/N se obtuvo al dividir el contenido del porcentaje de Carbono orgánico total, entre el contenido de porcentaje de Nitrógeno total, del material destinado a compostaje.

Al final de las 14 semanas, se tomaron muestras de las tres composiciones y se los examinó en laboratorio para analizar y tabular los valores de las variables, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, humedad, nitrógeno total, carbono orgánico total, fósforo disponible, potasio.

Cálculos para proceso de compostaje. -

Para el análisis y cálculo del proceso de compostaje, como punto de partida, se estimó un volumen de estiércol de cuy equivalente a 50 Kg y 3 Kg de hojas de mora. Los MMS (microorganismo de montaña en medio sólido) aproximadamente fueron de 18 Kg.

Se realizaron tres mezclas en tres composteras que se las clasificó en A, B, C. Cada una con diferentes características físico – químicas, con base en el valor de la relación C/N.

Preparación de las composteras

Compostera A.-

Masa de agua

$$W = m_{H_2O} = 71,754Kg$$

W = masa del agua

Balance de Nitrógeno

$$X_N^E * E + X_N^H * H + X_N^{MMS} * MMS = X_N^F * F + m_N^G \quad (1)$$

- X_N^E = Fracción de Nitrógeno en estiércol
- E = Estiércol
- X_N^H = Fracción de Nitrógeno en hojas de mora
- H = Hojas de mora
- X_N^{MMS} = Fracción de Nitrógeno en microorganismo de montaña
- MMS = microorganismo de montaña en medio sólido
- X_N^F = fracción de Nitrógeno en el producto final
- F = Producto final
- m_N^G = masa de Nitrógeno en gas

$$m_N^G = 0,1110Kg$$

Balance de Carbono

$$X_C^E * E + X_C^H * H + X_C^{MMS} * MMS = X_C^F * F + m_C^G \quad (2)$$

$$m_C^G = 1,286Kg$$

Producción por Kilogramo de materia

$$P = F \text{ kg} / (E+H)Kg \quad (3)$$

$$P = 0,74 * (Kg \text{ compost} / Kg \text{ materia})$$

Compostera B.-

Masa de agua

$$W = 71,75Kg$$

Balance de Nitrógeno

$$m_N^G = 0,0966Kg$$

Balance de Carbono

$$m_C^G = 1,12Kg$$

Producción por Kilogramo de materia

$$P = 1,2496 * (Kg \text{ compost} / Kg \text{ materia})$$

Compostera C.-

Masa de agua

$$W = 71,754 Kg$$

Balance de Nitrógeno

$$m_N^G = 0,098Kg$$

Balance de Carbono

$$m_C^G = 1,08Kg$$

Producción por Kilogramo de materia
 Producción=0,74426*(Kg compost/Kg materia)

Características de los residuos usados en las mezclas para el compostaje.

Estiércol de cuy = 33.125% humedad
 Hojas de mora = 33.125% humedad
 MMS (microorganismos de montaña sólido en medio sólido) = 47.5614% humedad

Cálculo de la relación C/N

Hoja de mora = $13.39/1.15=11.64$
 Estiércol de cuy = $13.12/1.13=11.61$
 MMS (microorganismo de montaña en medio sólido) = $7.48/0.64 = 11.69$

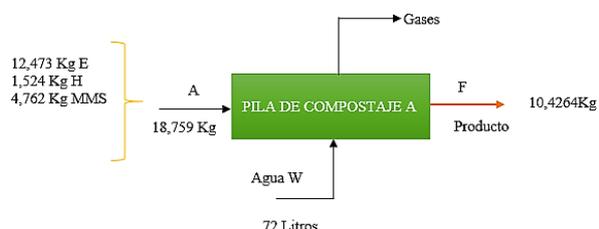


Figura 1. Cálculo de la masa total de compost A. (E= cantidad de estiércol, H=cantidad de hojas de mora, MMS=cantidad de microorganismos de montaña).

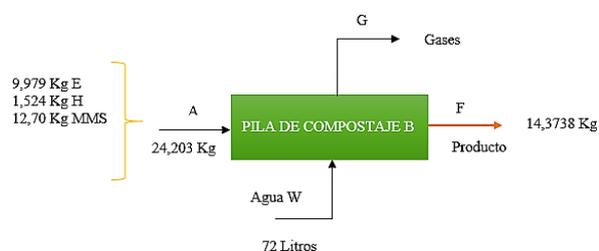


Figura 2. Cálculo de la masa total de compost B. (E= cantidad de estiércol, H=cantidad de hojas de mora, MMS=cantidad de microorganismos de montaña).

