

TRATAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES CON LARVAS DE  
MOSCA SOLDADO NEGRA

Presentado por:  
DIEGO FERNANDO BERMÚDEZ MEDINA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y  
BIOMATERIALES  
POPAYÁN CAUCA  
ABRIL 2021

TRATAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES CON LARVAS DE  
MOSCA SOLDADO NEGRA

Presentado por:  
DIEGO FERNANDO BERMÚDEZ MEDINA

Informe final de grado para optar el título de  
Especialista en Procesamiento de Alimentos y Biomateriales

Presentado a:  
ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA  
Directora de curso

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y  
BIOMATERIALES  
POPAYÁN CAUCA  
ABRIL 2021

## **NOTA DE ACEPTACION**

Avalado por el asesor de la propuesta para el Seminario especializado: Política Pública en el Aprovechamiento Biotecnológico de Residuos Agroalimentarios, de la Especialización en Proceso de Alimentos y Biomateriales y en cumplimiento con los requisitos exigidos por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

---

**Andrea Vásquez García**  
**Asesora**

**Popayán Cauca, 04 de abril de 2021**

**DEDICATORIA**

A mi madre Marinela Medina por ser esa mujer guerrera, amiga confidente y ser el combustible que inyecta fuerza, valentía y perseverancia en mi vida, por apoyarme día a día en alcanzar las metas propuestas.

A mis hermanos Daniel, Harol y Laura por ser las personas que mas amo en mi vida, por ellos lucho incansablemente para apoyarlos en lo que más pueda.

A mis dos abuelos, Agustín y Waldina por enseñarme que en la vida todo se logra con esfuerzo, dedicación, constancia y disciplina.

Finalmente, a mi directora Andrea Vásquez García, por impartir sus conocimientos y ser esa profesional que se caracteriza por lograr dar lo mejor de sí y seguir preparándose incansablemente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida y llenarme de bendiciones  
en todo momento.

A mi familia por ser el motor de mi vida, por brindarme su cariño, afecto y  
comprensión en los momentos más difíciles.

A mi prima Claudia Martínez por apoyarme incondicionalmente y brindar su  
hospitalidad en su dulce hogar.

A Paola Vélez y su organización Ingealimentos por darme la oportunidad de  
crecer profesionalmente y hacer parte del equipo de inocuidad alimentaria el  
cual logro la certificación en HACCP.

Al rector de la Institución Educativa Santo Domingo Sabio por brindarme los  
permisos necesarios para continuar el proceso académico en mi Universidad y  
lograr así cumplir los objetivos propuestos.

## Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRAC</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>OBJETIVOS</b> .....	11
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	11
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	11
<b>1. DESARROLLO DE CONTENIDOS</b> .....	12
<b>1.1. PLANIFICACIÓN Y DECISION PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	12
<b>1.1.1. Temática seleccionada</b> .....	12
<b>1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN</b> .....	12
<b>1.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN</b> .....	13
<b>1.4. DIAGRAMA DE PROCESO PARA SIMULACIÓN</b> .....	13
<b>1.5. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO</b> .....	14
<b>1.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO</b> .....	15
<b>1.7. NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLOGICOS</b> .....	17
<b>1.8. PERTINENCIA Y VIAVILIDAD DEL PROYECTO</b> .....	18
<b>2. CONCLUSIONES</b> .....	19
<b>3. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	20

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una investigación minuciosa basada en el aprovechamiento de residuos agroindustriales como los es el estiércol de pollo, cerdo, res y/o la combinación de estos para la producción de abonos orgánicos empleando larvas de mosca soldado negra. Para lo cual se profundizo teóricamente en la definición, clasificación y beneficios que aporta la mosca soldado negra en la producción de abonos orgánicos, así como también la definición de los diferentes tipos de estiércol los cuales son la principal materia prima para obtener este tipo de subproductos agroindustriales. De otra parte, el presente estudio contiene el diagrama de flujo y diagrama de proceso los cuales fueron trabajados en el software Lucidchart y la simulación de las variables involucradas en el proceso empleando el programa de simuladores industriales Coco. Es importante mencionar también que en el desarrollo de este trabajo se abordó la optimización de dicho proceso empleando la herramienta de diagrama de flujo como instrumento para la mejora del proceso de producción de abono orgánico con estiércol de pollo, cerdo y res empleando larvas de mosca soldado negra.

