

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2509>

## **Diseño de un bioproceso industrial para la formulación de biofertilizante a base de lombricomposta y quitina**

Design of an industrial bioprocess for the formulation of biofertilizer based on vermicompost and chitin

**Lluvia Paloma Escobar Sepulveda**

Lluviae2503@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0004-1230-0286>

UAGro- Universidad Autónoma de Guerrero  
Chilpancingo – México

**Maribel Sepulveda Covarrubias**

06880@uagro.com

<https://orcid.org/0000-0003-3764-5219>

UAGro-Universidad Autónoma de Guerrero  
Chilpancingo – México

**Nelissa Rodríguez Dorantes**

13648@uagro.com

<https://orcid.org/0000-0003-2345-8906>

UAGro-Universidad Autónoma de Guerrero  
Chilpancingo – México

Artículo recibido: 01 de agosto de 2024. Aceptado para publicación: 16 de agosto de 2024.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

La lombricultura es el uso de lombrices de tierra como herramienta biotecnológica para la digestión de materia orgánica en la obtención de un abono orgánico de alta calidad conocido como humus de lombriz, actualmente la lombricultura se realiza a menor escala, su uso principal es huertos en casa o cultivos medianos, el autor plantea el escalamiento industrial de este bioproceso para la formulación de un biofertilizante a base de lombricomposta y quitina, con el fin de dar solución a problemáticas en cultivos agrícolas como el uso de biofertilizantes químicos y ayudando al mismo tiempo a reducir la contaminación de agua, por desechos marinos y residuos sólidos agropecuarios. Diseñar un proceso industrial para la obtención de biofertilizante mediante lombricultura. El autor diseñó las fases (upstream, fermentación y Downstream) del bioproceso, basado en métodos de lombricultura, mediante balance de materia y energía, se determinó las entradas y salidas para una producción de 864 ton anuales de lombricomposta usando estiércol vacuno como soporte y fuente nutritiva del que se alimenta la lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida*), para obtener un lombriabono rico en sustancias húmicas que posteriormente será mezclado con quitina. El autor diseñó una propuesta de Layout para planta industrial y un diagrama de flujo de proceso (PFD), donde se describe la corriente de flujo de trabajo, con maquinaria y accesorios propuestos en la fabricación de biofertilizante, marcando entradas y salidas de materia prima y subproductos.


*Palabras clave:* bioprocesos, lombricomposta, biofertilizante, quitina

### **Abstract**

Vermiculture is the use of earthworms as a biotechnological tool for the digestion of organic matter in

obtaining a high quality organic fertilizer known as worm humus, currently vermiculture is carried out on a smaller scale, its main use is home gardens or medium crops, the author proposes the industrial scaling of this bioprocess for the formulation of a biofertilizer based on vermicompost and chitin, in order to provide solutions to problems in agricultural crops such as the use of chemical biofertilizers and at the same time helping to reduce water pollution, marine debris and agricultural solid waste. Objectives: To design an industrial process for obtaining biofertilizer through vermiculture. Materials and methods: The author designed the phases (upstream, fermentation and downstream) of the bioprocess, based on vermiculture methods, by means of a balance of matter and energy, the inputs and outputs were determined for a production of 864 tons per year of vermicompost using cow manure as a support and nutrient source from which the Californian red worm (*Eisenia foetida*) feeds to obtain a worm rich in humic substances that will later be mixed with chitin. Results: The author designed a proposal for a layout for an industrial plant and a process flow diagram (PFD), where the workflow current is described, with machinery and accessories proposed in the manufacture of biofertilizer, marking inputs and outputs of raw material and by-products.

*Keywords:* bioprocesses, vermicompost, biofertilizer, chitin

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Escobar Sepulveda, L. P., Sepulveda Covarrubias, M., & Rodríguez Dorantes, N. (2024). Diseño de un bioproceso industrial para la formulación de biofertilizante a base de lombricomposta y quitina. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (4), 3497 – 3513. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2509>

## **INTRODUCCIÓN**

La poca producción de biofertilizantes a grandes escalas para la nutrición de cultivos se compensa con el actual uso de fertilizantes foliares (principalmente químicos) que se comienzan a considerar como una vía no óptima ya que llegan a ser contaminantes de suelo y agua. La lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie de lombriz domesticada, como una herramienta de trabajo, aprovechando los residuos orgánicos, transformando estos en lombricomposta (humus) y en una fuente valiosa de proteína (Carne y/o harina de lombriz). Esta actividad zootécnica permite perfeccionar los sistemas de producción agrícola (Alvarado, A. & Díaz, E., 2019).

Es un producto estabilizado (sin lombrices), con un pH neutro, se encuentra natural y completamente libre de semillas, patógenos, pesticidas y metales pesados. Tiene un olor agradable a tierra fresca, de una coloración café oscura, casi negra y con una uniformidad, ligereza y porosidad que le confiere características físicas, calidad y presentación excepcionales. El humus de lombriz ha sido considerado en los últimos años el mejor fertilizante orgánico y puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas (hasta 2 meses), pero es necesario mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad. Esta técnica ha tenido un fuerte apogeo en la sociedad agrónoma, puesto que se le puede dar diferentes usos al lombricultivo.

Otra característica que posee el lombricompostado son las sustancias húmicas, las cuales equivalen al producto final del proceso de descomposición que sufren los desechos orgánicos con o sin lombrices, razón por la cual es alto el contenido de esta sustancia en el lombricompostado, lo que facilita a la planta una mejor absorción de nutrientes.