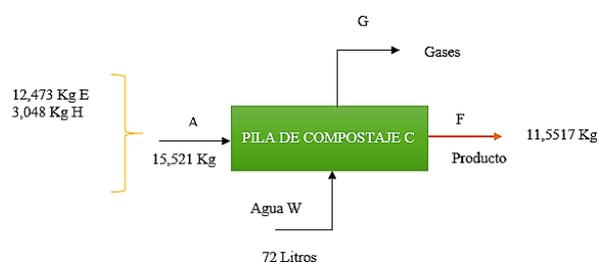


Figura 3. Cálculo de la masa total de compost C (E= cantidad de estiércol, H=cantidad de hojas de mora).

Con base en las características de los residuos usados y el cálculo de masas, en la Tabla 1 se presenta la composición de las mezclas de residuos usadas en el presente estudio.

| MEZCLA DE RESIDUOS A COMPOSTAR | COMPOSICIÓN | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|
| | Kg | % |
| A | 12.473 kg estiércol de cuy | 66,50 |
| | 1.524 kg hojas de mora | 8,10 |
| | 4.762 kg MMS | 25,40 |
| B | 9.979 kg estiércol de cuy | 41,23 |
| | 1.524 kg hojas de mora | 6,3 |
| | 12.70 kg MMS | 52,47 |
| C | 12.473 kg estiércol de cuy | 80,36 |
| | 3.048 kg hojas de mora | 19,64 |

Tabla 1. Composición de residuos orgánicos para cada mezcla de los biorreactores

Diseño del Biorreactor.-

Para el estudio se diseñó y construyó un Biorreactor, el que fue utilizado en tiempos diferentes según las mezclas. Para su diseño mecánico, se consideró la ingeniería básica para un recipiente atmosférico, del tipo horizontal discontinuo, se seleccionó un material bajo en cobre, zinc y plomo como lo sugieren (19, 20). En la parte eléctrica, para el giro se seleccionó un motor de 4 caballos de fuerza, con una velocidad angular constante de 40 revoluciones por minuto, que alimenta al biorreactor mediante un mecanismo de giro por poleas y ruedas. Las variables que se consideraron para la ingeniería de proceso fueron: temperatura de trabajo, presión atmosférica, tamaño de la partícula, grado de homogenización, frecuencia de volteo y tiempo de fermentación, así como lo sugieren (21,22).

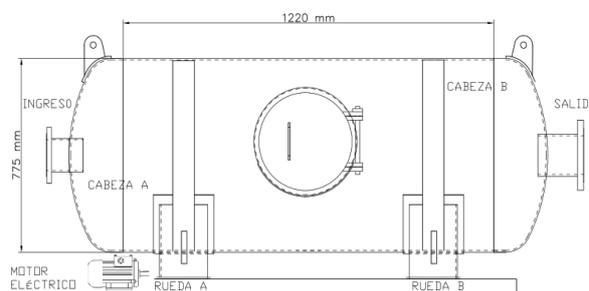


Figura 4. Esquema de Biorreactor.

Dimensionamiento del Biorreactor. -

Las dimensiones se calculan mediante la siguiente ecuación.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L \quad (9)$$

- V = Volumen de proceso
- r = radio interno del recipiente

- L = longitud del recipiente

El espesor de lámina del cuerpo se lo calcula de la siguiente manera.

$$t = P.R / (S.E - 0,6P) \quad (10)$$

- t = espesor de lámina de cuerpo del recipiente
- P = presión de trabajo permitido
- R = Radio interior en pulgadas
- S = esfuerzo del material del cuerpo en libras por pulgada cuadrada
- E = eficiencia de la junta soldada

III. RESULTADOS

Los valores fisicoquímicos, de la materia orgánica utilizada en el estudio, se pueden observar en la Tabla 2.

| PARÁMETRO MEDIDO | MATERIA ORGÁNICA PRIMA UTILIZADA | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| | HOJAS DE MORA b2667 | ESTIÉRCOL DE CUY b2666 | MMS (MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN MEDIO SÓLIDO) b2707 |
| Nitrógeno Total NT (%) | 1,15 | 1,13 | 0,64 |
| Materia Orgánica (%) | 23,08 | 22,66 | 12,90 |
| Carbono Orgánico (%) | 13,39 | 13,12 | 7,48 |
| Fósforo PO ₄ (%) | 0,06 | 0,30 | 0,20 |
| Potasio K (%) | 0,07 | 0,80 | 0,40 |
| Humedad (%) | 45,51 | 33,12 | 47,56 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | 5,27 | 9,12 | 3,94 |
| Conductividad eléctrica (mS/cm) | 3,19 | 4,54 | 7,54 |

Tabla 2. Resultados de los análisis físico-químicos de las materias primas.