**Palabras claves:** Optimización Mosca soldado negra, larvas, prepupas, abonos.

## ABSTRAC

The objective of this work was to carry out a meticulous investigation based on the use of agro-industrial waste such as chicken, pork, beef manure and / or the combination of these for the production of organic fertilizers using black soldier fly larvae. For which the definition, classification and benefits provided by the black soldier fly in the production of organic fertilizers were theoretically deepened, as well as the definition of the different types of manure which are the main raw material to obtain this type of by-product. agro-industrial. On the other hand, this study contains the flow diagram and process diagram which were worked on in the Lucidchart software and the simulation of the variables involved in the process using the Coco industrial simulator program. It is also important to mention that in the development of this work the optimization of said process was addressed using the flow chart tool as an instrument to improve the process of organic fertilizer production with chicken, pig and beef manure using soldier fly larvae. black.

**Keywords:** Optimization Black soldier fly, larvae, prepupae, fertilizers.



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con investigaciones realizadas en Colombia se cuenta con un gran número de residuos agroalimentarios los cuales pueden servir como fuente para la transformación de diferentes productos como los abonos procedentes de materia orgánica. La producción de insectos en micro granjas puede ser una solución alternativa y sostenible a las fuentes convencionales de proteínas para alimentar animales de abasto, reduciendo la presión sobre áreas de cultivo, así como otras tensiones medioambientales. Los insectos son un componente natural de la dieta de animales, incluyendo peces, aves, reptiles y mamíferos. Dichos insectos se alimentan de madera, cereales o desperdicios en general, y tienen un contenido proteico entre medio y muy alto (Martínez *et al*, 2016). Los insectos poseen un potencial inmediato para la producción de piensos a gran escala. (citado por Martínez *et al*, 2016).

Según (Aliaga, 2019) la clasificación de la mosca soldado negra se da de la siguiente manera: Clase: *insecta*, orden: *díptera*, genero: *hermetia*, especie: *hermetia illucens*, la cual es de apariencia elegante que a simple vista puede ser confundida con una avispa. Solamente tiene dos alas que a comparación de las avispas estas cuentan con 4 alas, la mosca soldado negra no posee aguijón. De otra parte, en la investigación realizada por este mismo autor se encontró que el ciclo de vida de la mosca soldado da inicio cuando la hembra pone los huevos, que se incuban por un periodo de 3 a 4 días, seguidamente pasan al estado de larva, donde carecen de patas, alas y solo tienen boca en un extremo y una salida por el otro extremo, por donde expulsan los desechos. Cuando la temperatura y humedad son ideales, las larvas alcanzan su desarrollo completo en 10 días, dando inicio a la fase adulta que tiene como único objetivo el reproducirse, ya que en esta etapa de su vida no necesitan alimentarse y dependen solamente de la reserva que acumularon durante su fase larva. Las moscas adultas mueren muy rápido ya que solo tienen un periodo de vida de 5 a 8 días, en este periodo deben aparearse y poner huevos.

Por otro lado, (Wang *et al.*, 2021) afirma que la mosca soldado negra existe en diferentes regiones climáticas en todo el mundo y que por lo general, este tipo de insectos consumen varios tipos de desechos orgánicos en descomposición (por ejemplo, estiércol de ganado, materiales vegetales y excrementos humanos) y convierten los desechos en fertilizantes orgánicos.

Teniendo en cuenta que en este trabajo se pretende abordar el tema de un residuo agroalimentario a continuación, hablaremos de los tres tipos de residuos (Estiércol de pollo, cerdo y res) que serán empleados como materia prima para la obtención de abonos orgánicos con mosca soldado negra.

De acuerdo a investigaciones realizadas por (Carhuancho *et al.*, 2012) afirma que el estiércol de pollo posee altos contenidos de nutrientes por lo cual tiene alta demanda como abono, sin embargo genera impactos negativos en el agua, suelo y aire, de otra parte, este mismo autor menciona que si este tipo de residuo es depositado directamente al suelo, esto produce una alta concentración orgánica acumulada a tal grado que en vez de ser un abono mata cualquier forma de vida, además disminuye la capacidad de drenaje e incrementa el

desarrollo de microorganismos patógenos que dificulta la mineralización del nitrógeno.