La quitina es una sustancia formada por glucósidos nitrogenados de color blanco e insoluble en agua, que constituye el material principal del que está formado el revestimiento exterior del cuerpo de los artrópodos, la cual, principalmente, nos va a funcionar como controlador de nemátodos y estimulador de la simbiosis micorrizógena, la cual nos brinda una relación entre los hongos presentes en el suelo y la raíz de la planta, que ayuda a esta a absorber sus nutrientes minerales del suelo, estimulando el crecimiento, desarrollo y nutrición de fósforo y nitrógeno, lo que proporciona una superficie de absorción adicional. (Qingdao,2020).

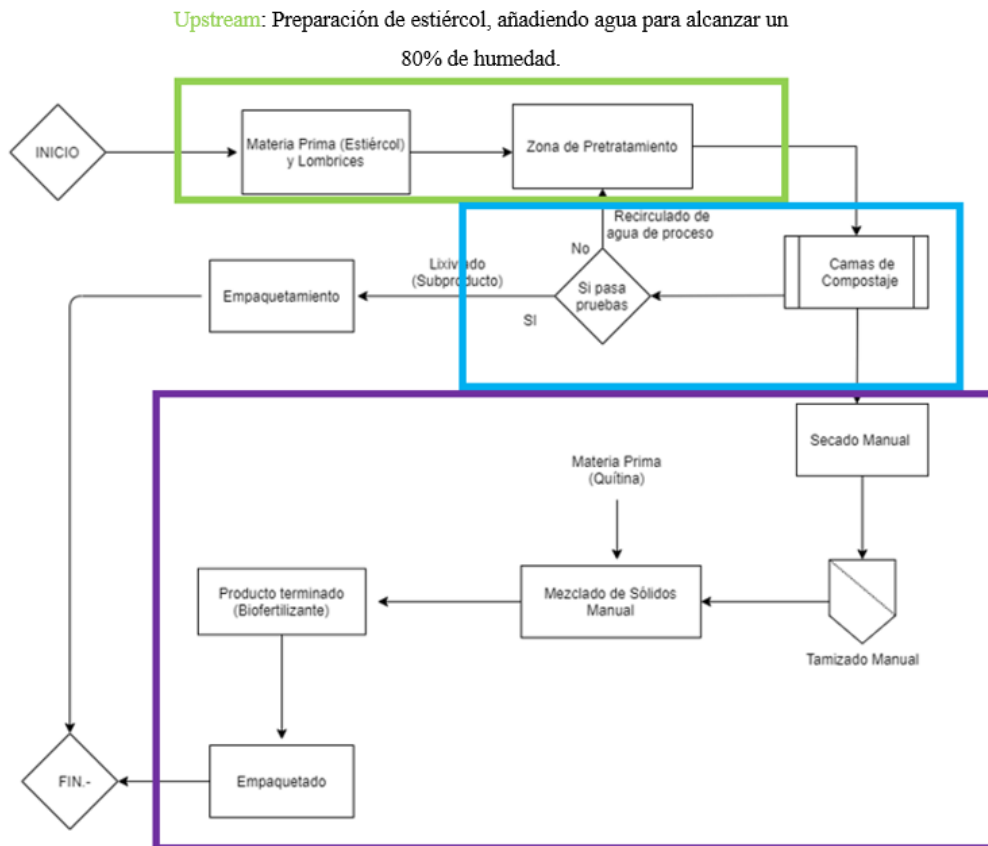
Debido a que los fertilizantes químicos contienen grandes cantidades de nitrógeno, contribuyen a la contaminación de agua por nitratos, eutrofización y emisión de gases a la atmósfera, a diferencia de los biofertilizantes que no contienen niveles de nitrógeno añadidos. En el caso del biofertilizante formulado, la fuente de nitrógeno es el humus de lombriz además de contener la quitina, que favorece la simbiosis de los micorrizógenos, por lo que estos mismos hongos presentes en el suelo ayuden a la reducción de los contaminantes.

## **METODOLOGÍA**

Para poder conocer los componentes del biofertilizante, es necesario llevar un bioproceso controlado, para esto planteamos tres etapas: upstream, fermentación y Downstream, sobre las que se plantean los balances de materia y energía.

Figura 1

Diagrama de bloques del proceso de lombricultura



Fermentación:

- Adición del soporte (estiércol vacuno húmedo), en el sistema donde se llevará acabo el cultivo.
- Ubicación del organismo (lombrices), en el soporte, dejando un periodo de adaptación de 1-2 días.
- La fermentación se debe mantener por una duración de 2-3 meses para que el organismo realice el proceso de fermentación y fertilice el medio.

Downstream:

- Dejar de administrar sustrato a las lombrices por un periodo de 4-6 días. - Colocación de una trampa que contenga nuevo alimento al centro del sistema de 8-12cm de espesor
- Cuando las lombrices se trasporten a la trampa (3-4 días), se trasladan a un nuevo sistema (el proceso se realizará hasta extraer del 90-95% de lombrices)
- El proceso de secado, tamizado y empaquetado del humus de lombriz.

La fase de upstream constará de la preparación del sistema donde se establecerá el cultivo, la elección de soporte (estiércol vacuno) y elección del microorganismo.