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que, el proceso para lograr un compost de buena calidad a partir de estiércol de cuy y hojas de mora es satisfactorio y viable para su implementación.

| COMPOST | CANTIDAD |
|-----------|----------|
| Compost A | 10.42Kg |
| Compost B | 14.37 Kg |
| Compost C | 11.55 Kg |

Tabla 3. Cantidad de compost obtenido al finalizar el proceso de compostaje.

Las muestras obtenidas realizadas en un Biorreactor en tiempos diferentes se observan en la tabla 3, las cuales oscilan entre 10 y 15

kilogramos de compost, cada una con sus características físico químicas propias del proceso.

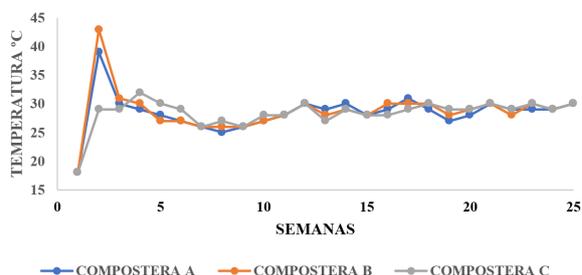


Figura 5. Temperatura de composición en proceso de compostaje.

En la figura 5 se puede observar el comportamiento de la temperatura de la composición en el tiempo. En las primeras semanas tiene los picos altos y bajos, y a partir de la sexta semana tiende a estabilizarse la curva. De igual forma se puede observar el comportamiento del pH, en función del tiempo según la figura 6. Las tres composiciones tienen similitudes en sus valores, y se encuentran entre el rango ideal 7,5 a 8,5. Debido a la curva de evolución del pH, se consideró como tiempo mínimo al menos 14 semanas para completar el proceso.

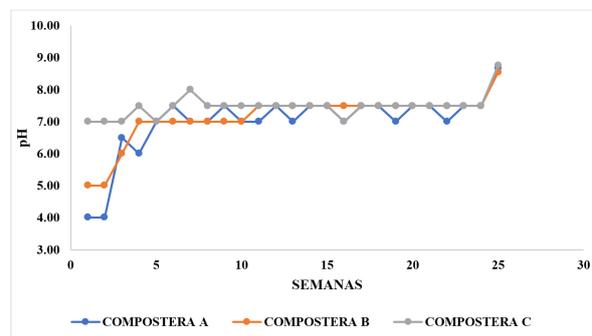


Figura 6. pH en la composición en el proceso de compostaje.

Al final de las 14 semanas, se tomaron muestras de las tres composiciones y se las analizó en laboratorio. Donde los resultados del análisis físico químico son de similar valor como se muestra en la tabla 4.

| PARÁMETRO MEDIDO | Compost A | Compost B | Compost C |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Materia Orgánica (%) | 15,05 | 16,09 | 14,36 |
| Nitrógeno Total NT (%) | 0,75 | 0,80 | 0,72 |
| Carbono Orgánico (%) | 8,73 | 9,33 | 8,33 |
| Fósforo PO ₄ (%) | 0,23 | 0,43 | 0,37 |
| Potasio K (%) | 0,55 | 0,36 | 0,49 |
| Humedad (%) | 49,03 | 46,26 | 46,62 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | 8,67 | 8,55 | 8,76 |
| Conductividad (mS/cm) | 7,71 | 7,40 | 7,91 |

Tabla 4. Resultados de análisis físico químicos en laboratorio.

Se obtuvo una relación C/N en promedio igual a 11,6 según la tabla 5, para las tres composiciones, lo que indica que es un compost de clase A.

| COMPOST | %C | %N | C/N |
|-----------|------|------|-------|
| Compost A | 8,73 | 0,75 | 11,64 |
| Compost B | 9,33 | 0,80 | 11,66 |
| Compost C | 8,33 | 0,72 | 11,57 |

Tabla 5. Relación C/N de cada una de las muestras de compost.