En cuanto al estiércol porcino y vacuno este es de consistencia semisólida, siendo el resultado de la mezcla de heces, orina, agua de limpieza de los corrales más los residuos del alimento y agua que se desperdicia, según (Moreno Ayala & Cadillo Castro, 2018) afirman que este tipo de estiércol tiene valor agronómico, ya que se puede usar como abono orgánico, para la producción de cultivos sin impactos ambientales significativos. Si no es manejado adecuadamente, puede impactar negativamente al medio ambiente, perjudicando, el medio hídrico, atmosférico y suelo.

Finalmente, y de acuerdo con investigaciones consultadas se concluye que el estiércol de pollo, cerdo, res y/o la combinación de estos permite la producción de abonos orgánicos los cuales favorecen no solo el cuidado del medio ambiente, sino que también contribuyen al aumento de la producción en los cultivos que sean empleados debido a su alto valor proteico que aportan.

Es, por ende, que el objetivo principal de este trabajo está enfocado en una revisión bibliográfica sobre la cual se espera conocer el tratamiento agroindustrial empleado para la obtención de abono orgánico mediante el aprovechamiento de estiércol de pollo, cerdo, res y larvas de mosca soldado negra. Para ello se dará a conocer más adelante el diagrama de flujo para la obtención de este producto, así como el diagrama de proceso y la simulación del mismo en el software Coco.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el diagrama de flujo y de proceso para el procesamiento de abono orgánico mediante el aprovechamiento de estiércol de pollo, cerdo, res y larvas de mosca soldado negra, empleando herramientas de simulación como es el caso del simulador de procesos industriales Coco y la herramienta de optimización de Diagrama de flujo.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Simular el proceso de obtención de abono orgánico en el simulador de procesos industriales COCO de tal manera que se logre apreciar en la simulación las corrientes de entrada y salida.
2. Aplicar la optimización del proceso de abono orgánico mediante la herramienta de Diagrama de flujo estandarizando cada uno de las variables de entrada y salida.

## 1. DESARROLLO DE CONTENIDOS

### 1.1. PLANIFICACIÓN Y DECISION PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

#### 1.1.1. Temática seleccionada.

Para el desarrollo de la fase 2, se eligió trabajar con la temática de: Tratamiento de residuos agroindustriales con larvas de mosca soldado negra.

### 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

A continuación, se presenta una pequeña descripción de cada una de las etapas que intervienen en la línea de proceso para la producción y obtención de abono con larvas de mosca soldado negra y estiércol de pollo, cerdo y res.

**Etapas de recepción de estiércol:** Básicamente en esta etapa de proceso lo que se busca es la recepción de los diferentes tipos de estiércol sobre el cual se trabajara y entrara en función las larvas de la mosca soldado negra.

**Contenedor de estiércol:** En esta etapa se realiza el recibimiento de los diferentes tipos de estiércol con el fin adicionar el cultivo de larvas (1.2 kg) especificada en el diagrama de flujo y por ende obtener una premezcla entre estos componentes.

**Agitador o mezcladora:** Luego de obtener la premezcla esta es sometida a un proceso de mezclado en un agitador industrial cuyo propósito es homogenizar el estiércol y la distribución adecuada de larvas las cuales ayudan a la formación del abono.

**Bodega de almacenamiento:** La etapa de almacenamiento en bodega por el tiempo estipulado (9 días) busca que las larvas realicen su función e inicie posteriormente el cribado de larvas en el estiércol.

**Cribador de larvas:** Es en esta etapa donde el estiércol empieza a ser digerido por el cultivo de larvas y se obtiene el abono como producto terminado. El objetivo de emplear larvas de *Hermetia illucens* es principalmente aplicar un control de desechos orgánicos, procesamiento de compostaje y como suplemento alimenticio para animales.