Organismo: lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida*), al tener 5 corazones y 6 riñones, favorece la actividad fisiológica, estas se aparean una vez a la semana y ponen de 1 a 2 cocones, de un cocón pueden salir de 2 a 21 lombrices dependiendo de la calidad nutritiva del alimento, se alimenta de desechos en descomposición, de los cuales se asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas (40%) y la otra parte (60%) la excreta (Rostrán, 2016),



Sustrato y fuente nutritiva: Existen diferentes tipos de sustrato, de las cuales la más viable en cuanto a tiempo de preparación y materia prima disponible, es el estiércol vacuno fresco mezclado con agua (80% de humedad), el volumen de este sustrato está relacionado con el volumen de organismo ubicado en la cama, en una relación 1:1 (volumen).

En la fase dos se llevará a cabo el proceso de fermentación sólida del organismo, añadiendo el soporte, organismo y sustrato para llevar a cabo el proceso.

Fase tres (Downstream); Dentro de esta fase se encuentran la extracción, concentración y acabado del producto, para la extracción usamos el método descrito por Rostrán J., Bárcenas M., Castillo X., & Escobar J.

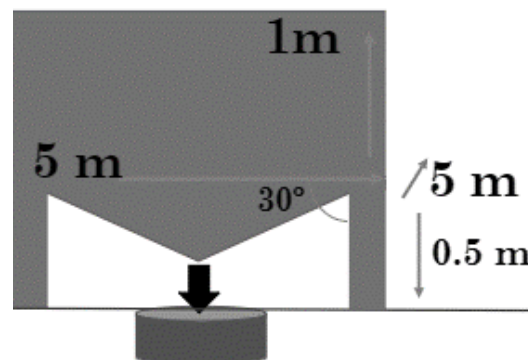
Según Rostrán en 2016 nos brinda información sobre las condiciones que se deben mantener en el sistema para que la fermentación se lleve a cabo de forma más óptima a un pH entre 6 y 9, con una temperatura de entre 15-25°C y humedad de entre 75-85%.

Para llevar a cabo este bioproceso de manera óptima, con la menor inversión posible y menor consumo energético, se propone implementar camas de producción. Estas estarán diseñadas de tal forma que, sea sencilla la recuperación del subproducto (lixiviado).

## Figura 2

*Diseño ilustrativo de las camas de producción*

La duración del bioproceso es una condicionante importante de la capacidad de nuestro proceso

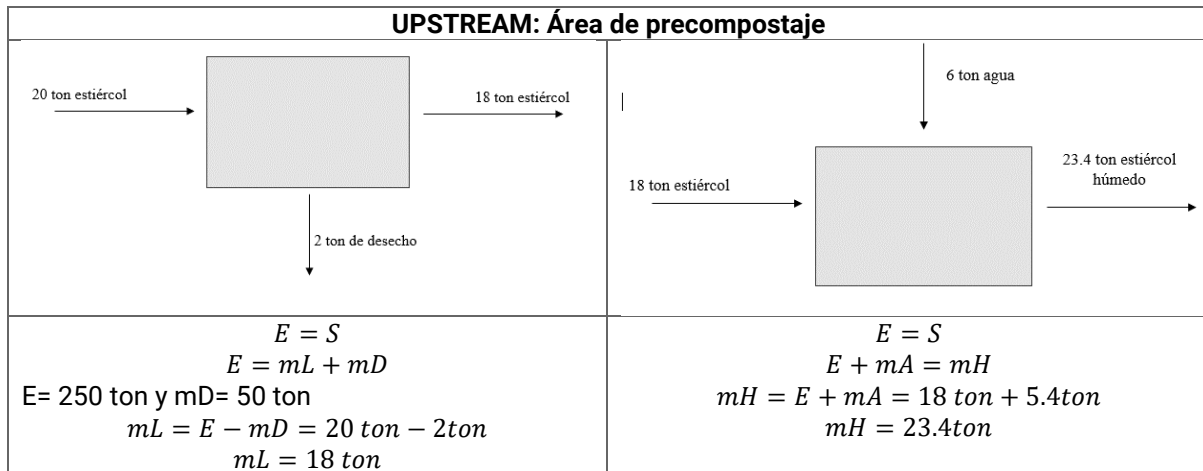


productivo ya que este tiene una duración de tres meses por lote, por lo que se plantea un proceso en 12 camas de producción, con 1 semana desfase entre cada una. De esta forma, una vez transcurridos los 3 meses de fermentación, la primera cama estará lista para ser pasada al Downstream y ser nuevamente llenada para comenzar otro proceso con duración de 3 meses, una semana después, la segunda cama estará lista y repetir los pasos ya descritos, así hasta finalizar con las 12 camas y nuevamente volver a comenzar.

La producción mensual será de 72 ton, un total de 648 ton en el primer año, pues la producción activa será por 9 meses, debido a los 3 meses que tarda la fermentación. Después del primer año, la producción anual será de 864 ton de biofertilizante.

Tabla 1

Balace de materia y energía



**Nota:** E-Entrada global; S-Salida global; mD-Material de desecho (partículas separadas); mL-Material limpio (estiércol).

La entrada global al sistema (E) serán 20 ton de estiércol (MP), de los cuales el material de desecho representará el 10% (Luis Iglesias, 2010). Esta materia prima será sometida a una separación manual para retirar de este las partículas más grandes. Una vez que se realizó la separación de forma manual, se supone una obtención de material de desecho (partículas) de 2 ton.