IV. DISCUSIÓN

El uso del Biorreactor diseñado, así como otras variables estimadas influyeron en los resultados observados en la presente investigación. Variables como la materia prima seleccionada que fueron hojas de mora y estiércol de cuy, cuyas características físicas y químicas son favorables para la obtención de una relación C/N final con un valor igual a 11,6. Es decir, en el límite inferior que indica la norma chilena NCh2880. La metodología implementada, además presenta grandes ventajas comparadas con las de otros autores (23) tales como tiempo de proceso y accesibilidad a la materia prima, pero sobre todo la calidad del producto final. En el análisis que realiza (23) obtuvo relaciones de C/N superiores a 25; es decir un compost de clase B, medido con la misma norma chilena citada, que fueron estudios realizados en muestras de desechos orgánicos de varias clases y donde demostró que, con este proceso, su propuesta es una buena enmienda para mejorar la productividad del suelo y la sostenibilidad agrícola. Así mismo reducen el lixiviado de nitrato de las tierras agrícolas; sin embargo, es un proceso extenso y arduo en la selección de materia prima, en comparación con nuestra metodología. Por otro lado (24) encontró

que la aplicación de compost no generó cambios determinantes en la abundancia y diversidad, pero modificó su composición. Esto favorece la presencia de hongos descomponedores y biocontroladores, y provoca una mejora a la sanidad y actividad biológica del suelo. Mientras que (25), concluyó en su investigación que el compost y la gallinaza, contribuyen al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, a través de la incorporación de nutrientes por medio de la regulación del balance hídrico del mismo. Estos parámetros de efectos al suelo y su comportamiento, luego de aplicar compost orgánico, no fueron analizados en nuestro trabajo investigativo, lo que permitirá dar continuidad a la investigación en futuros proyectos.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que el producto final, hallado en nuestra investigación es de buena calidad, al dar como resultado en la relación de porcentaje total de carbono natural sobre el porcentaje total de nitrógeno igual a 11,6 y el pH dentro del intervalo 7,5 a 8,5. Parámetros que cita la norma chilena NCh2880, tomada como referencia, para considerar que el producto sea un Compost de clase A, apto para la producción de alimentos. Se concluye del mismo modo que, el proceso mostrado en la investigación es viable y accesible para los pequeños y grandes productores agrícolas de la región, al ser un proceso que se obtiene mediante la implementación de un biorreactor de construcción metalmecánica de fácil construcción, y materia prima, para la generación de compost accesible en el mercado local.

VI. REFERENCIAS

1. Campos Mariscal JL, Álvarez Sánchez ME, Maldonado Torres R, Vargas Gustavo A. Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2020;11:263–74.
2. Antonio Echeverría J, González-Lazo YI, Antonio Rodríguez-Ramos PI, Sánchez-Borroto III Y, Teresa-Lombardi AI, Candido CI. Artículo Original Diseño y simulación de un fotobiorreactor para el cultivo de la microalga *Chlorella Vulgaris* Design and Simulation of a photobiorreactor for the cultivation of the microalga *Chlorella Vulgaris* Este documento posee una licencia Creative C. 2019;22:169–77.
3. Salas-arbeláez L, García M, Vargas M. Efecto de la cultura organizacional en el rendimiento de las PYMES de Cali. *Suma Negocios*. 2017;8:88–95.
4. Malesani R, Pivato A, Bocchi S, Lavagnolo MC, Muraro S, Schievano A. Compost Heat Recovery Systems: An alternative to produce renewable heat and promoting ecosystem services. *Environ Challenges*. 2021;4:100131.