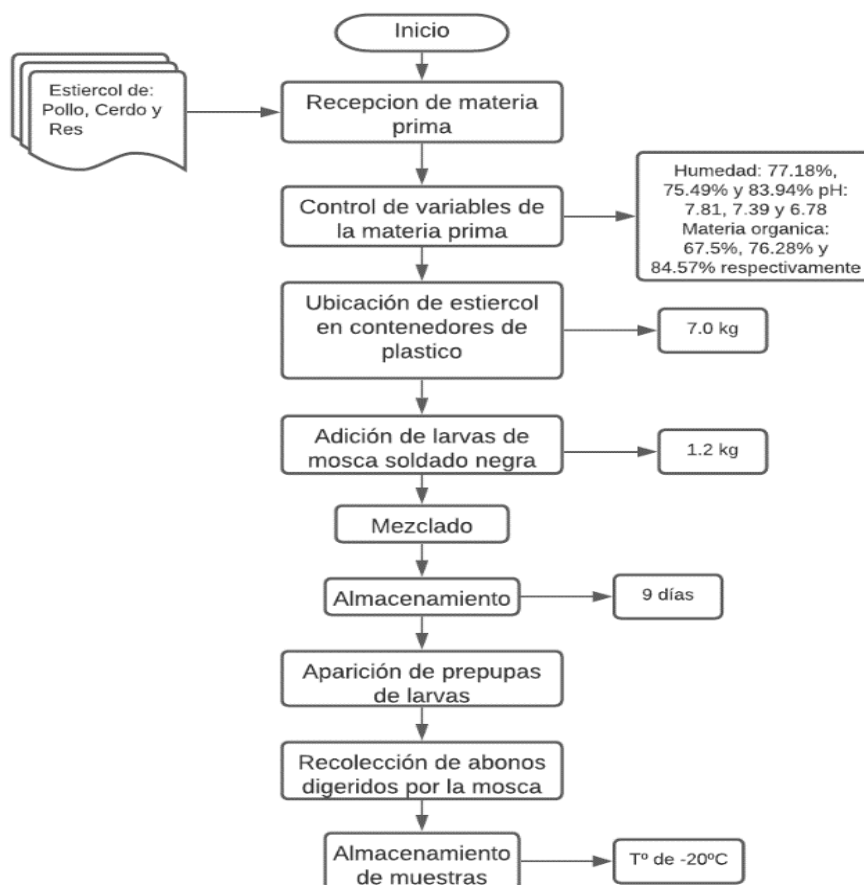
**Tanque recolector de abono:** La función del tanque recolector de abono consiste básicamente en recibir el abono previamente ya digerido para ser despachado al área de almacenamiento.

**Bodega de almacenamiento:** El abono ya terminado es sometido a un almacenamiento en bodega con temperatura ambiente de 20°C.

### 1.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

En la imagen 1 se puede apreciar el diagrama de flujo con sus diferentes etapas que intervienen en el proceso para la obtención de abono mediante larvas de mosca soldado negra y estiércol de pollo, cerdo y res.

Imagen 1. Diagrama de flujo para la producción de abonos con larvas de mosca soldado negra y estiércol de pollo, cerdo y res

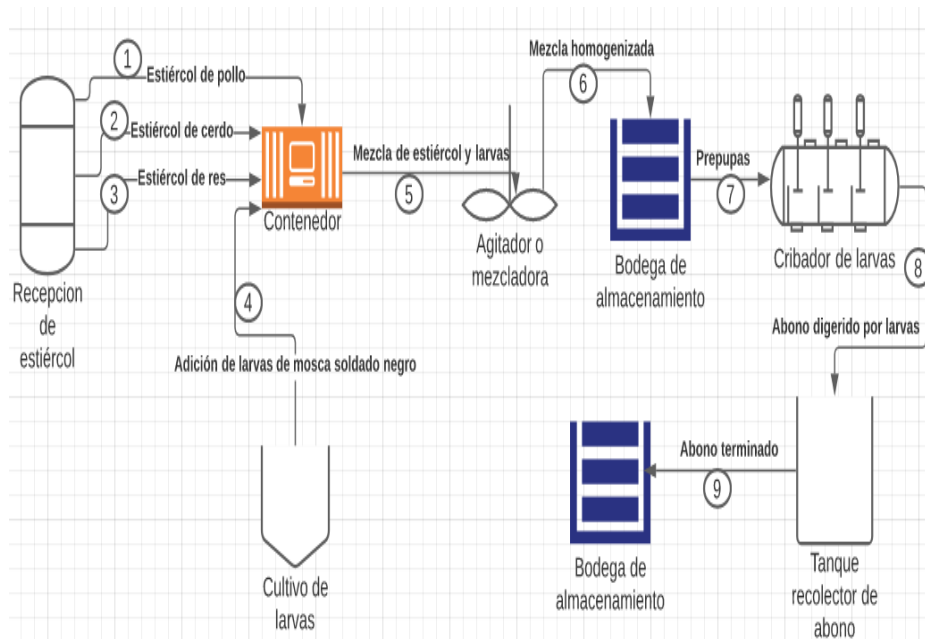


Fuente: Elaboración propia, elaborado en el software Lucidchart.

### 1.4. DIAGRAMA DE PROCESO PARA SIMULACIÓN

En el simulador de proceso industriales COCO se trabajó la construcción de la imagen 2 bajo la cual se puede apreciar el diagrama de proceso y los equipos requeridos para la obtención de abono orgánico mediante larvas de mosca soldado negra y estiércol de pollo, cerdo y res, en este diagrama se evidencian las corrientes de entrada y salida las cuales intervienen en toda la línea de producción.

Imagen 2. Diagrama de proceso para la obtención de abono con larvas de mosca soldado negra y estiércol de pollo, cerdo y res.



Fuente: Autor

### 1.5. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO

Teniendo en cuenta el tema seleccionado en la fase dos “Planificación y decisión para el desarrollo del proyecto” del Seminario Especializado en Política Pública en el Aprovechamiento Biotecnológico de Residuos Agroalimentarios y de acuerdo con la elección de la temática “*Tratamiento de Residuos Agroindustriales Con Larvas de Mosca Soldado Negra*” para la optimización de dicho proceso se trabajará con la herramienta de Diagrama de Flujo.

Se decide trabajar con esta herramienta de optimización de proceso debido a que previamente en la fase dos se logró avanzar en el diseño y construcción de un flujograma, el cual busca obtener como producto terminado abono orgánico a base de la combinación de estiércol de pollo, cerdo y res y la adición de larvas de mosca soldado negra.

En la ejecución de la temática mencionada anteriormente, se considera importante hacer uso de la herramienta de Diagrama de Flujo con el objetivo de estandarizar y optimizar las variables tanto de entrada y salida como también especificar en detalle cada una de las operaciones unitarias que integran la secuencia del flujograma.

Adicionalmente, es importante mencionar que para la creación del diagrama de flujo se empleó la simbología ANSI y el software Lucidchart.

## 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO

Optimización de la producción de abono orgánico a base de la combinación de estiércol de pollo, cerdo y res y la adición de larvas de mosca soldado negra.

**Variable a optimizar:** Peso del estiércol, peso de las larvas, tiempo y temperatura de almacenamiento y tiempo de producción del abono orgánico.