El siguiente paso será obtener un sustrato con los requerimientos de humedad del 80%, por lo que en el punto de mezclado de MP con agua, la cantidad de materia que se pierde se supone muy poca, a 18 ton de MP, se le añade el 30% de agua (5.4 ton) para que alcance la humedad requerida, obteniendo 23.4 toneladas de sustrato húmedo (estiércol + agua) que será repartido en las 12 camas para seguir un proceso de fermentación sólida.

### Proceso

En la fermentación sólida, el organismo es capaz de desarrollarse en un medio con poca o nada de agua libre disponible, en la lombricultura se usa como organismo a la lombriz, que al desarrollarse en el medio excreta sustancias nutritivas que transforman este sustrato orgánico en un abono de alta calidad.

Para poder plantear las reacciones, primero debemos plantear los reactivos y productos de la reacción (reactivos  $\rightarrow$  productos), es decir aquellos que constituyen el sustrato (medio de desarrollo de la lombriz) y el humus de lombriz (producto de la fermentación).

### Reactivos

El estiércol vacuno, como los purines, son una mezcla de las heces de los animales con los orines, además está compuesto por elementos, según Iglesias en 2010.

**Tabla 2**

*Producción y composición de diferentes tipos de estiércol*

Estiércol	Producción	Materia seca	Materia orgánica	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	kg	g/kg	g/kg	g/kg	kg	g/kg	kg	g/kg	kg
Purín de ganado vacuno (1)	20.200	95	68	4,4	89	0,9	18	4,2	85
Purín de cerdo (2)	1.600	80	63	7,0	11,2	2,1	3,4	3,3	5,30
Purín de gallina (3)	80	160	115	9,0	0,72	4,1	0,33	3,7	0,30
Gallinaza (3)	40	322	230	12,5	0,50	8,2	0,33	7,5	0,30
Gallinaza (4)	7	560	460	23,0	0,16	9,2	0,06	13,3	0,09
Purín de terneros (5)	2.200	20	15	3,0	6,6	0,6	1,3	2,0	4,4

Luis Iglesias (2010), nos dice que la materia orgánica contenida en el estiércol vacuno dependerá de la alimentación del ganado y estos pueden ser compuestos orgánicos como la glucosa, celulosa y el ácido láctico.

### Productos

**Tabla 3**

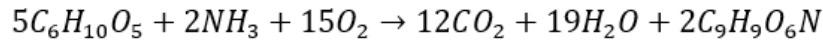
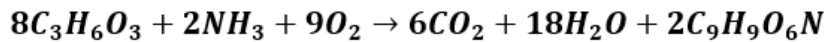
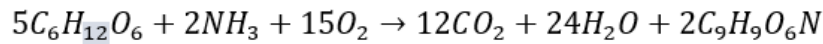
*Compuestos del lombriabono*

Elemento	Cantidades (%)
Nitrógeno	3.36
Fósforo	2.98
Potasio	1
Magnesio	1
Calcio	2.66
Materia orgánica	39.3

Los ácidos húmicos ( $C_9H_9O_6N$ ) son los principales compuestos orgánicos complejos constituyentes del humus, estos se forman de la descomposición de materia orgánica, son un estimulador natural del crecimiento que aumenta el metabolismo de las plantas y la ingesta de nutrientes (Marihus Altoé Baldotto, 2014).

Las reacciones químicas serán la descomposición compleja llevada a cabo por el organismo usando; una fuente de carbono (glucosa, celulosa o ácido láctico), una fuente de nitrógeno ( $NH_3$ ) y oxígeno ( $O_2$ ) en un compuesto orgánico formado por ácidos húmicos ( $C_9H_9O_6N$ ), agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

Las reacciones balanceadas usando como fuente de carbono glucosa, celulosa y el ácido láctico se presentan a continuación:



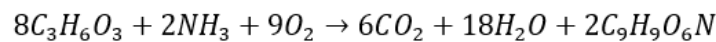
**Tabla 4**

Reacción

Reacción	Temperatura (°C)	Presión(psi)	Tiempo de reacción (h)	Rendimiento
1	28	100	1.5	55
2	25	atmosférica	2	65
3	32	200	5	60

**Fuente:** elaboración propia.

Tomando en cuenta nuestra reacción química usando como fuente de carbono la celulosa, debido a que la dieta de ganado vacuno es pasto y heno (rico en celulosa).



Una vez establecida la alimentación de estiércol (23.4 ton), nos basamos en la siguiente tabla para conocer cuánto se alimentará cada reactivo en la reacción.

**Tabla 5**

Porcentaje de alimentación de los reactivos

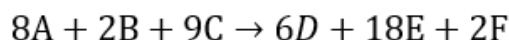
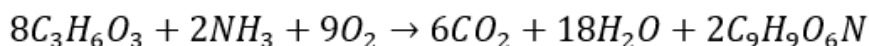
Reactivo	Porcentaje	Masa en la alimentación
$C_3H_6O_3$	43%	18 ton
$NH_3$	23%	3 ton
$O_2$	30%	5 ton

**Fuente:** elaboración propia.

Posteriormente se realizó un balance de materia con reacción, calculando el grado avance de reacción y con este calculamos las salidas de los reactivos.