5. Cui H, Ou Y, Wang L xia, Yan B xing, Li Y xin, Ding D wei. Phosphate rock reduces the bioavailability of heavy metals by influencing the bacterial communities during aerobic composting. *J Integr Agric.* 2021;20:1137–46.
6. Aguilar-Benítez G, Myrna Solís-Oba M, Castro-Rivera R, López-Gayou V, Lara-Ávila JP, Esteves-Luna MA. Efecto de bacterias PGPB, composta y digestato en el rendimiento de materia seca de pasto ovillo. *Rev Mex Ciencias Agrícolas.* 2020;24:118–27.
7. Ramos C, Arozarena N, Martínez F. Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultiv Trop.* 2019;40:02.
8. Acosta Y, Pérez A, Yll-Lavin M. Diseño de un biorreactor para la producción de inóculo de *Salmonella enteritidis*. *Rev Cuba Química.* 2019;31:120–36.
9. Jorge Montalvo PA, Ortiz Dongo LF, Calle Maraví JL, Téllez Monzón LA, Césare Coral MF, Visitación Figueroa L. Transformación del nitrógeno durante el compostaje de bosta de caballo. *Prod y Limpia.* 2018;13:77–88.
10. Cotacallapa S, Villa C, Coaguila M. El Orujo De Uva Italia Como Fuente De Compuestos Bioactivos Y Su Aprovechamiento En La Obtención De Etanol Y Compost. *FAVE Sección Ciencias Agrar.* 2020;19:17–32.
11. Galindo-Barboza AJ, Domínguez-Araujo G, Arteaga-Garibay RI, Salazar-Gutiérrez G. Mitigation and adaptation to climate change through the implementation of integrated models for the management and use of livestock residues. *Review. Rev Mex Ciencias Pecu.* 2020;11:107–25.
12. Vázquez J, Alvarez-Vera M, Iglesias-Abad S, Castillo J. The incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost reduces the negative effects of monoculture in soils. *Sci Agropecu.* 2020;11:105–12.
13. Teyssier RA, Ruiz EA, de Dios Guerrero Rodríguez J, Hernández JIO, González ÁB, López SV, et al. Response of maize genotypes (*Zea mays* L.) to different fertilizers sources in the Valley of Puebla. *Terra Latinoam.* 2018;36:39–48.
14. Paz Narváez IE, Menjivar Flores JC. Efecto del compost en la diversidad de bacterias rizosféricas del cultivo de morera (*Morus alba*). *Rev Colomb Biotecnol.* 2019;21:47–56.
15. Coyachami J. Diseño de un biorreactor para la obtención de compost. [Tesis de pregrado]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2021. Disponible en <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/14896/1/96T00612.pdf>
16. Lee BW, Peterson JJ, Yin K, Stockdale GS, Liu YC, O'Brien A. System model development and computer experiments for continuous API manufacturing. *Chem Eng Res Des.* 2020;156:495–506.
17. Basseyy IU, Edet UO, Umoafia NG, Nwachi AC, Ebenge IA, Odokuma L. Microbial structure and function diversity of open dumpsite compost used as fertilizer by peasant farmers. *Sci African.* 2021;11:e00699.
18. Lee HY, Jeong JY. Quantification of conservatism in pressure vessel design subjected to long-term creep conditions as per ASME Section VIII division 2. *Int J Press Vessel Pip.* 2020;180:104039.
19. Qiu X, Zhou G, Wang H, Wu X. The behavior of antibiotic-resistance genes and their relationships with the bacterial community and heavy metals during sewage sludge composting. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2021;216:112–190.
20. Shehata E, Cheng D, Ma Q, Li Y, Liu Y, Feng Y, et al. Microbial community dynamics during composting of animal manures contaminated with arsenic, copper, and oxytetracycline. *J Integr Agric.* 2021;20:1649–59.
21. Delgado S, Castillo D. Influencia de la temperatura en el crecimiento de un consorcio microbiano y su capacidad biooxidativa sobre el hierro de la calcopirita influence of temperature on the growth of a microbial consortium and its biooxidative capacity on the iron of calcopirita. *Ecol Apl.* 2019;18:6.
22. Calderón Soto LF, Lara-Cisneros G, Herrera-López EJ, Femat R. Hopf bifurcation in a CSTB with inhibition by substrate and product. *IFAC Proc Vol.* 2012;45:7–11.
23. Galsim F, Golabi MH, Kim YS, Iyekar C. Comparative effects of composted organic waste and inorganic fertilizer on nitrate leachate from the farm soils of northern Guam. *Int Soil Water Conserv Res.* 2021;9(1):87–102.
24. Sepúlveda G, Ibañez J, Martínez O. Efecto a corto plazo de la aplicación de compost sobre la diversidad de hongos de suelos de un olivar en el Valle de Azapa. *Interciencia.* 2019; 44:394–399
25. Cotrina-Cabello VR, Alejos-Patiño IW, Cotrina-Cabello GG, Córdova-Mendoza P, Córdova-Barrios IC. Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Cent Agrícola.* 2020;47(2):31–40.