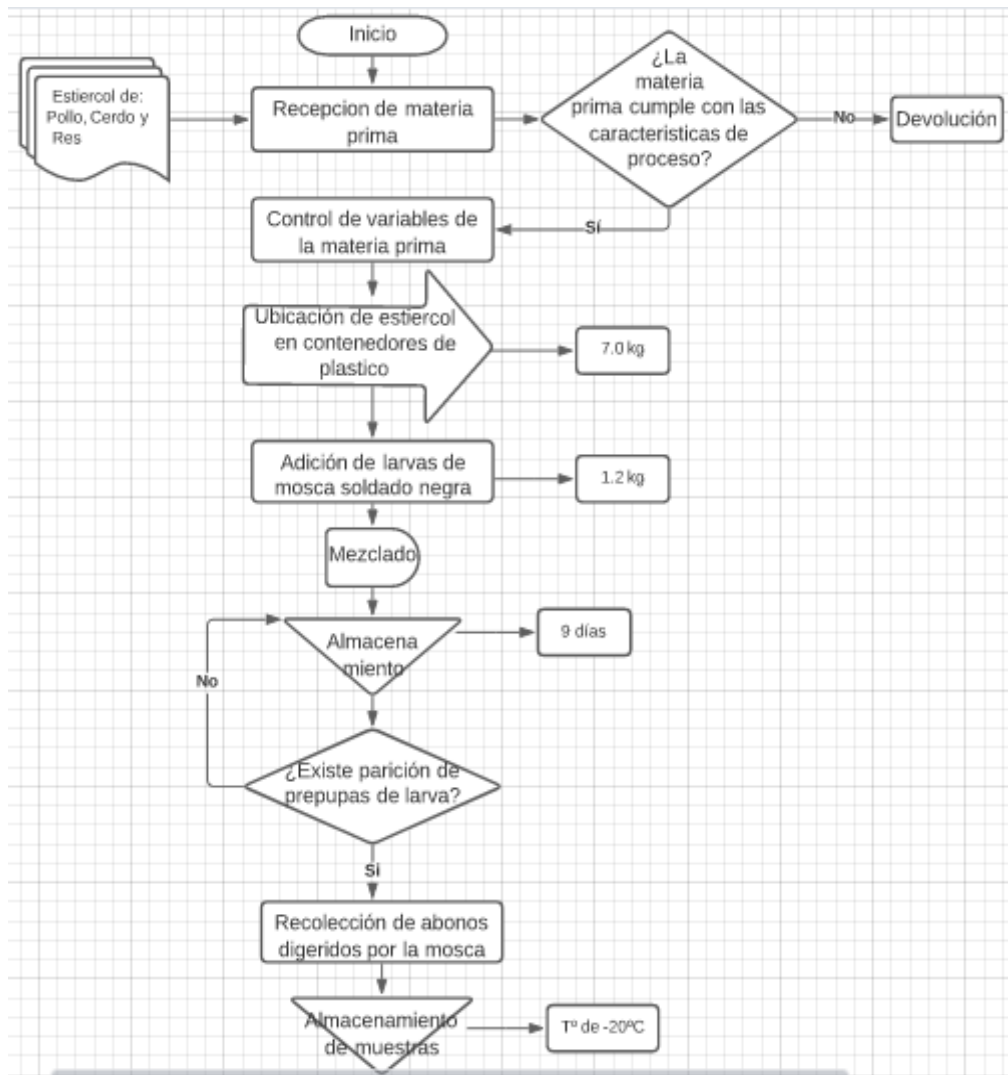
**Con que fin:** La mejora del proceso se realizara con el fin de aumentar la producción y estandarizar el rendimiento del abono orgánico, así como la optimización de larvas de mosca soldado negra (*hermetia illucens*,) y el cribador de estas.

**Rangos aproximados de estudio:** Peso de estiércol: 7.0 kg de pollo, cerdo y res, adición de larvas 1.2 kg, tiempo y temperatura de almacenamiento 9 días y 20°C respectivamente.

**Factores que afectan el comportamiento de las variables objeto de estudio:** Los posibles factores que pueden alterar el comportamiento de las variables corresponde a una falla humana o mecánica en la línea de producción, otro factor importante a considerar es la capacitación que deben recibir el personal directo en el proceso de producción el cual debe estar al tanto de las variables mencionadas anteriormente.

El proceso de optimización para la producción de abono orgánico con larvas de mosca solado negra, se pretende realizar siguiendo los pasos estipulados en el siguiente diagrama de flujo elaborado en el software Lucidchard bajo la simbología ANSI. La imagen 3 representa el diagrama de flujo para la producción de abono orgánico.

Imagen 3. Diagrama de flujo abono orgánico



Fuente: Autor.

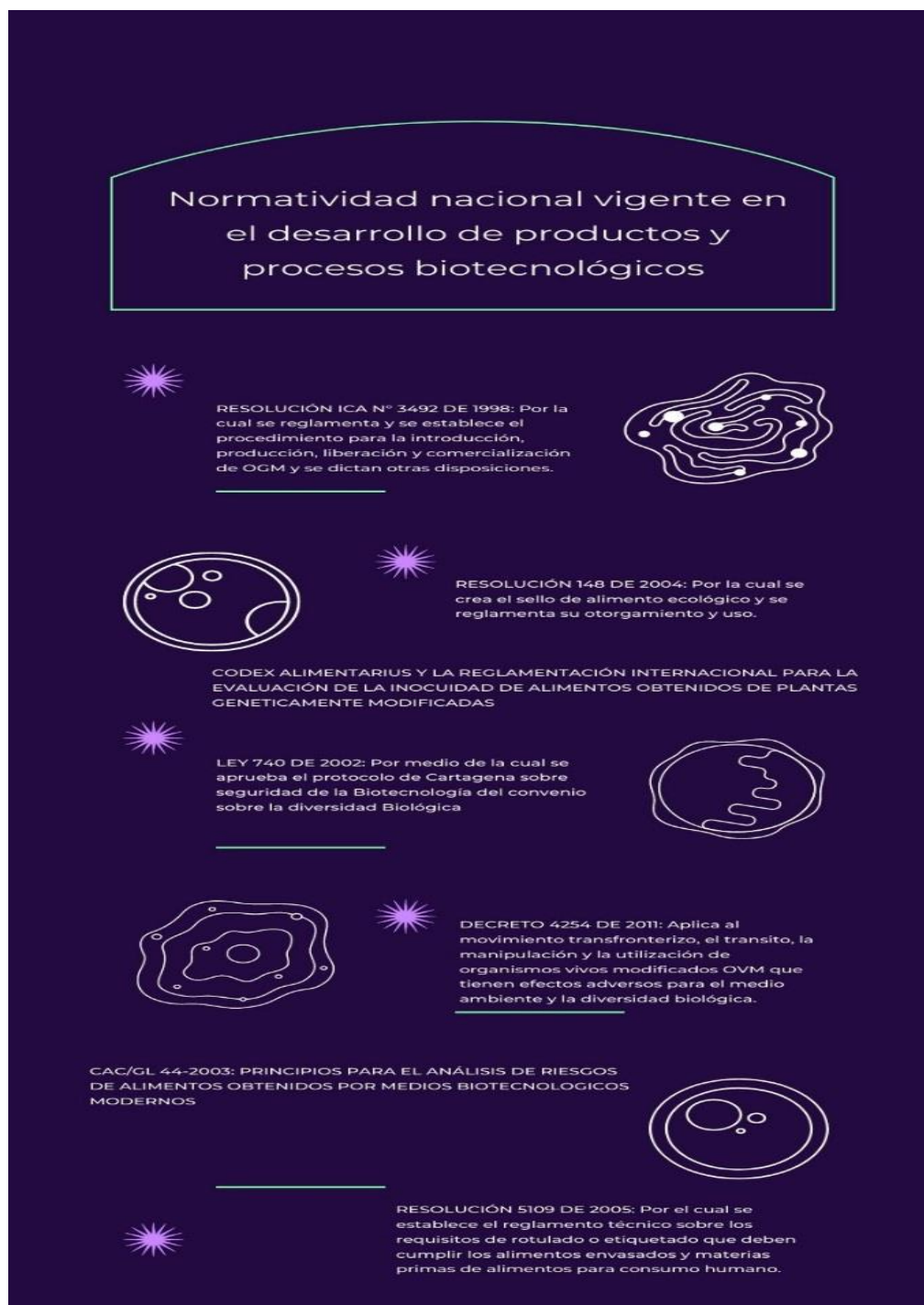
Estudios realizados por (Moreno Ayala & Cadillo Castro, 2018) afirma que los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada ampliamente. Este autor también señala que las excretas animales son benéficas para los suelos debido a que los organismos del suelo descomponen la materia orgánica, lo que puede luego aumentar la capacidad de retención de agua y potencialmente reducir la erosión por viento y agua.



## 1.7. NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

Dando cumplimiento a este punto se trabajó la infografía que se logra apreciar en la imagen 4, la cual consolida las normas nacionales y del Codex que tienen cobertura para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.

Imagen 4. Infografía normatividad nacional vigente para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.



Fuente: Autor

## **1.8. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO**

Según (Restrepo, Gomez & Escobar, 2014) actualmente se está dando importancia al uso de alternativas que permitan recuperar y conservar la actividad microbiológica del suelo, de tal forma que se logre una producción óptima sin deteriorar el medio ambiente. Dentro de estas alternativas se encuentra el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberturas. Su aplicación ha permitido incrementar los contenidos de materia orgánica del suelo, favorecer el desarrollo radicular y la biomasa de los cultivos, y reducir el efecto de plagas y fitopatógenos.