## Reacción



## Balaneo de ecuación por componentes

$$n_{is} = n_{ie} + \gamma_i \varepsilon$$

Reactivos:	Productos
$C_3H_6O_3: n_{As} = 18 - 8\varepsilon$	$CO_2: n_{Ds} = 6\varepsilon$
$NH_3: n_{Bs} = 2 - 3\varepsilon$	$H_2O: n_{Es} = 18\varepsilon$
$O_2: n_{Cs} = 5 - 9\varepsilon$	$C_9H_9O_6N: n_{Fs} = 2\varepsilon$

Para este tipo de reacciones la eficiencia es del 60% según Luis Iglesias en 2010, esto se debe a la facilidad que tienen las lombrices en realizar la bioconversión cuando las condiciones son óptimas. Con el dato anterior calculamos el avance de reacción, usando la alimentación del reactivo limitante

$$x = \frac{n_{Ae} - n_{As}}{n_{Ae}} = 0.6$$

$$-n_{As} = 18\text{ton}(0.6) - 18\text{ton}$$

$$-n_{As} = -7.2\text{ton}$$

$$n_{As} = 7.2 \text{ ton}$$

Por lo que el avance de reacción sería:

$$7.2 \text{ ton} = n_{As} = 18 - 8\varepsilon$$

$$-\varepsilon = \frac{6.4\text{ton} - 18\text{ton}}{8}$$

$$-\varepsilon = -1.45$$

$$\varepsilon = 1.45$$

Con el avance de reacción se hace el cálculo de cada una de las salidas

### Reactivos

$$C_3H_6O_3: n_{As} = 18 - 8\varepsilon = 18 - (8 * 1.45) = 7.2 \text{ ton}$$

$$NH_3: n_{Bs} = 2 - 2\varepsilon = 2 - (2 * 1.45) = 1 \text{ ton}$$

$$O_2: n_{Cs} = 5 - 9\varepsilon = 7.6 \text{ ton}$$

### Productos

$$CO_2: n_{Ds} = 6\varepsilon = 8.4 \text{ ton}$$

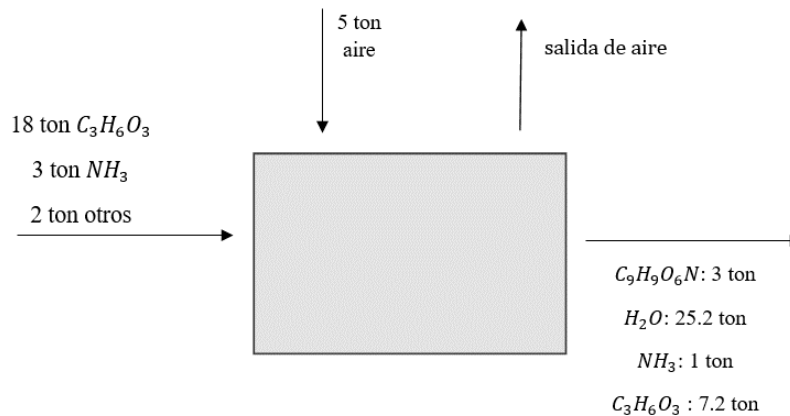
$$H_2O: n_{Es} = 18\varepsilon = 25.2 \text{ ton}$$

$$C_9H_9O_6N: n_{FS} = 2\varepsilon = 3 \text{ ton}$$

Con los datos anteriores podemos saber cuánta lombricomposta se obtendrá; un total de 36.4 ton, contando con algunas pérdidas que son difíciles de estimar ya que es un sistema abierto y algunas de las condiciones como el flujo de aire son difíciles de estimar.

**Figura 3**

*Diagrama de flujo para el balance en las camas de compostaje*



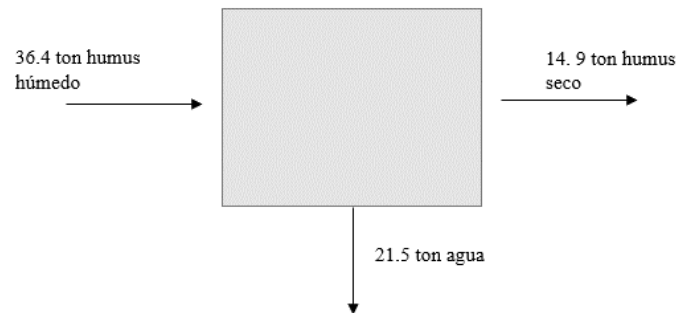
## Downstream

### Área de secado

Con base a los resultados obtenidos en el balance en las camas de compostaje y realizando la suma total de las corrientes de salida del tanque, se obtiene un total de 36.4 ton de producto húmedo por lo que procedemos a realizarle un proceso de secado, sabiendo que el producto final solo contiene 30% de humedad, sabemos que el producto que sale de las camas tiene un porcentaje de humedad del 70% aproximadamente (si se mantuvo en condiciones establecidas), la cantidad de agua extraída será de 21.5 ton, por lo que el balance de materia quedaría de la siguiente manera, obteniendo 14.9 ton de producto con la humedad final.

#### Figura 4

*Balance de materia en área de secado*



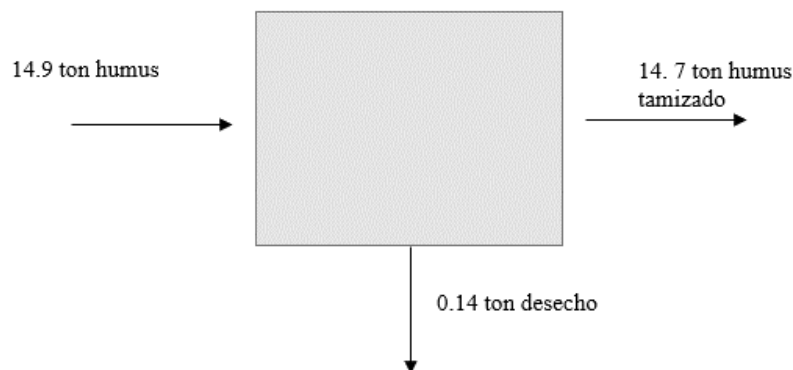
#### Área de tamizado

Una vez que tenemos nuestro producto seco, finalmente, para asegurarnos que el producto estará libre de partículas grandes y que la granulometría sea homogénea, con base al balance anterior, la entrada a la zona de tamizado será de 14.9 ton.

Según Rostrán (2016) la salida de partículas extrañas se supondrá de un 1% de la entrada global al área de tamizado, pues las impurezas en el producto serán casi despreciables, entonces a la salida tendríamos un total de 14.75 de humus de lombriz.

#### Figura 5

*Balance de materia para área de tamizado*

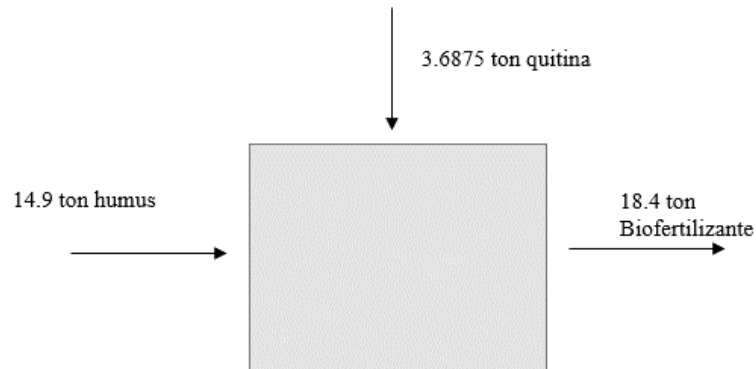


#### Área de mezclado

En esta área se llevará a cabo, la adición de quitina, la cual se añadirá en una proporción de 1:4, al humus de lombriz previamente secado. Con lo cual, nuestra corriente de entrada a esta área es de 14.75 ton de humus de lombriz y 3.6875 ton de quitina en polvo. A la salida de la operación obtendremos aproximadamente 18 toneladas de producto terminado.