En la producción agrícola se ha dado uso a la incorporación de enmiendas, que aporten a la planta los nutrientes necesarios para lograr su expresión genética y mejoren las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, en donde además, el rendimiento de un cultivo depende de la especie, variedad, nutrición, clima, suelo y manejo (Plazas & Garcia, 2014). Los abonos orgánicos suministran algunos elementos esenciales y mejoran algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el proceso de compostaje, se libera energía en forma de calor y la elevación de la temperatura ocurre durante varias fases: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y de maduración. De acuerdo a varios autores, el contenido óptimo de humedad durante el compostaje es de 40 a 60%, por tal razón es importante trabajar en la producción, estandarización y optimización de abonos orgánicos ya que estos no solo contribuyen con el medio ambiente, sino que también favorece al desarrollo del cultivo al cual es aplicado.

Así pues, se considera importante la optimización del proceso de abono orgánico con estiércol de pollo, cerdo y res y la adición de larvas de mosca soldado negra ya que estas presentan un alto contenido de proteína y a la vez ejercen transformaciones importantes, como una reducción considerable de la humedad y del olor desagradable característico de las excretas frescas.

## 2. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el trabajo presentado anteriormente se puede concluir que de los residuos agroalimentarios generados en las distintas industrias se pueden priorizar y dar un valor agregado para la posible obtención de subproductos y, por ende, la disminución de factores que afectan la contaminación del medio ambiente.

De acuerdo con la literatura consultada para los tres tipos de estiércol (pollo, cerdo y res) se concluye que este tipo de residuo es empleado principalmente como materia prima para la producción de abonos orgánicos los cuales pueden llegar a reemplazar los abonos convencionales y por ende disminuir la contaminación ambiental.

Por último, se considera importante el conocimiento y uso de herramientas como Lucidchart y el software Coco los cuales contribuyen al aprendizaje académico gracias a que facilitan la opción de crear diagramas de flujo, de proceso y la simulación de los mismos obteniendo datos cuantitativos cuyos valores permiten realizar un análisis detallado de los procesos industriales y biotecnológicos.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

ALIAGA CAMPOS, Luis Miguel. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca soldado negra. 2019. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2032/Aliaga%20Campos%2c%20Luis%20Miguel%20Trabajo%20de%20investigaci%c3%b3n%20Bacillerato%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARHUANCHO LEÓN, Fanny Mabel. GUERRERO BARRANTES, Juan. RAMIREZ CANDIA, Judith. Aprovechamiento del Estiércol de Gallina para la Elaboración de Biol en Biodigestores Tipo Batch como Propuesta al Manejo de Residuo Avícola. XIX Simposio Peruano de Energía Solar y Del Ambiente (XIX - SPES), 2012, 12-17pp. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/01/16.pdf>

MORENO AYALA, Luis. CADILLO CASTRO, Jose. Uso del estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala. *Anales Científicos*, 79(2), 415. 2018. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.914>

PLAZAS LEGUIZAMON, Nubia Zoraida. GARCIA MOLANO, Jose Francisco. Los abonos orgánicos y la agremiación campesina: una respuesta a la agroecología organic fertilizer and peasant unionization: a response to agroecology fertilizante orgânico e camponesas sindicalização: uma resposta a agroecologia Artículos de Estudio de. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 170–176. 2014. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a19.pdf>

RESTREPO, Jose. GOMEZ, Jairo. ESCOBAR, Roosevelt. Utilización de los recursos orgánicos en la agricultura, 114(2), 87. 2014. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.31059/izcrao-vol114-iss2-pp87-96>

WANG, Quan. REN, Xiuna. SUN, Yue. ZHAO, Junchao. AWASTHI KUMAR, Mukesh, TAO. Liu, RONGHUA. Li y ZHANG, Zengqiang. Improvement of the composition and humification of different animal manures by black soldier fly bioconversion. *Journal of Cleaner Production*, 2020. [Consultado el 04 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123397>