Figura 6

Balance de materia para área de mezclado

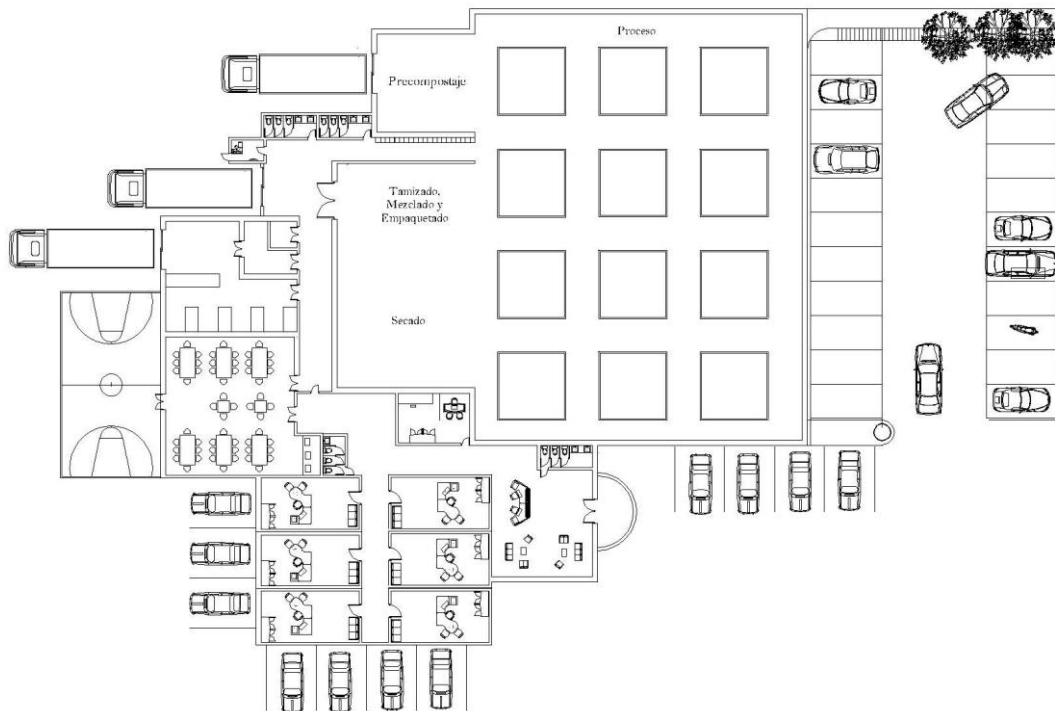


## RESULTADOS

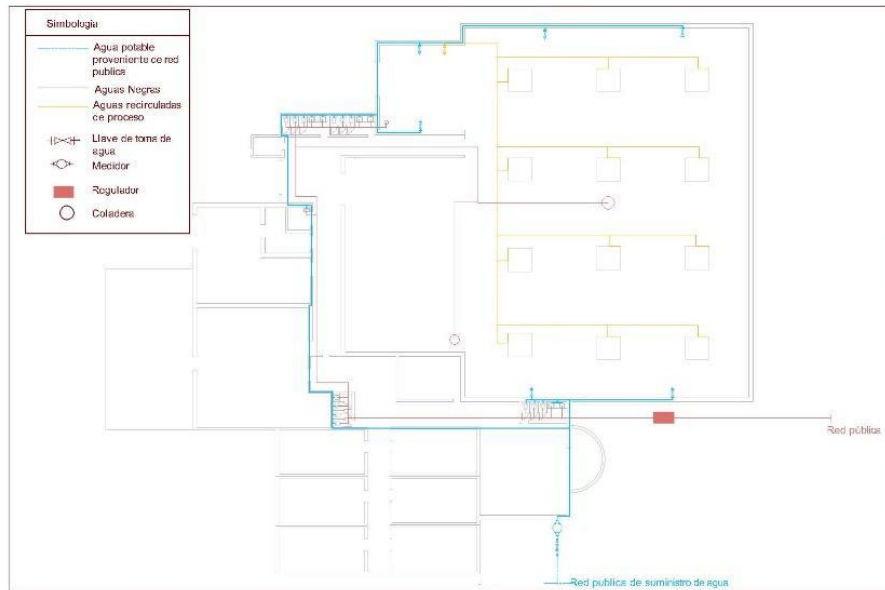
Para sugerencia de acomodo de plata, se realizó un Layout, con la posible ubicación de las camas de compostaje, así como las entradas de materia prima y salida de producto terminado.

Figura 7

Propuesta de planta industrial para biofertilizante



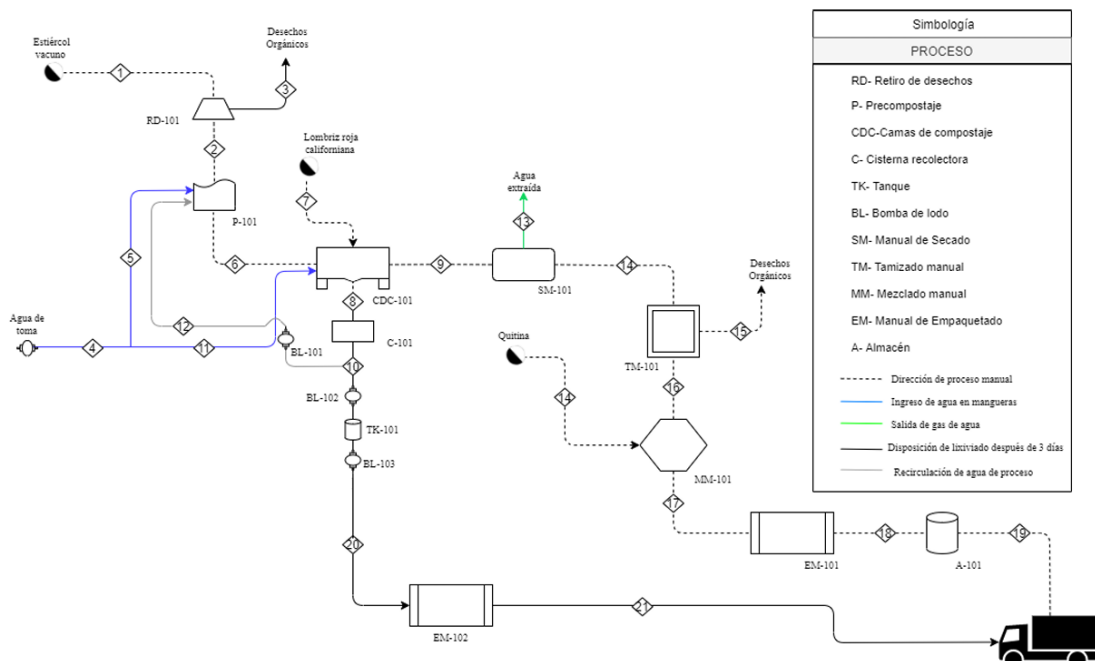




A continuación, se presenta el diagrama de flujo de proceso (PFD), para dar una representación esquemática del proceso y de operación normal, indicando la numeración de cada corriente, así como la instrumentación necesaria para cada operación (figura 3).

Figura 8

PFD para biofertilizante



## CONCLUSIÓN

Los biofertilizantes son una opción muy utilizada en pequeña escala, con el diseño de este bioproceso se plantea la producción a gran escala de un biofertilizante a base de lombricomposta utilizando métodos biotecnológicos para la escalación a una planta industrial. Además del lombricomposta se

obtiene un producto secundario conocido como lixiviado de humus de lombriz al cual también se le puede dar aprovechamiento como biofertilizante líquido.

Las principales ventajas ambientales de la fabricación del biofertilizante planteado en este proyecto, es el aprovechamiento de materias de desecho como el estiércol y las cáscaras de los crustáceos de donde se obtiene la quitina, para la transformación de un producto orgánico, obtenido de organismos, los cuales seguirán reproduciéndose para continuar con el ciclo y repetir el bioproceso.

## REFERENCIAS

Aguilar Ibarra, Alonso, & Pérez Espejo, Rosario H. (2008). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas. *Problemas del desarrollo*, 39(153), 205-215.

Aguirre, N., & Leal, L. (2019). Propuesta de producción de bioabono a partir de estiércol bovino de la finca el Valle, subachoque, Cundinamarca (Licenciatura). Fundación Universidad de América.

Alvarado, A. & Díaz, E. (2019). DISEÑO DE UN LOMBRICULTIVO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS - FACULTAD TECNOLÓGICA. 27/05/2021, de UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS Sitio web: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15563/DiazGarciaErikaJohana2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Armenta, A., García, C., Camacho, R., Apodaca, M., Montoya, L., & Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. In *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*. Sinaloa.

Avaviri, A., Fao, R, Pnufid, V.S., & Alternativo, L.P. (1996). Clasificación de suelos por el sistema de fertilidad y capacidad (FCC), en los módulos agroforestales implementados en el Trópico de Cochabamba.

Belandria Briceño, J.C., & Morillo de Montiel, N.J. (2008). Recuperación de Quitina a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial de crustáceos. *Revista Cubana de Química*, XX(3),17-26.. ISSN: 0258-5995.

Calzada, J. (2017). Jitomate mexicano. Planeación Agrícola 2017-2030. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (2018). Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México.

Durán, L. & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos: *Agronomía Costarricense*. Limón, Costa Rica, pp. 275-281.

Escobar, H. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Editorial Jorge Tadeo Lozano.

Espinosa, H., & García, E. (2017). Tecnologías de nano/microencapsulación de compuestos bioactivos (1st ed.). Jalisco: CIATEJ.

Gobierno de México (2020). Avance de siembras y cosechas. Recuperado de: Infosiap. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion)

Gobierno de México (2020). Producción agrícola. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Guerrero, R. (1998). Propiedades generales de los fertilizantes. Santafe de Bogota: Monomeros Colombo Venezolanos

Herrera, F. (2017). Comercialización de fertilizantes orgánicos elaborados por la empresa LuckySoil S.A., de Universidad Politécnica Salesiana.

Llonín, Desirée, y Medina, N., y "Nutrición mineral con N,P,K en la simbiosis hongos micorrizógenos-Tomate " (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN *FERRALSOLS*." *Cultivos Tropicales*, vol. 23, no. 4, 2002, pp.83-88. Redalyc,

Marihus Altoé Baldotto, Lilian Estrela Borges (2010) Ácidos húmicos, recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000011>

Martínez, I. (2017). La acumulación de estiércol en los pastizales ganaderos. 30/05/2021, de Instituto de Ecología Sitio web: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/408-la-acumulacion-de-estiercol-en-los-pastizales-ganaderos>

Mayorga, K. (2015). Evaluación de la reproducción de lombrices de tierra Roja Californiana (*Eisenia foetida*), Roja Cubana (*Eudrillus* sp) y características químicas del lombriabono con diferentes residuos orgánicos, CNRA, Campus Agropecuario, UNAN- L. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Mendoza, N. (2008). DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MAQUINA CRIBADORA DE TIERRA DE LOMBRICOMPOSTA. México: UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO".

Murphy, R. (2007). Introducción a los procesos químicos. Mexico: McGraw-Hill.

Nonhebel, G. (2002). El secado de sólidos en la industria química. Barcelona: Reverté.

Olivares, M., Hernández, A., Vences, C., Jáquez, J., & Ojeda, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. In Universidad y ciencia (pp. 27-37). Chihuahua, México.

Pastor, C. (2011). Proyecto de Diseño de un Biorreactor para la Producción de Compost a partir de Biorresiduos. 28/11/2020, de UNIVERSITAT JAUME I Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals Sitio web: <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/183933/TFG%20C.Pastor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pastrana (1996) Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria, CYTA-Journal of Food, 1: 3, 4-12

Prado, J. (2013). Manual de lombricompostaje. 30/05/2021, de Indesol Sitio web: <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Lombricultura%20y%20Abonos/Manual%20de%20lombricompostaje.pdf>

Qingdao Biotechnology (2020). Investigación, desarrollo de fertilizantes orgánicos y fertilizantes biológicos. Xian, China

Ramírez, A. (2013). Evaluación de la Lombricomposta Como Parte del Sustrato en la Producción de Plántula de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ramírez, D. (2013). Establecimiento de una planta de biofertilizantes en el ejido Ignacio Ramírez, Durango. In Procuraduría Agraria (pp. 215-247).

Ramos, C., Castro, A., León, N., Álvarez, J., & Huerta, E. (2019). Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) Vermicompost to recover the fertility of sandy loam soil and peanut (*Arachis hypogaea* L.) yield. In Terra Latinoamericana (pp. 45-55). Chiapas, México.

Rodríguez, M. & Córdova, A. (2006). Manual de compostaje municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos. 06/01/2021, de SEMARNAT Sitio web: [http://148.204.210.204/pp\\_web\\_sepi\\_composta/files/Manual\\_compostaje\\_municipal.pdf](http://148.204.210.204/pp_web_sepi_composta/files/Manual_compostaje_municipal.pdf)




Rostrán J., Bárcenas M., Castillo X., & Escobar J. (2016). Manual de Abonos Orgánicos. León, Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-LEÓN) Escuela de ciencias agrarias y veterinaria.

Rostrán, J.Jerónimo, M., Castillo, X. & Escobar, J. (2016). Producción de biofertilizantes

SEMARNAT. (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde (pp. 431-469). Ciudad de México, México: Edición 2015.

Vega, C. (2017). Problemas ambientales y de salud derivados del uso de fertilizantes nitrogenados (Licenciatura). Universidad Complutense.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .