

**PLAN DE NEGOCIO DE PRODUCCIÓN TECNIFICADA Y COMERCIALIZACIÓN
SOSTENIBLE DE ABONO ORGÁNICO (HUMUS DE LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA) EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ, CUNDINAMARCA**

SEBASTIAN CANO FONSECA

Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Gestión de Agronegocios

Diana Isabel Ruiz Carrillo, Magister

Director

Programa de especialización en gestión de agronegocios

Facultad de administración financiera y de sistemas

Fundación universitaria agraria de Colombia - Uniagraria

Bogotá – Colombia

2026

RESUMEN

El excesivo uso de fertilizantes químicos en la industria agrícola ha generado impactos negativos al medio ambiente y a la salud humana. Como solución, surgen los fertilizantes naturales producidos a partir de residuos orgánicos. En Zipaquirá, Cundinamarca, se desaprovechan grandes cantidades de estos residuos que terminan en rellenos sanitarios generando contaminación, surge la necesidad de implementar alternativas sostenibles como la producción de humus de lombriz roja Californiana.

El objetivo general del trabajo es diseñar un plan de negocio para la producción tecnificada y comercialización sostenible de humus de lombriz en el municipio de Zipaquirá, aprovechando los residuos orgánicos y generando alternativas de desarrollo económico local.

La metodología se desarrolló mediante investigación de tipo descriptivo, obteniendo información a través de revisión de fuentes bibliográficas y entrevistas a productores. Se aplicaron herramientas como matriz DOFA, matrices de evaluación de factores internos y externos, análisis PESTEL, junto con proyecciones financieras y diseño de indicadores de desempeño productivo, económico, ambiental y social.

Los resultados muestran que existe una alta disponibilidad de residuos orgánicos en el municipio, condiciones técnicas y ambientales favorables para la producción, junto con apoyo de entes gubernamentales, pero un mercado limitado dentro del municipio, haciendo necesaria la búsqueda de otros mercados. Los indicadores financieros reflejan baja rentabilidad en los primeros años, debido a bajos niveles de producción, pero recuperación de la inversión a largo plazo.

En conclusión, la producción tecnificada de humus de lombriz en Zipaquirá es viable y representa una alternativa sostenible para transformar residuos por medio de economía circular.

Palabras clave: alternativa sostenible, economía circular, humus de lombriz, producción tecnificada, transformación de residuos orgánicos.

ABSTRACT

The excessive use of chemical fertilizers in the agricultural industry has had negative impacts on the environment and human health. As a solution, natural fertilizers produced from organic waste are emerging. In Zipaquirá, Cundinamarca, large quantities of this waste are wasted and end up in landfills, generating pollution. This has created a need to implement sustainable alternatives such as the production of Californian red worm humus. The overall objective of the project is to design a business plan for the technified production and sustainable commercialization of worm humus in the municipality of Zipaquirá, taking advantage of organic waste and generating alternatives for local economic development.

The methodology was developed through descriptive research, obtaining information through a review of bibliographic sources and interviews with producers. Tools such as DOFA analysis, internal and external factor assessment matrices, PESTEL analysis, together with financial projections and the design of productive, economic, environmental, and social performance indicators were applied. The results show that there is a high availability of organic waste in the municipality, favorable technical and environmental conditions for production, along with support from government entities, but a limited market within the municipality, making it necessary to seek other markets. The financial indicators reflect low profitability in the early years, due to low production levels, but a recovery of the investment in the long term. In conclusion, the technified production of worm humus in Zipaquirá is viable and represents a sustainable alternative for transforming waste through the circular economy.

Keywords: circular economy, organic waste transformation, sustainable alternative, technified production, worm humus.

TABLA DE CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 14

Formulación del problema 15

JUSTIFICACIÓN 16

OBJETIVOS..... 18

a. Objetivo general 18

b. Objetivos específicos 18

MARCO HISTÓRICO 19

ESTADO DEL ARTE..... 22

MARCO TEÓRICO 25

MARCO LEGAL Y AMBIENTAL..... 28

Resoluciones..... 28

 Resolución No. 00150 (21 Enero 2003) 28

 Resolución No. 00187 (31 Julio 2006) 28

 Resolución No. 68370 (27 Mayo 2020)..... 29

Políticas 29

 Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos..... 29

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 30

Enfoque 30

Tipo de investigación 30

Diseño de investigación..... 30

POBLACIÓN	30
Muestra	31
DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
Técnicas de recolección de información.....	31
Procedimiento metodológico	32
RESULTADOS	35
Producción y uso de desechos orgánicos en el municipio de Zipaquirá.....	35
Empresas dedicadas a producir fertilizantes en Zipaquirá.....	37
Condiciones técnicas para producir humus en el municipio de Zipaquirá	38
Precompostaje.....	38
Lombricompostaje	40
Maduración y almacenamiento	41
Construcción de camas de lombricompostaje.....	42
Condiciones económicas para producir humus en el municipio de Zipaquirá	43
Condiciones ambientales para producir humus en el municipio de Zipaquirá	45
Demanda de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá	45
Mercado potencial de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá.....	46
Oferta y niveles de producción de abono orgánico en Zipaquirá.....	51
Precio de venta de humus de lombriz en el municipio de Zipaquirá	52
Comparación de canales de comercialización	53

PRODUCCIÓN TECNIFICADA DE HUMUS DE LOMBRIZ EN ZIPAQUIRÁ	6
Canales de comercialización aprovechables por el agronegocio	53
Otras estrategias de mercadeo.....	55
Aspectos técnicos, organizacionales y financieros.....	55
Capacidad de producción del agronegocio	55
Estructura organizacional del agronegocio	59
Estados financieros	60
Indicadores financieros	64
Análisis de entorno organizacional.....	66
Matriz DOFA	66
Matrices de evaluación de factores internos y externos.....	67
Análisis PESTEL	68
Identidad organizacional.....	69
Misión	69
Visión	70
Valores organizacionales.....	70
Planteamiento de estrategias.....	70
Estrategias de posicionamiento comercial	71
Estrategias de mercado	71
Alianzas estratégicas.....	72
Estrategias para obtener certificaciones ambientales y de impacto social.....	73

Propuesta de valor canvas	75
Formulación de indicadores, plazos y metas de cumplimiento	75
Formatos de seguimiento de indicadores	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
Diagnóstico de la disponibilidad de materia orgánica en Zipaquirá	80
Demanda, oferta y niveles de producción	80
Canales de comercialización	81
Indicadores financieros	82
Análisis de entorno organizacional	84
Matrices de evaluación de factores internos y externos.....	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	103
a. Entrevista a productores	103
b. Canales de comercialización de productores de humus en Zipaquirá	106
c. Costos de personal, certificaciones y depreciación	108
d. Análisis de la contratación de personal en el agronegocio	110
e. Modelo de propuesta de valor canvas	112
f. Matriz de seguimiento de indicadores productivos	113
g. Matriz de cumplimiento de parámetros de estandarización	114

h.	Matriz de seguimiento de indicadores económicos	115
i.	Matriz de seguimiento de indicadores ambientales	116
j.	Matriz de seguimiento de indicadores sociales.....	117
k.	Matriz de seguimiento de programas de concientización.....	118
l.	Parámetros de calidad del humus.	119
	Referencia de valores nutricionales de humus de lombriz.....	119
	Referencia de parámetros de calidad de humus de lombriz.....	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Metodología objetivo 1.</i>	32
Tabla 2 <i>Metodología objetivo 2.</i>	32
Tabla 3 <i>Metodología objetivo 3.</i>	33
Tabla 4 <i>Metodología objetivo 4.</i>	34
Tabla 5 <i>Condiciones técnicas pre-compostaje.</i>	38
Tabla 6 <i>Condiciones técnicas lombricompostaje.</i>	40
Tabla 7 <i>Condiciones técnicas maduración y almacenamiento.</i>	41
Tabla 8 <i>Condiciones técnicas camas lombricultoras.</i>	42
Tabla 9 <i>Condiciones económicas para producción tecnificada de humus.</i>	43
Tabla 10 <i>Condiciones ambientales para producción tecnificada de humus.</i>	45
Tabla 11 <i>Dosificación de humus para cultivos tradicionales de Zipaquirá</i>	46
Tabla 12 <i>Cultivos de papa, arveja y zanahoria en Zipaquirá (2019-2024).</i>	48
Tabla 13 <i>Requerimiento anual de humus de lombriz según área cultivada.</i>	49
Tabla 14 <i>Área de producción orgánica certificada en Colombia.</i>	50
Tabla 15 <i>Participación de producción orgánica certificada en Colombia.</i>	50
Tabla 16 <i>Mercado potencial de abono orgánico en Zipaquirá.</i>	51
Tabla 17 <i>Producción estimada humus de lombriz roja Californiana en Zipaquirá.</i>	52
Tabla 18 <i>Precio de venta de principales productores de humus en Zipaquirá.</i>	53
Tabla 19 <i>Canales de comercialización agronegocio de producción tecnificada.</i>	53
Tabla 20 <i>Capacidad productiva por operario.</i>	56
Tabla 21 <i>Tiempo de proceso en cama lombricultora de 1 m².</i>	58
Tabla 22 <i>Estimación de producción del agronegocio.</i>	58

Tabla 23 <i>Proyección de estado de resultados.</i>	60
Tabla 24 <i>Proyección de balance general.</i>	62
Tabla 25 <i>Indicadores de rentabilidad.</i>	64
Tabla 26 <i>Ratios financieros.</i>	64
Tabla 27 <i>Flujo de efectivo del agronegocio.</i>	65
Tabla 28 <i>Proyección de valor presente neto.</i>	65
Tabla 29 <i>Matriz DOFA.</i>	66
Tabla 30 <i>Matriz DOFA Cruzada.</i>	67
Tabla 31 <i>ANÁLISIS PESTEL - Análisis Descriptivo y del Entorno.</i>	68
Tabla 32 <i>Valores organizacionales.</i>	70
Tabla 33 <i>Estrategias de posicionamiento comercial.</i>	71
Tabla 34 <i>Estrategias de mercadeo.</i>	72
Tabla 35 <i>Alianzas estratégicas del agronegocio.</i>	72
Tabla 36 <i>Estrategias para certificación ICA (fertilizante orgánico).</i>	73
Tabla 37 <i>Estrategias para certificación Negocios Verdes (CAR).</i>	73
Tabla 38 <i>Estrategias para certificación Sociedades BIC.</i>	74
Tabla 39 <i>Propuesta indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales.</i>	75

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	<i>Recolección selectiva de residuos orgánicos por EPZ.</i>	35
Ilustración 2	<i>Producción y rendimiento de papa en Zipaquirá (2019-2024).</i>	46
Ilustración 3	<i>Producción y rendimiento de arveja en Zipaquirá (2019-2024).</i>	47
Ilustración 4	<i>Producción y rendimiento de zanahoria en Zipaquirá (2019-2024).</i>	47
Ilustración 5	<i>Flujo de producción de humus de lombriz roja Californiana.</i>	56
Ilustración 6	<i>Estructura organizacional del agronegocio.</i>	59
Ilustración 7	<i>Ponderación matrices EFI y EFE.</i>	67

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de fertilizantes químicos en los diferentes cultivos agrícolas ha generado impactos negativos en el medio ambiente, en la calidad de la producción agrícola y en la salud humana, reduciendo la sostenibilidad de los sistemas productivos (Abebe et al., 2022; Jote, 2023). Como solución a esta problemática surgen los fertilizantes orgánicos que se generan a partir de residuos naturales de fuentes industriales, agrícolas o domésticas (Ali et al., 2023). En el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, se desaprovechan grandes cantidades de residuos orgánicos que terminan en rellenos sanitarios causando contaminación y pérdida de recursos que podrían generar valor en la agricultura.

De esta situación, surge la necesidad de llevar a cabo prácticas sostenibles como la producción de humus de lombriz roja Californiana (*Eisenia Foetida*), que permiten aprovechar los residuos orgánicos, convirtiéndolos en un fertilizante natural capaz de mejorar las características físicas del suelo, disminuir la erosión y aumentar la retención de humedad, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de insumos químicos (Edwards & Arancon, 2022; Mohite et al., 2024).

El tema central de este trabajo es el diseño de un plan de negocio para la producción tecnificada y comercialización sostenible de humus de lombriz roja Californiana en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, como estrategia para transformar residuos orgánicos en un producto de alto valor que contribuya al desarrollo agrícola. Esta propuesta contempla aprovechar los residuos orgánicos del municipio, fortalecer el sector agrícola y generar impactos positivos en lo económico, ambiental y social.

Se contempla el agronegocio a través de un trabajo que integra aspectos técnicos, productivos, organizacionales, financieros, comerciales, sociales y ambientales donde se proponen estrategias de posicionamiento y sostenibilidad que permitan consolidar el agronegocio en el largo

plazo de forma competitiva. Se realizó el trabajo a través de una investigación de tipo descriptivo donde se determina a través de revisión bibliográfica y entrevistas a pequeños productores aspectos como disponibilidad de materia orgánica, condiciones requeridas para producir humus en el municipio, mercado potencial, competidores y canales de comercialización disponibles.

Se aplicaron herramientas de evaluación del entorno organizacional junto con proyecciones financieras e indicadores de desempeño productivo, económico, ambiental y social para determinar la viabilidad del agronegocio, buscando demostrar que la producción tecnificada de humus de lombriz roja californiana en Zipaquirá no solo es viable, sino que constituye una alternativa sostenible para transformar residuos orgánicos en productos que aportan a la recuperación de la productividad de los suelos y al fortalecimiento del sector agrícola mediante la economía circular.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso excesivo de abonos químicos en los diferentes cultivos agrícolas ha generado degradación del medio ambiente, contaminación de la capa de ozono, llevando consigo un impacto negativo a mediano y largo plazo afectando la calidad de la producción agrícola, y por último la salud del consumidor (Balkrishna et al., 2021; Pita García & Miranda, 2023). Como solución a esta problemática se tienen fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz, que contribuyen de forma sostenible a la mejora de las características físicas del suelo, disminuyendo su erosión, mejorando la retención de humedad y su estructura brindando aireación y temperaturas adecuadas (Anielak et al., 2025; Mutlu, 2021; Stepanova et al., 2021).

Actualmente, en el municipio de Zipaquirá se mantienen condiciones inadecuadas en la mayoría de los lombricultivos debido a que no se realiza un seguimiento constante de temperatura, humedad y radiación, según Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023), en su estudio lograron determinar que de 16 lombricultivos promovidos por la alcaldía del municipio en los años 2022-2023, solamente 5 mantenían buenas condiciones; en los demás se mantenía una alimentación y reproducción deficiente de la *Eisenia Foetida* (lombriz roja Californiana), generando mortandad de éstas.

Estos autores lograron evidenciar, así como Meghvansi et al. (2020) y Núñez V. et al. (2025), que la falta de tecnificación de este tipo de cultivos hace que la calidad del producto se vea afectada, la posibilidad de adquirir nuevos clientes se reduzca y que los recursos naturales normalmente se desperdician debido a un exceso de uso, como es el caso del agua.

Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023), encontraron que los lombricultivos que fueron promovidos por la alcaldía no prosperaron debido a cuidados inadecuados, al llevarse únicamente procesos empíricos para la preparación y procesamiento de los residuos orgánicos, así como

también para la producción de abonos naturales; esto genera un alto desaprovechamiento de la mano de obra disponible, que generalmente son los dueños de las fincas o lotes donde se encuentran los lombricultivos.

Este tipo de prácticas hacen que se tenga una baja sostenibilidad debido al desaprovechamiento de todos los recursos humanos, ambientales y financieros que podrían ser mejor aprovechados al organizar la producción de humus de lombriz roja californiana y tecnificando este tipo de industrias con el fin de mejorar la oferta de productos orgánicos en la región, reduciendo costos en otros cultivos, y mejorando la calidad del suelo (Sánchez Mojica et al., 2023; Solanki & Mahore, 2021).

Actualmente algunos productores intentan resolver este tipo de limitaciones de manera muy empírica siguiendo los procesos de capacitación que les otorga la alcaldía u otras instituciones como la CAR (Corporación Autónoma Regional), pero debido a que las herramientas con las cuales cuentan no son muy sofisticadas, no logran obtener el mayor rendimiento de los recursos que tienen o podrían tener a su favor.

Formulación del problema

Luego de revisar las anteriores falencias, surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera la implementación de un plan de negocio para la producción tecnificada y comercialización de abono orgánico a partir del humus de lombriz roja californiana puede contribuir al aprovechamiento sostenible de residuos orgánicos y al fortalecimiento del sector agrícola en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca?

JUSTIFICACIÓN

La propuesta de implementar un plan de negocio para la producción tecnificada y comercialización de abono orgánico a partir del humus de lombriz roja californiana en el municipio de Zipaquirá surge del interés de innovar e intervenir a través de procesos de monitoreo y control este proceso productivo (Vijayalakshmi et al., 2022). Al llevar a cabo controles de producción por medio de dispositivos tecnológicos e IoT se facilita el aprovechamiento sostenible de residuos orgánicos incrementando el potencial reproductivo de la lombriz roja californiana *Eisenia Foetida* obteniendo una mayor productividad en los lombricultivos comparada con la que se obtiene empleando metodologías de producción empíricas o al azar (Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023; Das et al., 2022).

Debido al aumento de la población, los pequeños agricultores se ven forzados a emplear fertilizantes sintéticos y agroquímicos lo que ocasiona a corto y mediano plazo un gran daño al medio ambiente, destruyendo la flora y fauna del suelo volviéndolos infértiles al pasar de los años (Ramírez Tomalá, 2021). Teniendo esto en cuenta, la industria de abonos orgánicos tendrá una mayor demanda cada año, por lo tanto, se propone tecnificar la producción de humus de lombriz roja Californiana con el fin de contribuir a la reducción de contaminación del medio ambiente y mejorar la calidad del producto (Dominguez, 2023; Moldagazyeva et al., 2023).

Según Körschens (2021), este tipo de soluciones agrícolas son requeridas con el fin de generar fertilizantes ecológicos de alto valor, teniendo en cuenta que el humus permanente es estable a largo plazo y no se elimina en condiciones de campo en ausencia de fertilización. Por otro lado, Aswani et al. (2024) y Dutra de Oliveira et al. (2024), indican que este tipo de abonos son una tecnología prometedora para la valorización de residuos orgánicos, industriales, domésticos, municipales y agrícolas.

La producción de humus de lombriz roja californiana aportará al fortalecimiento del sector agrícola en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca; ya que como lo indica Zambrano Sánchez (2022), la región obtendrá beneficios como el mejoramiento de la composición de los suelos, la reducción de contaminación ambiental, temperaturas más frescas, mayor humedad, contribuyendo al desarrollo regional y rural sostenible promovido por la especialización en gestión de agronegocios de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

La producción de humus de lombriz permite reducir el desaprovechamiento de los residuos orgánicos por disposición inadecuada, pues según Becerra Sánchez (2023); una gran parte de este tipo de residuos son dispuestos en rellenos sanitarios generando afectaciones sociales, ambientales y económicos. Este autor indica que, durante el año 2022 en el municipio de Zipaquirá, se aprovechó el 40% de residuos orgánicos en plantas de compostaje, un 5% fue aprovechado a través de técnicas artesanales, mientras que el 55% restante se dispuso en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo del municipio de Bojacá, esto indica que aproximadamente 9.800 Toneladas fueron desaprovechadas para el año mencionado anteriormente, del total de 17.885 Toneladas de residuos orgánicos generados.

OBJETIVOS

a. Objetivo general

Diseñar un plan de negocio para la producción tecnificada y comercialización de abono orgánico (humus de lombriz roja californiana) en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, que permita aprovechar los residuos orgánicos y generar alternativas sostenibles de desarrollo económico local.

b. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la disponibilidad de materia prima y las condiciones técnicas, económicas y ambientales necesarias para la producción de humus de lombriz roja californiana en el municipio de Zipaquirá.
2. Analizar el mercado potencial del abono orgánico, identificando la demanda, los competidores y los canales de comercialización viables en la región.
3. Estructurar los aspectos técnicos, organizacionales y financieros del plan de negocio, considerando los recursos, costos y proyecciones de rentabilidad.
4. Proponer estrategias de sostenibilidad y posicionamiento comercial que impulsen la producción y venta del humus de lombriz como alternativa sostenible.

MARCO HISTÓRICO

De acuerdo con Pengue (2009), el fertilizante ha existido desde los inicios de la humanidad; en sus inicios se hizo a partir de estiércol animal harina de hueso, las algas marinas, la lana, el pelo, la ceniza y el hollín (González Marrero & Ríos Longares, 2014).

Durante varios siglos no se utilizaron abonos, en algunos casos porque eran muy escasos o en otros casos porque no eran conocidas las técnicas anteriores. Los agricultores se vieron obligados a enviar el ganado a las montañas debido a la falta de pastos ocasionada por las sequías, esto conllevaba a una pérdida de producción de estiércol durante gran parte del año (Smil, 1997).

Con la Revolución Agraria durante el siglo XVIII, se cubre gran parte de esta problemática debido a que se empiezan a cultivar forrajes, este tipo de cultivos presentaron varias ventajas; puesto que las plantas utilizaban como nutriente el nitrógeno del aire y, por otra parte, se aprovechaba la tierra de cultivo durante todo el año evitando enviar el ganado a otros sitios para su pastoreo. Esto favoreció la cría de ganado y la producción de estiércol comenzando una nueva era para la agricultura, cuyo nacimiento tuvo lugar en Inglaterra y Escocia extendiéndose posteriormente hacia el continente europeo (Luelmo, 1975).

En el siglo XIX la población mundial creció considerablemente, dando lugar a una fuerte demanda de cereales, base de la alimentación humana. Pero los abonos empleados hasta el momento no eran capaces de suplir las necesidades de los suelos cultivables, por lo tanto, se volvieron cada vez más pobres. A pesar de esto, se continuo con el ascenso de la agricultura, debido a tres factores fundamentales: la intensificación del drenaje de aguas para el riego de los cultivos, la invención de maquinaria agrícola y el descubrimiento de un nuevo tipo de abonos (Pinto cañón, 2014).

La solución principal a esta problemática la brindó Liebig en mediados del siglo XIX desde una perspectiva científica, con una teoría mineral y de abonos inorgánicos, de donde surgió la poderosa industria de fertilizantes sintéticos que se conoce hoy día por contribuir a superar en gran parte las deficiencias alimentarias del hombre (Vega Ronquillo et al., 2009). Como antecedente a este tipo de fertilizantes surgió la “teoría del humus” propuesta por el científico alemán Albrecht Thaer, donde los nutrientes para las plantas eran tan sólo agua y materia orgánica (Thaer, 1893).

Liebig, se opone de manera contundente a la teoría del humus, resaltando el papel de los minerales en la nutrición de la planta por medio de la “teoría mineral”, con la cual indica que las plantas no se forman únicamente de sustancias orgánicas, sino que también de minerales. Además de esto, afirma que los principales nutrientes de las plantas son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, potasio y fósforo; esto junto con la “ley del mínimo”, le ayuda a sugerir que el rendimiento de las cosechas es determinado por el nutriente que se encuentre en menor cantidad (Black, 1978).

Liebig cometió algunos errores en su teoría, como ejemplo de esto, aplicó algunos fertilizantes directamente al suelo generando costras sobre los terrenos debido a la baja solubilidad de los abonos; con esto se ve obligado a aceptar que el humus es necesario, ya que su presencia contribuye a mejorar las características del suelo; pero indica que no es imprescindible para el crecimiento de las plantas (Javier Pérez & Santos Soledad, 2007).

Posteriormente empieza a crecer la tecnología de los abonos inorgánicos, sintéticos o artificiales dejando a un lado la producción de humus y demás abonos orgánicos, inicialmente este tipo de prácticas presentaron buenos resultados, pero se privó al suelo de la materia orgánica que evita su erosión y mantiene el desarrollo de microorganismos que lo enriquecen (Leyva Galán, 2008).

Actualmente gracias a la excesiva mineralización de los suelos, se genera un fenómeno llamado eutrofización, que consiste en la contaminación de las aguas debida a los fertilizantes. Este problema se da ya que en un momento determinado las raíces no son capaces de absorber más fertilizante, dejándolo como lixiviado el cual es arrastrado a las aguas superficiales y subterráneas ocasionando graves problemas en la flora y fauna. Como evidencia de esto, en la llamada “zona muerta” del Golfo de México, se tiene una gran superficie de aguas eutrofizadas que, junto con pesticidas, plaguicidas y otros agroquímicos causa la muerte de los peces y otras especies marinas (Manahan, 2007).

Para solucionar este nuevo inconveniente se promueve la producción y uso de abonos orgánicos nuevamente, con el fin de obtener un desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente; teniendo en cuenta que este tipo de abonos contribuyen a disminuir la erosión del suelo, retienen su humedad, y mejoran su estructura, brindando aireación y mejores temperaturas de producción (Vega, 2017). En la última década del siglo pasado Heinz Sturzemaum desarrolló las primeras experiencias retomando la producción de humus con lombrices rojas californianas llegando a comercializar lombricompost en Santa Cruz (Cosio et al., 2014; Garg et al., 2006).

En el año 2005 personal de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), dirigidos por el Dr. Miguel Schuldt, inician el Proyecto de Investigación “Reconversión de residuos agroindustriales y urbanos en abono mediante lombricultura, en la Cuenca del Río Turbio”. Así como este, se han venido desarrollando diversos proyectos enfocados a la producción de humus de lombriz roja californiana, ya que como lo comentan Jaramillo Henao & Zapata Márquez (2008), el lombricompostaje es el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos en las zonas rurales.

ESTADO DEL ARTE

Barcelon et al. (2019), crearon un sistema a partir de dos microcontroladores, el primero es un Arduino que controla el entorno de las lombrices; el segundo es una Raspberry Pi en la cual se almacenaron los datos recopilados. Estos autores indican que con el rápido crecimiento de la tecnología actualmente, se contribuye a que los agricultores y las industrias ahorren tiempo y esfuerzo al integrar dispositivos electrónicos en sus labores diarias.

El sistema automatizado estabiliza el contenido de humedad del suelo del vermicompost. Los sistemas de riego por aspersión logran mantener el entorno adecuado para las condiciones de vida de la lombriz, esto se logró a través de las lecturas de los sensores empleados. Finalmente, indican que estos sistemas lograron reducir la intervención humana y el sistema de producción se acelera si la vermicultura se automatizara en lugar de hacerlo manualmente (Barcelon et al., 2019).

Sánchez Mojica et al. (2023), crearon un sistema IoT para monitorear y mejorar las condiciones de cultivo de lombrices rojas Californianas como parte de una estrategia para diversificar productos basados en anélidos, estos autores indicaron que el Internet de las cosas (IoT) ha venido obteniendo mayor importancia en los últimos años debido a la capacidad de almacenar información en tiempo real y establecer el desempeño de los sistemas.

Estos autores emplearon un alcance exploratorio con un enfoque experimental debido a que no alteraron el estado de la lombriz para obtener datos; indican que los principales parámetros que afectan a la lombriz roja californiana son temperatura, humedad y dieta. Adicionalmente, señalan que el IoT es un soporte potencial para monitorear las condiciones reproductivas de la lombriz roja; en este caso, los autores enviaron datos de los parámetros anteriormente mencionados cada 5 min en la nube a través de conexión Wi-Fi (Sánchez Mojica et al., 2023).

Solanki & Mahore (2021), mencionan que en la producción de humus a gran escala uno de los principales desafíos es mantener vivas a las lombrices; esto se logra manteniendo el medio bajo las condiciones de temperatura y humedad óptimas. Actualmente, esto se logra a través de infraestructura que requiere una gran inversión inicial y altos costos de mantenimiento a largo plazo. Como solución a esta problemática, estos autores desarrollaron una unidad automatizada que utiliza el flujo de aire natural con agua. Inicialmente esperaban que esta unidad proporcionará condiciones favorables a las lombrices durante la producción a gran escala con una inversión baja y mantenimiento mínimo a largo plazo.

Se emplearon sensores de temperatura (DS18B20), sensores de humedad de suelo de tipo capacitivo, sensor de anemómetro (sensor de velocidad del viento), módulos de relé conectados con la bomba de agua que provoca el aumento de humedad por evaporación. La unidad de control principal se realiza a través del microcontrolador NodeMCU, este se encarga de tomar los datos de entrada, operar, activar salidas (relé) y finalmente enviar los datos de forma remota a una aplicación móvil (Solanki & Mahore, 2021).

Se encontró que la fluctuación de temperatura es mínima gracias al sistema de riego automatizado. Finalmente se encontró que el producto es 25% más rico en color, macro y micronutrientes. Se recomienda que, en otros estudios, el seguimiento de la temperatura pueda ser tomado a través de una cámara térmica con el fin de eliminar el uso de múltiples sensores de temperatura (Solanki & Mahore, 2021).

La demanda de productos sostenibles para el tratamiento de residuos ha venido incrementando, existen varios métodos de producción de vermicompostaje, que van desde producción en lotes a pequeña escala hasta sistemas de flujo continuo. Sin embargo, hay algunos parámetros que se deben mantener durante el proceso, como la humedad, la temperatura, la

aireación y los niveles de pH; estos factores pueden afectar la actividad de las lombrices e incluso causar su mortalidad (Aswani et al., 2024).

Aswani et al. (2024), seleccionaron el microcontrolador ESP32 por su versatilidad en la comunicación inalámbrica, el sensor DHT11 para mediciones de temperatura y humedad, un sensor ultrasónico para el control del nivel de llenado, un sensor MQ135 para la detección del nivel de gas y un sensor de humedad del suelo, para garantizar un control ambiental integral. Gracias a estos elementos seleccionados se obtiene un enfoque integral para la gestión del vermicompostaje que permite optimizar las condiciones para la maduración del compost y la actividad microbiana (Aswani et al., 2024).

Pita García & Miranda (2023), desarrollaron un proyecto que trata sobre la producción y comercialización de abono orgánico, con el fin de mitigar el impacto ambiental y disminuir los desechos orgánicos del relleno sanitario de Pírgua ubicado en Tunja, Boyacá. Estudiaron el macro y microentorno con la finalidad de conocer el comportamiento general tanto interno como externo del negocio y generar estrategias de mejora en pro del buen desarrollo económico. Para esto, definieron el mercado objetivo a través de información extraída por el Departamento de Planeación, Gobernación de Boyacá, DANE, entre otros.

Financieramente, se concluye que, el negocio es rentable, los ingresos o ventas presupuestadas superan los gastos, debido a que los insumos y materiales se originan de la reutilización y recolección de residuos orgánicos que son adquiridos a bajo costo. El proyecto se implementó en el Municipio de Ventaquemada, mediante la estrategia de entrega inmediata y directa al cliente, se pretende beneficiar a la población y cautivar el mercado en pro de la obtención de ingresos a través de las ventas significativas (Pita García & Miranda, 2023).

MARCO TEÓRICO

El vermicompostaje se ha convertido en una solución sostenible y un método muy utilizado en los últimos años para deshacerse de los residuos orgánicos (Agarwal & Jain, 2024; Usta & Guven, 2024). Este producto es utilizado en la producción agrícola como acondicionador del suelo y fertilizante orgánico ya que viene enriquecido de nutrientes y enzimas útiles para el crecimiento de las plantas debido a que es producido por el sistema digestivo de la lombriz (Ghorbani & Sabour, 2021; Samal et al., 2019). De acuerdo con Castellini et al. (2024) & Hajam et al. (2023), el vermicompost mejora de la estructura del suelo y la porosidad total, actúa como acondicionador del suelo, y aumenta la capacidad de retención de agua.

Según Ahmed & Deka (2022) & Riascos et al. (2022), la *Eisenia Foetida* es la especie principal para el desarrollo de procesos de vermicompostaje, las características de alimentación y reproducción de la lombriz roja Californiana ha sido documentada por varios autores. La humedad óptima para el desarrollo y la actividad de las lombrices es del 70 % al 80 %, por encima de este rango se genera una oxigenación deficiente y por debajo causa una resequedad del alimento haciéndolo difícil de digerir (Gavilanes et al., 2024).

La temperatura ideal está entre 18 °C y 25 °C, un valor por fuera de este rango dificulta la reproducción de las lombrices; el pH ideal está entre 7,5 y 8,0 y la iluminación debe ser lo más mínima posible, teniendo en cuenta que las lombrices mueren al verse expuestas a los rayos ultravioleta (Katiyar et al., 2023; Zhang et al., 2020). Bajo estas condiciones ideales las lombrices adultas llegan a transformar hasta el 60% del alimento que consumen en humus (Flores Pacheco et al., 2018).

Con el fin de mantener estas condiciones óptimas se propone un sistema que utilice el flujo de aire natural con riego de agua por aspersión, teniendo en cuenta que es un sistema que requiere

un bajo costo de inversión inicial y se obtiene un menor costo en mantenimiento a corto plazo (Solanki & Mahore, 2021).

Gustavo Viera Molina & Orlando Guilcaso Molina (2023), mencionan que la escasez de agua obliga al sector agrícola a implementar métodos de riego más eficientes. Se ha demostrado que una opción que logra reducir el uso de agua entre un 20% y 40% frente a sistemas basados en temporizadores, son aquellos sistemas automatizados basados en IoT que utilizan sensores y microcontroladores. Teniendo en cuenta que se busca aumentar la productividad de los lombricultivos del municipio de Zipaquirá, se propone el plan de negocio con uso de sensores de temperatura, humedad y radiación ya que son las características principales que afectan la alimentación y reproducción de la lombriz roja Californiana; así mismo el uso de electroválvulas que permitan controlar la cantidad de agua que se emplea en los lombricultivos (Meghvansi et al., 2020).

Adicionalmente se propone el uso de plataformas IoT que permitan el almacenamiento de datos de manera continua, con el fin de que los encargados de los lombricultivos permanezcan informados de cómo se comportan las características anteriormente mencionadas a través del tiempo, Castaño Sanchez & Gallego López (2019) & Shahab et al. (2024), indican que el sector agrícola está liderando el uso de tecnologías IoT ya que se han venido empleando desde tractores autónomos, hasta sensores para medir humedad, temperatura e incluso reconocimiento de plagas con el fin de reducir riesgos y adquirir producciones más eficientes.

Al igual que en otros proyectos, este plan de negocio busca plantear una metodología de producción de humus de lombriz roja Californiana que sea sostenible y económicamente rentable, proponiendo el uso de dispositivos tecnológicos e innovadores, con el fin de mejorar la calidad de

vida de los pequeños productores en el municipio de Zipaquirá a través del aumento de productividad y estandarización de estos procesos productivos (Nausa Cáceres, 2022).

Este agronegocio brinda una solución a las problemáticas ocasionadas por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos orgánicos, ya que es una solución rápida y efectiva que aporte beneficios tanto sociales, económicos y ambientales (Guerra Plazas, 2020). Las lombrices utilizadas en vermicultivos se plantean como una de las mejores alternativas para el aprovechamiento de los desechos orgánicos, la generación de empleo y la mitigación del impacto ambiental al disminuir el uso de fertilizantes químicos (Abad & Shafiqi, 2024; Pita García & Miranda, 2023).

MARCO LEGAL Y AMBIENTAL

Resoluciones

Resolución No. 00150 (21 Enero 2003)

Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.

Este reglamento tiene como objetivo orientar la comercialización, el uso y el manejo adecuado y racional de los fertilizantes y acondicionadores de suelos; esto con el fin de prevenir y minimizar daños a la sanidad agropecuaria, a la salud y al ambiente bajo las condiciones autorizadas, como para facilitar el comercio internacional. Por otro lado, busca establecer los requisitos y procedimientos armonizados con las reglamentaciones internacionales vigentes para el registro, el control legal y técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos; especialmente en lo relacionado con clasificación, terminología, composición garantizada, etiquetado, tolerancias, contenidos mínimos permisibles y parámetros para verificación de la conformidad (Instituto Colombiano Agropecuario, 2003).

Resolución No. 00187 (31 Julio 2006)

Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaqueo, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos.

Este reglamento tiene como objetivo garantizar la sostenibilidad y renovabilidad de la base natural, mejorar la calidad del ambiente mediante limitaciones en la utilización de tecnologías, fertilizantes o plaguicidas, antibióticos y otros de origen químico sintético, que puedan tener efectos nocivos para el medio ambiente y la salud humana. Se describen los principios, directrices, normatividad y requisitos mínimos que deben cumplir los operadores para la producción primaria,

procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización interna de productos obtenidos mediante sistemas de producción agropecuaria ecológica, así como los organismos de control y el sistema de control para dichos productos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002).

Resolución No. 68370 (27 Mayo 2020)

Esta resolución tiene como objetivo establecer los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y Departamentos Técnicos de Ensayos de Eficacia Agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola en el territorio nacional)(Instituto Colombiano Agropecuario, 2020).

Políticas

Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos

Esta política tiene como objetivo general lograr el manejo integral de los residuos sólidos, no peligrosos y peligrosos incorporando los aspectos técnicos, administrativos, económicos, ambientales y sociales dirigidos a evitar y minimizar la generación de los mismos, fomentando su valorización y reduciendo la cantidad de residuos destinados a disposición final, a fin de prevenir y reducir sus riesgos para la salud y el ambiente, disminuir las presiones que se ejercen sobre los recursos naturales y elevar la competitividad de los sectores productivos, en un contexto de desarrollo sustentable y de responsabilidad compartid(Departamento Nacional de Planeación DNP, 2016).

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Enfoque

El desarrollo de este proyecto contiene dos enfoques, tanto cualitativo como cuantitativo; debido a que se desea conocer la apreciación subjetiva de otros productores acerca del agronegocio. Así mismo, se requiere información cuantitativa para determinar la disponibilidad de residuos orgánicos, los costos del agronegocio, realizar proyecciones financieras, y establecer la demanda estimada.

Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptivo, se determina a través de revisión bibliográfica y entrevistas a pequeños productores cuál será el mejor escenario para la producción de humus de lombriz en el municipio de Zipaquirá de acuerdo con las condiciones actuales de disponibilidad de materia prima, costos, demanda y estrategias sostenibles.

Diseño de investigación

No experimental transeccional, debido a que se obtendrá información de literatura de otros investigadores que han realizado propuestas de agronegocio similares en otras zonas del país, adicionalmente de entrevistas a productores de la región, informes de sostenibilidad de instituciones públicas y privadas e informes de ventas y/o demanda, esta información será tomada en un solo momento (Hernández Sampieri et al., 2014).

POBLACIÓN

La población se encontrará representada por pequeños productores que han sido acompañados por parte de la alcaldía municipal de Zipaquirá, con el fin de comprender la viabilidad desde el punto de vista de pequeños productores, teniendo en cuenta la necesidad de

buscar soluciones ante las necesidades de baja eficiencia de los procesos productivos, baja rentabilidad, alto desperdicio de recursos, entre otros.

Muestra

Teniendo en cuenta que la finalidad de este proyecto de investigación consiste en determinar la viabilidad del agronegocio analizando las deficiencias o dificultades que enfrentan pequeños productores del municipio, se realizarán entrevistas a tres de estos productores elegidos de forma no probabilística intencional identificados como expertos (personas que lleven más tiempo con el proceso productivo de humus de lombriz roja Californiana), para reconocer aspectos como acceso a desechos orgánicos, finalidad del proceso productivo (clientes), seguimiento productivo y financiero realizado, adaptación de innovación tecnológica (Hernández Sampieri et al., 2014).

DISEÑO METODOLÓGICO

Técnicas de recolección de información

Se emplearon entrevistas a expertos encargados de los procesos productivos de humus de lombriz para conocer su opinión acerca del agronegocio propuesto y también para conocer la aceptabilidad que tiene la aplicación de innovación tecnológica para afrontar las problemáticas que presentan actualmente como pequeños productores.

Se obtuvieron fuentes de información secundarias como manuales, informes, artículos de investigación, tesis y otros proyectos de grado que se relacionaron con la temática de este proyecto, estas fueron encontradas en fuentes de literatura académica, científica, económica y bibliotecas electrónicas como lo es Google académico, Scielo, ScienceDirect, Proquest, Google Books, webs universitarias, revistas de ingeniería, entre otras.

Procedimiento metodológico

Tabla 1

Metodología objetivo 1.

OBJETIVO 1. Diagnosticar la disponibilidad de materia prima y las condiciones técnicas, económicas y ambientales necesarias para la producción de humus de lombriz roja californiana en el municipio de Zipaquirá.	
FASE	METODOLOGIA
Recopilación de información	1.1 Obtener información clara y específica de informes, estudios e investigaciones acerca de la producción y uso de desechos orgánicos en el municipio de Zipaquirá.
	1.2 Obtener información de fuentes bibliográficas y entrevistas a productores expertos sobre las condiciones técnicas que deben cumplir los desechos orgánicos; así como también, los requerimientos económicos y ambientales necesarios para producir humus de lombriz roja Californiana.
Análisis de información	1.3 Establecer por medio de la información obtenida de informes, estudios e investigaciones la disponibilidad de desechos orgánicos en el municipio de Zipaquirá para la producción de humus de lombriz.
	1.4 Determinar por medio de análisis bibliográfico y de las entrevistas realizadas en la investigación, las condiciones técnicas (procedimiento, tiempo de producción, características de materia prima), económicas (inversión requerida, tecnología necesaria), y ambientales (certificaciones, manipulación de materia prima) requeridas para producir humus de lombriz roja Californiana en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Tabla 2

Metodología objetivo 2.

OBJETIVO 2. Analizar el mercado potencial del abono orgánico, identificando la demanda, los competidores y los canales de comercialización viables en la región.	
FASE	METODOLOGIA
Recopilación de información	2.1 Obtener información de fuentes bibliográficas, entrevistas a productores e informes territoriales de instituciones públicas y/o privadas sobre la oferta, demanda y niveles de producción de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá.

Análisis de información	2.2 Establecer el mercado potencial de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá, teniendo en cuenta las principales actividades agrícolas en el territorio, principales competidores y precio de venta. 2.3 Realizar análisis de competencia con el fin de comparar los canales de comercialización empleados por grandes productores de humus de lombriz contra canales de comercialización empleados por pequeños y medianos productores.
Estrategias de mercadeo	2.4 Establecer canales de comercialización aptos para el agronegocio de acuerdo con la comparación realizada entre pequeños, medianos y grandes productores. 2.5 Definir otro tipo de estrategias de mercadeo que permitan proyectar la visualización del agronegocio en el mercado municipal.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Tabla 3

Metodología objetivo 3.

OBJETIVO 3. Estructurar los aspectos técnicos, organizacionales y financieros del plan de negocio, considerando los recursos, costos y proyecciones de rentabilidad.	
FASE	METODOLOGIA
Capacidad de producción	3.1 Establecer la capacidad de producción requerida para el agronegocio, de acuerdo con el análisis de mercado potencial de abono orgánico.
Diseño organizacional	3.2 Determinar el organigrama del agronegocio basado en las condiciones técnicas, económicas y ambientales del agronegocio establecidas en el objetivo N°1, y los requerimientos del mercado establecidos en el objetivo N°2.
Estructura financiera	3.3 Formular el estado de resultados y balance general del agronegocio para los primeros 5 años de funcionamiento, teniendo en cuenta los requerimientos técnicos, económicos y ambientales, necesidades del mercado, recursos disponibles y recursos adicionales requeridos.
Proyección financiera	3.4 Establecer proyecciones de rentabilidad y otras ratios financieras, así como también metas a cumplir para los primeros 5 años de funcionamiento.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Tabla 4

Metodología objetivo 4.

OBJETIVO 4. Proponer estrategias de sostenibilidad y posicionamiento comercial que impulsen la producción y venta del humus de lombriz como alternativa sostenible.	
FASE	METODOLOGIA
Análisis de entornos interno y externo	4.1 Analizar el entorno organizacional a nivel interno como externo, empleando herramientas como matriz DOFA, matrices de evaluación de factores internos y externos, análisis PESTEL para identificar la viabilidad del agronegocio en el territorio.
Diseño de identidad organizacional	4.2 Diseñar la identidad organizacional del agronegocio donde se evidencie la innovación tecnológica del agronegocio y la propuesta de valor de un sistema productivo que aporta a la sostenibilidad y a la economía circular a través de la formulación de misión, visión y valores organizacionales.
Posicionamiento comercial	4.3 Proponer estrategias de posicionamiento comercial a través de los canales de comercialización establecidos en el objetivo N°2, estrategias de mercado y la formulación de alianzas estratégicas disponibles dentro del territorio local.
Fortalecimiento ambiental y social	4.4 Plantear estrategias para la obtención de certificaciones ambientales y de impacto social que corroboren el desarrollo sostenible del agronegocio.
Diseño de metas e indicadores	4.5 Establecer indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales para los primeros 5 años del agronegocio, de acuerdo con los elementos de identidad organizacional y las propuestas estratégicas de sostenibilidad.
Formulación de seguimiento organizacional y financiero	4.6 Establecer tiempos y metas de cumplimiento como plan de acción y seguimiento de los indicadores definidos, creando documentación de procesos a través de formatos y matrices de seguimiento.
Análisis de información final	4.7 Establecer conclusiones que evidencien la viabilidad del agronegocio de producción y comercialización humus de lombriz en el municipio de Zipaquirá para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de un sistema sostenible que contribuye al desarrollo económico local.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

RESULTADOS

Producción y uso de desechos orgánicos en el municipio de Zipaquirá

En el municipio de Zipaquirá, se generaron aproximadamente 17.885 Toneladas de residuos sólidos orgánicos durante el año 2022, de los cuales, según Becerra Sánchez (2023), cerca del 40 % fueron aprovechados en plantas de compostaje y el 5 % por técnicas artesanales, mientras que el 55 % restante fueron dispuestas en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo. La alcaldía del municipio junto con las Empresas Públicas de Zipaquirá (EPZ) dentro de sus Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) han establecido programas para el aprovechamiento de estos residuos como “Zipaquirá orgánica” donde se implementan campañas de recolección orgánica selectiva. Según EPZ durante el primer semestre del año 2025, se recolectaron aproximadamente 17.158 toneladas de residuos sólidos, donde 1.100 toneladas corresponden a residuos orgánicos dispuestos de forma selectiva (Empresas públicas de Zipaquirá, 2025).

Ilustración 1

Recolección selectiva de residuos orgánicos por EPZ.



Nota. Imagen tomada de Empresas públicas de Zipaquirá (2025).

En el municipio se promueve el uso de residuos orgánicos a través de iniciativas como la de Negocios verdes con asesoría técnica, propuesta desde el plan de desarrollo para el municipio

con el fin de fomentar el emprendimiento agrícola y pecuario, buscando la sostenibilidad, la reducción de contaminación por disposición inadecuada, la generación de insumos agrícolas de bajo costo, junto con el desarrollo de procesos productivos amigables con el medio ambiente, como lo es la producción de fertilizantes como compost, bocashi y humus de lombriz (Alcaldía de Zipaquirá, 2021; Alcaldía Municipal de Zipaquirá, 2020a; Linares Basto & Sánchez Polo, 2022).

La Secretaría de Desarrollo Rural y Ambiente del municipio lidera el proyecto Lombricompostaje que busca promover la producción circular, producciones más limpias y enfocar a la comunidad hacia la iniciativa de Negocios verdes (Bacata Stereo, 2022). Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023), encontraron durante su investigación 16 pequeños productores pertenecientes a este proyecto, donde la mayoría presentaba falencias en sus procesos productivos debido a temperaturas inadecuadas, condiciones excesivas o insuficientes de humedad y exposición de las lombrices a radiación dificultando la alimentación y reproducción de las lombrices y generando olores desagradables por la descomposición de la materia orgánica. Como solución, se propuso la implementación de dispositivos de monitoreo y control de estas condiciones de producción como innovación tecnológica de bajo costo para mejorar las condiciones de los lombricultivos.

Se eligieron a 3 de los pequeños emprendedores apoyados por la alcaldía municipal para ser entrevistados, estas personas indican que existe suficiente material orgánico para ser procesado en el municipio a través de la lombricultura con residuos orgánicos domésticos y Fruver, quienes facilitan la materia orgánica de forma gratuita. Así mismo, se deben contemplar los desechos orgánicos del matadero municipal y de la plaza de mercado municipal, pues uno de los expertos entrevistados manifestó que de este último lugar mencionado le fueron ofrecidas 7 toneladas semanales de desechos orgánicos, pero no le fue posible aceptar debido a que la asociación a la

cual pertenecía en dicho momento no contaba con la infraestructura requerida para cumplir con la capacidad de transformación (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).

Empresas dedicadas a producir fertilizantes en Zipaquirá

La Asociación Agropecuaria de Zipaquirá y Sabana Centro (ASOAGROZIS): está comprometida con la responsabilidad social, orientando el aspecto técnico y logístico de la producción y comercialización de productos agropecuarios en el municipio de Zipaquirá y Sabana Centro, fomentando el desarrollo rural de las comunidades veredales y promoviendo nuevas alternativas amigables con el medio ambiente (Croper, 2025).

Fundación Zipaquirá Suelos Verdes al Rescate (ZISVAR): se dedica a la transformación de desechos orgánicos y a la producción de hortalizas bajo invernadero (González Urrea, 2023).

Negocios Verdes las Margaritas: Este agronegocio se caracteriza por obtener abono orgánico como resultado del compostaje natural de los residuos de cosecha, utilizando la Lombriz roja Californiana como agente biológico. Se compone por una familia campesina comprometida con la agricultura sostenible en el municipio de Zipaquirá (Vitrina del Emprendimiento Rural, 2021).

Hortiorganic: Es una empresa ubicada en Zipaquirá, Cundinamarca, se dedica a la producción y comercialización de insumos agrícolas orgánicos, especialmente humus de lombriz y soluciones para el mejoramiento de suelos. Su planta está en el Km. 5 vía Zipaquirá–Nemocón y se presenta como “la evolución del agro”, enfocada en prácticas sostenibles y ecológicas (HortiOrganic, 2025).

Condiciones técnicas para producir humus en el municipio de Zipaquirá

Para definir las condiciones técnicas, económicas y ambientales para la producción de humus en el municipio de Zipaquirá, se especifican los requisitos de los procesos de precompostaje, lombricompostaje, maduración y empaque para obtener abono orgánico de forma eficiente y con la calidad requerida por el mercado (Alban Ochoa, 2024; Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023).

Precompostaje

El objetivo de este proceso es preparar los desechos orgánicos para la alimentación de las lombrices. Esta predescomposición garantiza que los residuos utilizados cumplan las condiciones necesarias para la supervivencia de las lombrices, como la temperatura, el pH y la ausencia de elementos tóxicos (Camelo Rusinque et al., 2023; Mnkeni & Mupambwa, 2023).

Con el fin de eliminar los organismos patógenos se recomienda lograr la fase termófila a través del pre-compostaje, de esta forma se reduce la tasa de mortalidad de las lombrices y el tiempo de ciclo de lombricompostaje es más corto (Kauser & Khwairakpam, 2022).

Tabla 5

Condiciones técnicas pre-compostaje.

Parámetro	Rango	Descripción	Fuente
Humedad	Entre 45 % - 60 %	Por encima de este rango se pueden atraer insectos y generar mal olor. Una baja humedad desfavorece el proceso de pre-descomposición, que ocurre gracias a la presencia de microorganismos en los desechos orgánicos.	(Camelo Rusinque et al., 2023)

Temperatura	<p>El compostaje de los desechos presenta dos rangos de temperatura en sus fases de degradación: fase mesófila inicial (T<45 °C) fase termófila (T>45°C).</p>	<p>Cuando se maneja estiércol o no es conocida la procedencia de los desechos, se recomienda que la mezcla alcance la fase termofílica (55 °C) para que se destruyan los microorganismos patógenos y se establezcan los desechos.</p>	<p>(Acosta Durán et al., 2013)</p>
Aireación	<p>Como mínimo entre 5% y 10% de concentración de oxígeno.</p>	<p>Se recomienda revolver diariamente para mantener una aireación suficiente, al no mantener esta condición se puede provocar la sustitución de microorganismos aerobios por anaerobios, retardando la descomposición y generando malos olores. El exceso de aireación puede enfriar la masa orgánica y reducir la actividad metabólica de los microorganismos debido a la desecación del alimento.</p>	<p>(Alban Ochoa, 2024; Camelo Rusinque et al., 2023)</p>
Tamaño de partícula	<p>El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.</p>	<p>Tamaños más grandes, causan exceso de aireación; y más pequeños de 5 cm facilitan la compactación del material y limita el ingreso de aire, produciéndose anaerobiosis.</p>	<p>(Alban Ochoa, 2024; Román et al., 2013)</p>
Relación carbono/nitrogeno	<p>25 – 30 : 1</p>	<p>Esta relación es importante debido a que aporta a la descomposición de los residuos, evita que se produzcan olores desagradables y permite obtener una mejor calidad del producto final.</p>	<p>(Acosta Durán et al., 2013)</p>
pH	<p>Entre 6,5 y 8,0 pH</p>	<p>En este rango se obtiene un desarrollo óptimo de las lombrices en el sustrato (reproducción y alimentación).</p>	<p>(Acosta Durán et al., 2013)</p>

Tiempo	Entre 15 a 20 días	Este tiempo favorece la reproducción y el aumento del peso promedio de la lombriz.	(Camelo Rusinque et al., 2023)
Altura de la pila	Alturas mayores a 30 cm	Para garantizar elevaciones térmicas que permitan alcanzar las fases Mesófila y termófila.	(Alban Ochoa, 2024)

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Lombricompostaje

Tabla 6

Condiciones técnicas lombricompostaje.

Parámetro	Rango	Descripción	Fuente
Humedad	Entre 70 % y 80 %	Las lombrices necesitan mantener su piel húmeda para respirar y moverse. Si se excede la cantidad de agua, las lombrices se pueden ahogar.	(Camelo Rusinque et al., 2023) (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025)
Temperatura	Entre 18 °C y 25 °C	Por debajo de este rango se retrasa el proceso de lombricompostaje y temperaturas mayores a 25 °C ponen en riesgo la supervivencia de la lombriz.	(Camelo Rusinque et al., 2023) (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025)
Aireación	Es necesario remover el material orgánico con rastrillo al menos una vez semanal	La lombriz necesita aire para el desarrollo de sus procesos metabólicos.	(Kausser & Khwairakpam, 2022; Naituku et al., 2025)

Relación carbono / nitrógeno	Valores cercanos a 30 se consideran óptimos para lombricomposta.	Si la relación C/N es muy alta, el proceso de descomposición será lento.	(Alban Ochoa, 2024)
pH	El pH óptimo para la mayoría de las lombrices se encuentra alrededor de 6,8 – 7,4.	Se recomienda un pH óptimo que favorezca la reproducción y crecimiento de la lombriz.	(Alban Ochoa, 2024; Munroe, 2007) (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025)
Pie de cría de lombriz	1 kg por m ²	Se recomienda iniciar el lombricultivo con 1 kilogramo de pie de cría por metro cuadrado en las camas.	(Alban Ochoa, 2024; Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023)
Tiempo	3 meses	En el municipio de Zipaquirá es posible obtener humus sólido al cabo de 3 meses bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.	(Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023) (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025)
Alimentación	Relación 15:1	Se recomienda alimentar las camas de lombricompost cada 15 días en relación de 1,5 Kg de sustrato para 0,1 kg de lombriz.	(Román et al., 2013)

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Maduración y almacenamiento

Tabla 7

Condiciones técnicas maduración y almacenamiento.

Parámetro	Rango	Descripción	Fuente
------------------	--------------	--------------------	---------------

Humedad	40 – 55% en maduración 30 – 40 % en empaque	El material puede utilizarse directamente en el cultivo o almacenarse en un lugar fresco y seco.	(Camelo Rusinque et al., 2023)
Temperatura	T. Ambiente <35 °C en maduración T. Ambiente 10–25°C en almacenamiento	Mantener en lugar seco y ventilado.	(Alban Ochoa, 2024)
Aireación	Mantener aireación	Para no perder los microorganismos que enriquecen el lombricompuesto.	(Camelo Rusinque et al., 2023)
Tamaño de partícula	Máximo 1 cm, preferiblemente obtener granos con diámetro ≤ 5 mm	Pasar por tamiz o zaranda donde sus orificios no sean mayores a 1 cm.	(Alban Ochoa, 2024)
Olor/color	Coloración negruzca y apariencia granulosa con olor a tierra; no se deben distinguir los materiales originales con que se preparó la mezcla.		(Alban Ochoa, 2024)
Almacenamiento	Mantener protegido del sol y la lluvia, preferiblemente sobre estibas, para que no quede en contacto con el suelo.		(Alban Ochoa, 2024)

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Construcción de camas de lombricompostaje

Tabla 8

Condiciones técnicas camas lombricultoras.

Dimensión	Descripción
Ancho	Las camas lombricultoras pueden construirse con un ancho entre 1-2 m, la medida óptima para facilitar la maniobrabilidad es de 1 m, (Sales, 2008) y (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).
Longitud	Para facilitar la operatividad del proceso se recomiendan longitudes entre 2-8 m (Alban Ochoa, 2024).
Altura	Son recomendables alturas que no superen los 60 cm, llenar hasta máximo 40 o 50 cm, Por encima de este valor puede ocasionar elevación de temperatura (Sales, 2008) y (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).

Pendiente	Depende de la forma de las camas lombricultoras, en camas con longitudes amplias se pueden tener pendientes de hasta el 5%, mientras que en camas lombricultoras cortas es recomendable una pendiente sobre el piso de entre 1 a 3 % (Alban Ochoa, 2024).
------------------	---

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Condiciones económicas para producir humus en el municipio de Zipaquirá

A continuación, se muestran los requerimientos económicos de acuerdo con los anteriores procesos mencionados. Según Román et al (2013), los costos principales para la producción de abono orgánico basado en un ejemplo práctico de producción de humus a partir de estiércol porcino son: Recolección residuo orgánico, transporte, control de parámetros, pesaje y empaçado, bolsas de polietileno, cascarilla de arroz, pala, carretilla, construcción compostera; en los 4 primeros parámetros se debe contemplar un costo por mano de obra y en el último de estos se considera una depreciación del activo correspondiente a la infraestructura.

Se propone una producción tecnificada con la cual se aporta la tecnicidad requerida en la gestión del proceso continuo de producción, por ende, se requiere contemplar otro tipo de costos operativos y de inversión aplicables a este agronegocio en específico. Teniendo en cuenta lo mencionado por Enebe & Erasmus (2023), para la infraestructura de las camas lombricultoras, se propone su construcción en madera, ya que este material presenta un bajo potencial de depreciación, bajos costes operativos, y bajo coste de adquisición.

Tabla 9

Condiciones económicas para producción tecnificada de humus.

Elemento	Observación
Terreno	Lugar donde se ejecutará el agronegocio.
Recolección residuo orgánico	Según entrevistas realizadas a productores expertos, es posible adquirir desechos orgánicos de forma gratuita de Fruver, así como también de cultivos agrícolas en el municipio (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).

Transporte residuo orgánico	Su costo dependerá de la cantidad de desechos orgánicos, ubicación de proveedores y ubicación de planta del agronegocio.
Cestillos plásticos para transportar materia orgánica	Su cantidad dependerá de los desechos orgánicos a recolectar, el tamaño propuesto es de 60 cm * 40 cm * 25 cm.
Control de parámetros	Este control dependerá de mano de obra, pero también se sule gran parte del control de parámetros a través de la innovación tecnológica con los equipos de monitoreo y control de variables.
Pesaje y empaçado	Será realizado a través de mano de obra y equipos como básculas.
Lonas de polipropileno	Empaque de producto final.
Pala, carretilla, rastrillo y otras herramientas	Herramientas requeridas para el desarrollo de las actividades dentro de la planta del agronegocio.
Construcción compostera	Compuesta en madera, preferiblemente inmunizada para retardar el proceso de descomposición y por consiguiente la depreciación de las camas lombricultoras.
Pie de cría	Según Alban Ochoa (2024), se propone iniciar lombricultivos con 1 Kg de pie de cría por m ² , pero para acelerar el proceso biológico y obtener humus al cabo de los 3 meses, se propone iniciar con al menos 6 Kg (Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023). Según los expertos entrevistados entre mayor cantidad de lombriz se tenga, se obtendrá mayor velocidad en la descomposición de los residuos orgánicos, así como una mayor reproducción de la lombriz (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).
EPP'S	Guantes de protección, botas de caucho, y otros elementos de protección requeridas para el personal que permanece en contacto directo con la materia orgánica.
Zaranda o Tamiz	Tamizado de producto final.
Equipo de monitoreo y control de temperatura y humedad	Sensores de temperatura y humedad, actuadores como equipos de riego, entre otros según necesidad de producción.
Energía eléctrica	Requerida para la alimentación de los equipos de monitoreo, control y otros equipos necesarios durante el proceso productivo.
Agua	Lluvia y lixiviado preferiblemente para reducir costos operativos y evitar al máximo contaminación de agua de fuentes hídricas.
Polietileno negro	Mantener radiación a 0%.
Caneca	Recolección lixiviados.
Sensor de pH	Requerido para dar un mayor seguimiento al estado de la materia orgánica durante los procesos de precompostaje, lombricompostaje, maduración y empaque.
Certificaciones	Certificaciones ambientales y de impacto social que corroboren el desarrollo sostenible del agronegocio.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Condiciones ambientales para producir humus en el municipio de Zipaquirá

De acuerdo con la información propuesta en la [tabla 9](#) (*Condiciones económicas para producción tecnificada de humus*), se tiene que las principales condiciones ambientales son:

Tabla 10

Condiciones ambientales para producción tecnificada de humus.

Aspecto	Descripción
Disponibilidad y calidad de los recursos naturales	Disponibilidad de agua, aire, energía eléctrica, lombriz roja Californiana.
Gestión de residuos orgánicos y sus emisiones	Olores y lixiviados.
Normatividad ambiental	Cumplimiento de la normatividad vigente a nivel nacional.
Condiciones climáticas	Temperatura, humedad, lluvias en el territorio.
Impacto ecológico	Aporte a la reducción de huella de carbono, uso eficiente de energía.
Aceptación social	Generación de empleos, percepción de olores, alianzas estratégicas con la comunidad para disposición de residuos orgánicos.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Demanda de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá

Al igual que a nivel nacional, actualmente no existe información precisa sobre la demanda de abonos orgánicos en el municipio de Zipaquirá. Sin embargo, se evidencia la creciente necesidad de emplear estos fertilizantes en los cultivos de papa, alverja, zanahoria, hortalizas y flores, teniendo en cuenta que son las principales actividades agrícolas del municipio (Alcaldía municipal de Zipaquirá, 2020). Lombo Celis & Mancipe Herrera (2021) señalan que, en el cultivo de papa, se deberían emplear abono y semillas orgánicas para reducir precios al consumidor final y disminuir impactos ambientales. Arias López et al (2023), apoya esta idea indicando que el costo de los fertilizantes constituye el 35 % de los costos totales de la producción agrícola. A pesar de que insumos como la urea son económicos, su uso indebido genera impactos en el suelo como

aumento en la concentración de nitratos en agua subterránea y superficial, al igual que reducción en la productividad de los cultivos (Lombo Celis & Mancipe Herrera, 2021).

Mercado potencial de abono orgánico en el municipio de Zipaquirá

Se estima el mercado potencial de forma indirecta con base en los requerimientos de humus de lombriz de los principales cultivos tradicionales y su producción anual.

Requerimientos de humus de lombriz

Tabla 11

Dosificación de humus para cultivos tradicionales de Zipaquirá

Cultivo	Dosificación	Fuente
Papa	0,5 kg/planta	(Celinda et al., 2022; HortiOrganic, 2025a)
Alverja	4 ton/ha	(Cremeneac & Boclaci, 2018)
Zanahoria	25 ton/ha	(Cofre Santos & Saltos Espín, 2018)
Hortalizas	4 kg/planta	(Jaramillo Villarreal, 2023)
Flores	30 g/planta	(Oliver Bocarando, 2021)

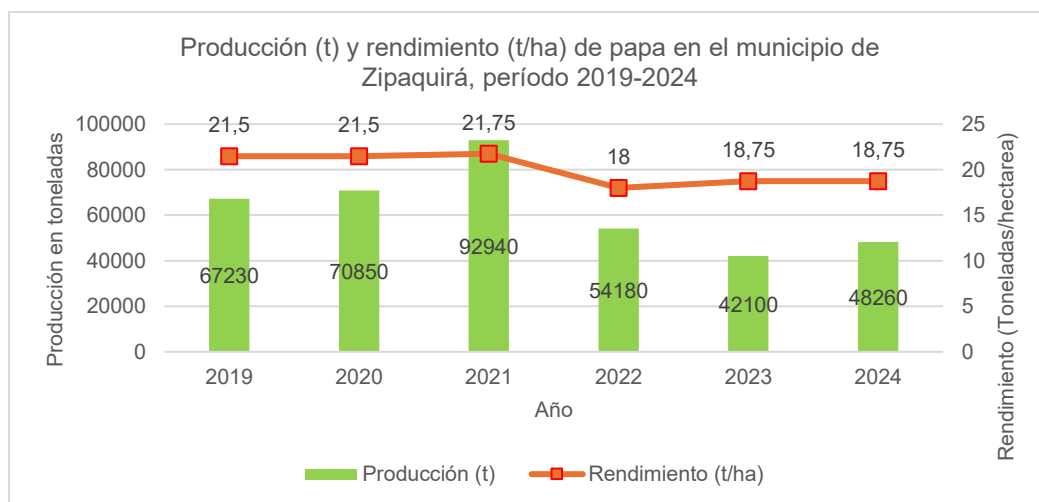
Nota. Datos obtenidos de estudios sobre rendimiento de cultivos desarrollados por los autores mencionados en la tabla.

Producción anual de cultivos tradicionales en el municipio de Zipaquirá

Para los cultivos de papa, arveja y zanahoria se obtienen los resultados reportados por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2025).

Ilustración 2

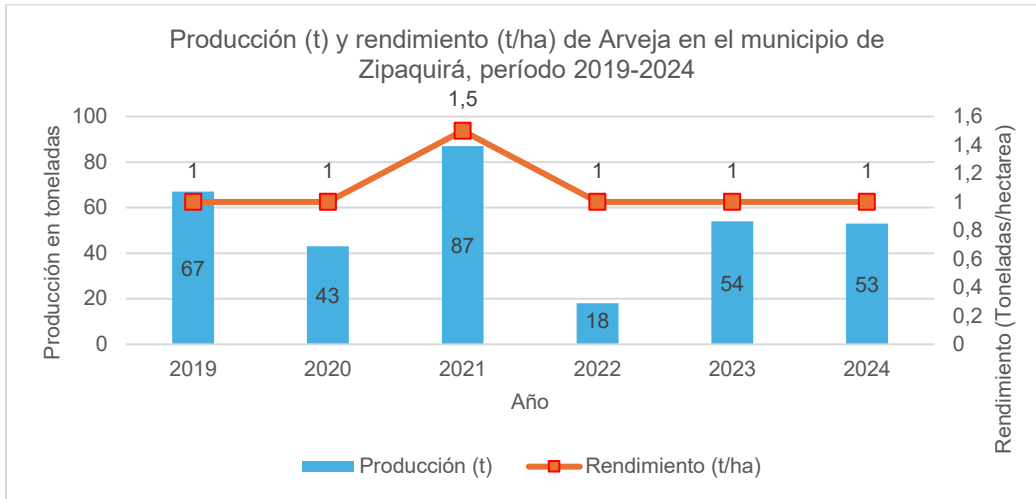
Producción y rendimiento de papa en Zipaquirá (2019-2024).



Nota. Datos tomados de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2025).

Ilustración 3

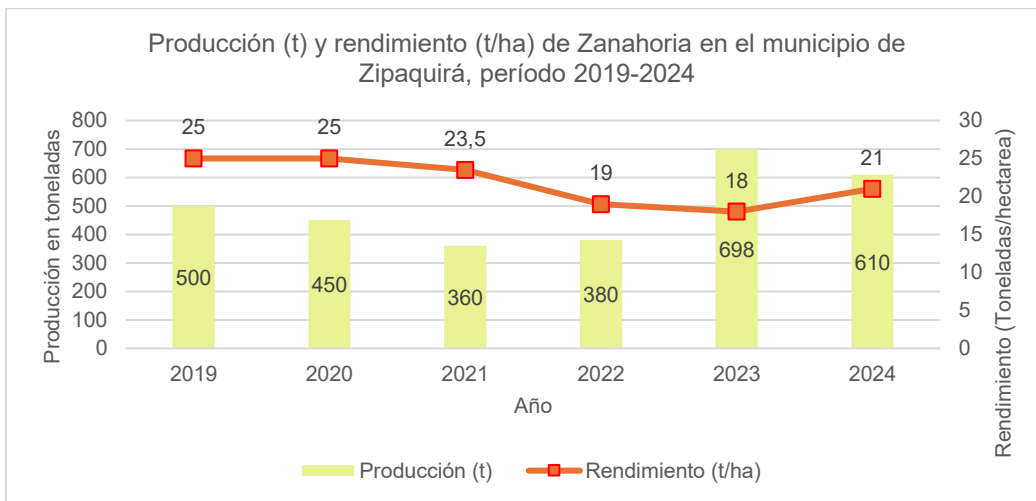
Producción y rendimiento de arveja en Zipaquirá (2019-2024).



Nota. Datos tomados de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2025).

Ilustración 4

Producción y rendimiento de zanahoria en Zipaquirá (2019-2024).



Nota. Datos tomados de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2025).

Se determina la cantidad de hectáreas cultivadas en el municipio de Zipaquirá durante los años 2019 a 2024. Se toma como referencia el promedio de los años 2022 a 2024 para estimar la

producción de estos cultivos en los últimos años, debido a que se empiezan a estabilizar los mercados luego de las afectaciones de la pandemia del año 2020 en el país.

Tabla 12

Cultivos de papa, arveja y zanahoria en Zipaquirá (2019-2024).

Año	Papa (Ha)	Arveja (Ha)	Zanahoria (Ha)
2019	3126,98	67,00	20,00
2020	3295,35	43,00	18,00
2021	4273,10	58,00	15,32
2022	3010,00	18,00	20,00
2023	2245,33	54,00	38,78
2024	2573,87	53,00	29,05
Promedio (2022-2024)	2609,73	41,67	29,28

Nota. La tabla muestra la cantidad de hectáreas cultivadas de papa, arveja y zanahoria en el periodo 2019 a 2024. Datos tomados de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2025).

Papa

Según el Ministerio de Agricultura y Riego Perú (2020), la densidad de plantas por hectárea es de aproximadamente 42.500 plantas/ha (promedio). Al cultivar en el periodo 2022-2024 2609,73 hectáreas, el estimado de plantas anualmente es de 110.913.667, requiriendo un aproximado de 55.456,83 Ton de humus/año según la dosificación recomendada en la [tabla 11](#).

Arveja

El estimado de toneladas requeridas por año es de 166,67 Ton.

Zanahoria

El estimado de toneladas requeridas por año es de 731,88 Ton.

Hortalizas

Los principales productores de hortalizas en el municipio de Zipaquirá son: Hortifresco Villa Leovi SAS, Arenaca SAS, Albiverde SAS, Solbides SAS y T&M Fresh Gourmet SAS; donde

la empresa más grande es Hortifresco que cuenta con 4,2 hectáreas de cultivo bajo invernadero y 2,5 hectáreas de cultivo a campo abierto para un total de 6,7 hectáreas; de las demás compañías no se tiene información de producción o áreas cultivables (Rojas Aragón et al., 2020).

En Hortifresco se podrían llegar a plantar aproximadamente 134.000 plantas de tomate al año según densidad de plantación contemplada por Jaramillo Villarreal (2023), con 2 ciclos de producción de 18 semanas cada uno, esto da como resultado un requerimiento de humus de 536 Ton anualmente.

Flores

Se cuenta con empresas como Flores el Pandero dedicada a la producción de *Gypsophila*; Flores el Olivo y Flores Anto dedicadas al cultivo de flor de corte y Flores El Tandil dedicada a la producción y comercialización de rosas de exportación. En este caso, solamente se cuenta con información de las áreas productivas de Flores El Tandil gracias al trabajo realizado por Cardenas Calderon (2025), quien menciona que se distribuyen de la siguiente forma: 14,7 Ha en cultivo de rosas, 1,17 Ha en área de propagación, 0,3 Ha en introducción de nuevas variedades y 1,13 Ha en cultivo de *Hypericum* para un total de 17,3 Ha.

Se contempla densidad de plantación de 4 plantas por m², con dos temporadas al año según información sugerida por Cardenas Calderon (2005). En total se podrían llegar a cultivar 1.384.000 plantas que presentarían un requerimiento anual de 41,52 Toneladas.

Tabla 13

Requerimiento anual de humus de lombriz según área cultivada.

Cultivo	Toneladas humus requerido
Papa	55456,83
Arveja	166,67
Zanahoria	731,88
Hortalizas	536,00

Flores	41,52
Total	56932,90

Nota. Tabla elaborada por el autor, se tiene este resultado suponiendo que la totalidad de producción de estos cultivos sea orgánica.

El municipio de Zipaquirá no presenta en su totalidad producción orgánica, pero si ha incrementado este tipo de agricultura gracias a la tendencia de los consumidores hacia productos saludables y amigables con el medio ambiente; se estima el requerimiento real de abono orgánico basado en la información del análisis de impacto normativo completo sobre la producción y comercialización de productos orgánicos certificados en Colombia dispuesto por el Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural (2024) donde se proyectan las siguientes áreas de producción orgánica certificada.

Tabla 14

Área de producción orgánica certificada en Colombia.

Año	2020 (referencia)	2023	2024	2025	2026	2027
Ha proyectadas (Ha)	50532,76	51038	52059	53621	55765	58554

Nota. Tomado del análisis de impacto normativo completo sobre la producción y comercialización de productos orgánicos certificados en Colombia dispuesto por el Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural (2024).

Teniendo en cuenta que el total del área agrícola cultivada en Colombia era de aproximadamente 4.617.116 hectáreas en 2019, estas proyecciones de producción orgánica certificada componen el siguiente porcentaje para los años 2023-2027.

Tabla 15

Participación de producción orgánica certificada en Colombia.

Año	2020 (referencia)	2023	2024	2025	2026	2027
Porcentaje de participación (%)	1,09	1,11	1,13	1,16	1,21	1,27

Nota. La tabla muestra el porcentaje de participación estimado para los años 2023-2027, se calcula el cociente entre el área de producción orgánica certificada en Colombia establecida por el Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural sobre la totalidad de área agrícola cultivada en Colombia en 2019. Tabla elaborada por el autor.

Al escalar este comportamiento nacional de la producción orgánica certificada al municipio de Zipaquirá, se tiene que se requieren las siguientes cantidades de humus de lombriz roja Californiana en los años 2023-2027.

Valor base: 56932,90 Ton ([Tabla 13](#))

Tabla 16

Mercado potencial de abono orgánico en Zipaquirá.

Año	2023	2024	2025	2026	2027
Toneladas de humus requeridas	629,34	641,93	661,19	687,63	722,02

Nota. La tabla presenta la cantidad de humus requerido anualmente en el municipio de Zipaquirá, ajustada en escala al comportamiento nacional de la producción orgánica certificada en Colombia, según lo expuesto en la [tabla 15](#). Tabla elaborada por el autor.

Oferta y niveles de producción de abono orgánico en Zipaquirá

En el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca), a pesar de contar con apoyos por parte de entidades gubernamentales, no se genera el nivel de producción esperado debido a prácticas inadecuadas en los procesos productivos; en algunos casos no se logra ni si quiera suplir la demanda de las fincas donde se produce el abono orgánico puesto que la producción llega a ser nula (Cano Fonseca & Carranza Cabra, 2023; Hernández Márquez & Cano Fonseca, 2022).

Dentro de las compañías que actualmente ofrecen abono orgánico a gran escala en el municipio, solamente se cuenta con la empresa HortiOrganic. Esta entidad indica a través de sus informes de gestión de 2022, 2023 y 2024 que han transformado en abono orgánico

aproximadamente 20.000 Toneladas/año de desechos orgánicos agroindustriales de sectores como: bebidas alcohólicas, lácteos, equinaza (establos), entre otros, provenientes de Cajicá, Cogua, Sopó, Tocancipá y principalmente Zipaquirá (Arias López et al., 2023; HortiOrganic, 2023, 2024). Esta compañía establece que durante el año 2022 produjo aproximadamente 2.170 toneladas de humus de lombriz para venta al mercado nacional y 484 toneladas para exportación, su capacidad máxima de producción de 5.100 toneladas/año (Arias López et al., 2023).

Los demás emprendimientos relacionados con la producción de abono orgánico en el municipio no establecen el nivel de producción. Los expertos entrevistados mencionan que en su mayoría la producción de abono orgánico se consume dentro de las fincas propias para fertilización de cultivos tanto en pradera, como en huerta casera, incrementar el pie de cría, y muy poca producción tiene la finalidad de venta a terceros, solamente uno de ellos comercializa humus indicando que produce aproximadamente 10 Toneladas por trimestre (40 toneladas anuales) (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).

Se estima que la producción total de humus de Lombriz roja Californiana en el municipio se compone de aproximadamente 5 productores medianos como el experto entrevistado, y del productor a gran escala HortiOrganic.

Tabla 17

Producción estimada humus de lombriz roja Californiana en Zipaquirá.

Productor	Toneladas
Hortiorganic	2.170
Pequeños y medianos emprendimientos	200
Total	2.370

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Precio de venta de humus de lombriz en el municipio de Zipaquirá

Los precios de venta de humus de lombriz roja Californiana en el municipio son:

Tabla 18

Precio de venta de principales productores de humus en Zipaquirá.

Empresa	Precio por 1kg	Precio por 50 kg
HortiOrganic	No aplica	\$ 58.000
Negocios Verdes las Margaritas	\$ 3.500	No aplica
Experto entrevistado 3	\$ 5.000	\$ 50.000
Vendedores en Línea (Lombritenjo)	\$ 5.000	\$ 35.000
Vendedores en línea (Confiabonos)	\$ 4.000	\$ 60.000

Nota. Tabla elaborada por el autor. El principal productor en el municipio es HortiOrganic, seguido de emprendimientos como Negocios Verdes las Margaritas y los pequeños productores apoyados por la Secretaría de Desarrollo Rural y Ambiente como el experto entrevistado 3. Por otro lado, los productores agrícolas del municipio también tienen acceso a vendedores de humus de otros municipios y ciudades aledañas a través de compras en línea.

Comparación de canales de comercialización

De acuerdo con la comparación de canales de comercialización utilizados actualmente por los productores de humus en el municipio de Zipaquirá (anexo b. [Canales de comercialización de productores de humus en Zipaquirá](#)), se identifican las siguientes oportunidades para el agronegocio dentro de estos canales de comercialización:

Canales de comercialización aprovechables por el agronegocio

Tabla 19

Canales de comercialización agronegocio de producción tecnificada.

Tipo de canal	Descripción
Venta directa en planta de producción	La producción será tecnificada, lo que garantiza tener mejores condiciones productivas y estandarización del producto obtenido. Se deben realizar estudios con diferentes productos para establecer la dosis requerida para cultivos según concentración real de nutrientes en el abono orgánico, esta trazabilidad genera confianza en el cliente.
Distribuidores agropecuarios	Diseñar la imagen empresarial de forma que sea atractiva para los clientes, colocar la información sobre el producto en los empaques, sus beneficios y datos que muestren al cliente la trazabilidad que se le realiza al producto

	<p>mediante la innovación tecnológica; ubicar este producto en tiendas agropecuarias locales.</p>
Plataformas digitales	<p>Innovar con venta digital personalizada, puede ser a través de plataformas de agro insumos y/o de agricultura sostenible pero que permitan la comunicación directa entre vendedor-comprador con el fin de obtener cercanía con los clientes y se brinde mayor confianza a través de la trazabilidad del envío.</p>
Retail (venta minorista)	<p>Ejecución de rutas estratégicas de forma periódica para las ventas minoristas (suscriptores), organizando clientes y otros actores de la cadena productiva como proveedores, con el fin de que sea eficiente el proceso logístico, evitando envíos por compras demasiado pequeñas (ejemplo, 1 cliente adquirió 1 Kg, vive a 1 km de la planta).</p>
Certificaciones y sellos verdes	<p>Inversión en certificaciones de productos orgánicos y negocios verdes, así mismo de sostenibilidad que den valor agregado al producto y permitan acceder a mercado premium de humus de lombriz roja Californiana.</p>
Alianzas institucionales	<p>Generar alianzas estratégicas con otros productores pequeños y medianos que tengan el mismo enfoque hacia la sostenibilidad y producto de calidad con el fin de acceder a ventas de mayor escala sin poner en riesgo la imagen del agronegocio.</p> <p>Aprovechar proyectos de la alcaldía para ofrecer el abono orgánico a emprendimientos como huertas caseras y otros pertenecientes a la iniciativa de Negocios Verdes.</p> <p>Alianzas con instituciones educativas para mostrar el producto orgánico, así como la innovación tecnológica implementada, con el fin de fomentar la producción agrícola en el municipio.</p>
Alianzas con asociaciones/cooperativas	<p>Generar alianzas con proveedores y clientes que busquen promover la sostenibilidad y la economía circular en el territorio, esto permite reducir costos de producción, obtener cadenas productivas más limpias y generación de empleo.</p>
Ferias campesinas y mercados locales	<p>Participar en este tipo de mercados, aprovechando la visibilidad para mostrar la innovación tecnológica en el proceso productivo y educar al cliente sobre los beneficios de adquirir fertilizantes orgánicos.</p>
Exportación o venta a empresas certificadas	<p>A mediano o largo plazo, dependiendo del crecimiento del agronegocio y de que el volumen de producción sea suficiente para cubrir costos de exportación.</p>

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Otras estrategias de mercadeo

Emplear mercadeo sobre contenido digital agroecológico como videos e infografías, donde se muestren los beneficios del producto y la producción que se lleva a cabo con ayuda de la innovación tecnológica.

Establecer alianzas con productores de alimentos orgánicos innovadores en la región como arándanos, orellanas y otros alimentos no tradicionales, con el fin de evidenciar a los clientes y demás comunidad del municipio las ventajas que ofrece la producción orgánica frente a la producción convencional.

Ubicar en los empaques del producto links o códigos QR que dirijan a los interesados a la página del agronegocio, donde se muestre el proceso operativo desde que se reciben los desechos orgánicos hasta la obtención de producto final, generando nuevas experiencias y expectativas a los consumidores.

Crear programas de fidelización para clientes pequeños y medianos, como viveros y huertas urbanas que buscan soluciones orgánicas a menor costo.

Aspectos técnicos, organizacionales y financieros***Capacidad de producción del agronegocio***

Debido a que el mercado en el municipio de Zipaquirá ya se suple con medianos productores como el experto entrevistado y el gran productor HortiOrganic con estimaciones de aproximadamente 2.370 Toneladas de humus de lombriz roja Californiana disponibles para venta nacional, mientras que la demanda se estima que supera apenas las 600 Toneladas al año, la producción debería ser de 0 Toneladas ya que el mercado local ya se encuentra saturado con la oferta. Se continua con la estimación de una capacidad productiva que pueda suplir los requerimientos de otras partes del país, teniendo en cuenta que, según la Bolsa Mercantil de

Colombia (2024), la producción de abonos orgánicos no alcanza a cubrir ni una cuarta parte de las necesidades del país a pesar de su potencial para contribuir en la reducción de carbono en el sector agrícola; esto se debe principalmente a la fabricación artesanal que se lleva y a la falta de conocimiento sobre su uso.

Se procede a realizar análisis de la capacidad productiva de 1 operario basado en los tiempos que requieren las camas lombricultoras; también se contempla que la jornada laboral pasará a ser de 42 horas semanales en 2026, contando con 52 semanas al año se tendría un total de 2.184 horas disponibles por operario. Como se evidencia en la [ilustración 5](#), las actividades que más ocupan al operario son: Selección y triturado de desechos orgánicos, mantener aireación de pre-compostaje, alimentación de lombricultivos, separación de lombrices de sustrato para secado de humus, tamizado, empaque, pesado y sellado de producto final.

Se estima que el operario puede realizar estas actividades con la siguiente capacidad:

Tabla 20

Capacidad productiva por operario.

Proceso	Capacidad Kg/hora
Seleccionar y Triturar	300
Airear pre-compostaje	500
Separación humus-lombrices	350
Tamizar	350
Empaque, pesado y sellado	250

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Ilustración 5

Flujo de producción de humus de lombriz roja Californiana.



Nota. Flujo de producción diseñado por el autor, imágenes tomadas de Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023).

Según Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023), la cantidad de desechos orgánicos pre-compostados requeridos para alimentar una cama de 1 m² es de 244 Kg, de los cuales se obtienen 280 Kg de humus que al secar y tamizar se reduce a 124 Kg con 11,36 Kg de desperdicio. Con esta información se establece que cada cama lombricultora de 1 m² toma aproximadamente los siguientes tiempos:

Tabla 21

Tiempo de proceso en cama lombricultora de 1 m².

Proceso	Horas
Seleccionar y Triturar	0,81
Airear pre-compostaje	1,46
Separación humus-lombrices	0,8
Tamizar	0,8
Empaque, pesado y sellado	0,496
Demás procesos	1
Total	5,37

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Cada operario podría atender máximo 406 camas lombricultoras, se tiene en cuenta esta información para las proyecciones financieras pues de este valor depende el costo de mano de obra y cantidad de operarios a contratar.

El precio de venta estimado es de \$58.000, con el fin de que sea competitivo con otros ofertantes del mercado. Se toma en cuenta la productividad de desechos orgánicos pre-compostados para ser convertidos en humus seco y tamizado listo para empacar de 50,82 % establecida por Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023). El nivel de producción establecido para cada uno de los 5 años proyectados es el siguiente. Cabe aclarar que se toma una postura conservadora estimando un crecimiento del índice de precios al consumidor (IPC) del 3% para establecer el incremento anual del precio de los bultos de abono orgánico.

Tabla 22

Estimación de producción del agronegocio.

	Año				
	1	2	3	4	5
Camas lombricultoras	264	300	360	360	396
Desechos orgánicos pre-compostados a procesar	257,67	292,80	351,36	351,36	386,50

Toneladas de humus obtenido	109,12	148,8	178,56	178,56	196,42
Bultos por comercializar	2.182	2.976	3.571	3.571	3.929
Ingresos por venta	\$ 126.556.000	\$ 177.786.240	\$ 219.731.486	\$ 226.323.431	\$ 256.483.199

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Los costos de personal a contratar, certificaciones y depreciación de elementos se encuentra en el anexo:

b. Costos de personal, certificaciones y depreciación

Dentro de los costos de mano de obra se estiman costos de 1 operario encargado, donde el incremento anual estimado es de 10 % de acuerdo con el promedio de cifras históricas 2020-2025 (salariminimocolombia.info, 2026).

De acuerdo con la información de personal a emplear durante los 5 primeros años de funcionamiento del agronegocio, se tiene la siguiente estructura organizacional:

Estructura organizacional del agronegocio

Ilustración 6

Estructura organizacional del agronegocio.



Nota. Imagen propia del autor.

Los perfiles y funciones del personal a contratar se encuentran en el anexo:

c. Análisis de la contratación de personal en el agronegocio.

Debido a que el nivel de producción no es lo suficientemente alto para contemplar pagos por personal administrativo propio de la empresa, se tiene personal tercerizado como el contador, costos de software contable para facturar de forma electrónica.

Se contemplan costos de registro, revisión técnica documental y visitas de verificación según tarifas establecidas por el ICA (anexo c) con el fin de acceder a mercados formales a nivel nacional (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2025). Se proyecta adquirir otras certificaciones como la de Negocios Verdes de la CAR o Sociedades BIC en años posteriores cuando el nivel de producción sea más elevado, puesto que, aunque no presentan costos por obtener la certificación, si exige inversión interna para cumplir los criterios establecidos de sostenibilidad y documentación.

En la tabla 23, se muestra la proyección del estado de resultados para los primeros 5 años de funcionamiento del agronegocio, durante los primeros 10 años de funcionamiento del agronegocio se contempla no realizar pagos por impuesto a la renta debido a que se busca acceder a incentivo tributario de rentas exentas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que aplica a proyectos establecidos como inversión que incrementan la productividad en el sector agropecuario (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, 2020).

Estados financieros

Tabla 23

Proyección de estado de resultados.

Estado de Resultados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total ingreso operativo	\$ 126.556.000	\$ 177.786.240	\$ 219.731.486	\$ 226.323.431	\$ 256.483.199
Ingresos netos por ventas	\$ 126.556.000	\$ 177.786.240	\$ 219.731.486	\$ 226.323.431	\$ 256.483.199
Costo de operación	\$ 65.910.297	\$ 78.472.621	\$ 90.977.669	\$ 95.918.388	\$ 105.794.281

Desechos orgánicos (gratuito)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Transporte materia prima	\$ 17.177.600	\$ 24.126.720	\$ 29.795.328	\$ 30.638.592	\$ 34.630.042
Agua	\$ 494.208	\$ 578.448	\$ 714.355	\$ 734.573	\$ 830.269
Energía eléctrica	\$ 11.206.311	\$ 13.116.477	\$ 16.198.213	\$ 16.656.653	\$ 18.826.602
Internet por mes	\$ 360.000	\$ 370.800	\$ 381.600	\$ 392.400	\$ 403.200
Mano de obra	\$ 35.826.172	\$ 39.408.789	\$ 42.991.407	\$ 46.574.024	\$ 50.156.641
EPP'S	\$ 846.006	\$ 871.386	\$ 896.766	\$ 922.147	\$ 947.527
Utilidad bruta	\$ 60.645.703	\$ 99.313.619	\$ 128.753.817	\$ 130.405.043	\$ 150.688.917
Gastos de venta y distribución	\$ 18.983.400	\$ 17.778.624	\$ 21.973.149	\$ 22.632.343	\$ 25.648.320
Gastos administrativos	\$ 14.546.285	\$ 17.455.542	\$ 23.274.057	\$ 29.092.571	\$ 43.638.856
Gastos de depreciación, amortización y deterioro	\$ 23.332.489	\$ 26.018.269	\$ 30.494.569	\$ 30.494.569	\$ 33.180.349
Utilidad operativa (EBIT)	\$ 3.783.529	\$ 38.061.184	\$ 53.012.043	\$ 48.185.560	\$ 48.221.393
Resultado financiero	\$ 0	\$ 14.900.000	\$ 14.800.000	\$ 14.700.000	\$ 14.600.000
Intereses de financiamiento		\$ 14.900.000	\$ 14.800.000	\$ 14.700.000	\$ 14.600.000
Utilidad antes de impuestos	\$ 3.783.529	\$ 23.161.184	\$ 38.212.043	\$ 33.485.560	\$ 33.621.393
Impuesto a la renta (35%)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Utilidad después de impuestos	\$ 3.783.529	\$ 23.161.184	\$ 38.212.043	\$ 33.485.560	\$ 33.621.393
Ganancia (Pérdida) Neta	\$ 3.783.529	\$ 23.161.184	\$ 38.212.043	\$ 33.485.560	\$ 33.621.393

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Dentro de los gastos de venta y distribución se contempla el arriendo de local comercial para la venta del abono orgánico, así como el transporte desde la planta de producción hasta este lugar. Los intereses de financiamiento corresponden a préstamo contemplado a 10 años con Banco Agrario de Colombia a través de líneas de financiación de FINAGRO que permitan un año de gracia al ser un proyecto de inversión agropecuaria. Los gastos de depreciación, amortización y deterioro se establecen a través del método lineal teniendo en cuenta los valores iniciales de los activos y sus correspondientes años de vida útil; la pérdida de valor de estos activos se visualiza en el balance general.

El terreno, al contrario de los demás activos, adquiere valor anualmente debido a la valorización de finca raíz estimada del 4 % según promedio 2020-2022 en Colombia (ÉPICA

INMOBILIARIA, 2023). Los inventarios incrementan su valor anualmente debido al incremento de la producción lo que requiere mayor cantidad de lonas de empaque, costales de trapeo para separar las lombrices del sustrato y lombrices (Pie de cría que adicionalmente se incrementa debido a la reproducción),

Tabla 24

Proyección de balance general.

Balance General	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activos Totales	\$ 362.772.811	\$ 376.445.989	\$ 408.867.444	\$ 389.274.914	\$ 398.783.094
Activos no corrientes	\$ 276.965.611	\$ 274.298.093	\$ 283.892.924	\$ 257.897.812	\$ 255.888.540
Propiedad, planta y equipo	\$ 272.448.051	\$ 272.310.923	\$ 282.169.094	\$ 256.437.322	\$ 253.374.690
Terreno	\$ 104.000.000	\$ 108.160.000	\$ 112.486.400	\$ 116.985.856	\$ 121.665.290
Dispositivo de monitoreo y control	\$ 31.680.000	\$ 28.080.000	\$ 26.280.000	\$ 15.480.000	\$ 9.000.000
Camas lombricultoras	\$ 105.981.480	\$ 108.657.780	\$ 119.362.980	\$ 103.305.180	\$ 101.699.400
Equipos de trabajo (Báscula y sensor de pH)	\$ 276.000	\$ 207.000	\$ 138.000	\$ 69.000	\$ 345.000
Equipos de computo	\$ 3.428.571	\$ 2.857.143	\$ 2.285.714	\$ 1.714.286	\$ 4.000.000
Selladora de sacos de polipropileno	\$ 412.000	\$ 309.000	\$ 206.000	\$ 103.000	\$ 515.000
Trituradora	\$ 8.670.000	\$ 8.040.000	\$ 7.410.000	\$ 6.780.000	\$ 6.150.000
Cribadora	\$ 18.000.000	\$ 16.000.000	\$ 14.000.000	\$ 12.000.000	\$ 10.000.000
Otros activos no corrientes	\$ 4.517.560	\$ 1.987.170	\$ 1.723.830	\$ 1.460.490	\$ 2.513.850
Herramientas	\$ 1.053.360	\$ 790.020	\$ 526.680	\$ 263.340	\$ 1.316.700
Certificaciones (ICA, BIC, CAR)	\$ 3.464.200	\$ 1.197.150	\$ 1.197.150	\$ 1.197.150	\$ 1.197.150
Activos Corrientes	\$ 85.807.200	\$ 102.147.896	\$ 124.974.519	\$ 131.377.103	\$ 142.894.554
Inventarios	\$ 80.784.000	\$ 92.124.000	\$ 110.937.600	\$ 111.326.400	\$ 122.886.720
Pie de cría	\$ 71.280.000	\$ 81.000.000	\$ 97.200.000	\$ 97.200.000	\$ 106.920.000
Costales para trapeo	\$ 4.224.000	\$ 4.944.000	\$ 6.105.600	\$ 6.278.400	\$ 7.096.320
Lonas de polipropileno	\$ 5.280.000	\$ 6.180.000	\$ 7.632.000	\$ 7.848.000	\$ 8.870.400
Activos financieros de corto plazo (pdto final)	\$ 23.200	\$ 23.896	\$ 36.919	\$ 50.703	\$ 7.834
Efectivo o Equivalentes	\$ 5.000.000	\$ 10.000.000	\$ 14.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
Total de patrimonio y pasivos	\$ 362.772.811	\$ 376.445.989	\$ 408.867.444	\$ 389.274.915	\$ 398.783.094
Total de patrimonio	\$ 227.772.811	\$ 250.933.995	\$ 289.146.039	\$ 322.631.599	\$ 356.252.992

Patrimonio neto atribuible a los propietarios	\$ 227.772.811	\$ 250.933.995	\$ 289.146.039	\$ 322.631.599	\$ 356.252.992
Capital Suscrito	\$ 223.989.282	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ganancia o Pérdida del Periodo	\$ 3.783.529	\$ 23.161.184	\$ 38.212.043	\$ 33.485.560	\$ 33.621.393
Pasivos Totales	\$ 135.000.000	\$ 125.511.994	\$ 119.721.405	\$ 66.643.316	\$ 42.530.102
Pasivos no corrientes	\$ 130.000.000	\$ 120.011.994	\$ 114.121.405	\$ 60.943.316	\$ 36.730.102
Otros pasivos no corrientes	\$ 130.000.000	\$ 120.011.994	\$ 114.121.405	\$ 60.943.316	\$ 36.730.102
Pasivos Corrientes	\$ 5.000.000	\$ 5.500.000	\$ 5.600.000	\$ 5.700.000	\$ 5.800.000
Comerciales y otras cuentas a pagar	\$ 5.000.000	\$ 5.500.000	\$ 5.600.000	\$ 5.700.000	\$ 5.800.000
Cuentas Comerciales por pagar	\$ 0	\$ 5.500.000	\$ 5.600.000	\$ 5.700.000	\$ 5.800.000
Otras cuentas por pagar corrientes	\$ 5.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

Nota. Tabla elaborada por el autor.

En cuanto al patrimonio se contemplan opciones de adquirir capital semilla a partir de financiamiento inicial como el que provee Fondo Emprender con opciones de participar en convocatorias como Crea tu futuro, Emprendimiento Verde o Jóvenes emprendedores donde se llegan a otorgar hasta 70 SMMLV siempre que se cumplan los requisitos mencionados, el restante de capital suscrito del primer año se adquiere a partir de los accionistas del agronegocio.

Los pasivos no corrientes del agronegocio corresponden al préstamo anteriormente mencionado por un valor estimado de 130 millones de pesos con plazo de pago a 10 años; en los años iniciales no se contemplan dividendos, por lo tanto, se realizarán abonos adicionales a capital de este crédito con el fin de fortalecer la estructura financiera del agronegocio en el menor tiempo posible reduciendo la dependencia de deuda externa.

Los pasivos corrientes del año 1 corresponden a créditos a corto plazo, mientras que los del año 2 en adelante corresponden a los pagos a capital que se realizan como cuota del préstamo a largo plazo.

Indicadores financieros

A continuación, se muestran los indicadores de rentabilidad y otras ratios financieras proyectados para los primeros 5 años de funcionamiento:

Tabla 25

Indicadores de rentabilidad.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Retorno sobre inversión (ROI)	1,04%	10,11%	12,97%	12,38%	12,09%
Retorno sobre patrimonio (ROE)	1,66%	9,23%	13,22%	10,38%	9,44%
Retorno sobre activos (ROA)	7,47%	17,02%	20,42%	20,21%	20,41%

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Se logran estos valores debido a que la materia prima principal (desechos orgánicos) se buscan con coste cero, como lo mencionaron los expertos entrevistados son recolectados de fruvers o de Empresas Públicas de Zipaquirá (G. Espitia, C. Martínez & P. Bernal, comunicación personal, 8 de octubre de 2025).

Tabla 26

Ratios financieros.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ratio de liquidez	17,16	18,57	22,32	23,05	24,64
Test Ácido	17,16	18,57	22,31	23,04	24,64
Ratio de endeudamiento	0,59	0,50	0,41	0,21	0,12
Ratio de autonomía	0,63	0,67	0,71	0,83	0,89
Ratio de garantía	2,69	3,00	3,42	5,84	9,38

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Tasa interna de retorno (TIR) y valor presente neto (VPN o VAN)

Recordando que la TIR se define como la tasa de interés que hace que el valor actual neto (VAN o VPN) de los flujos de caja sea igual a cero, se calcula este valor de acuerdo con los flujos de caja de los diferentes años proyectados (0 a 5 años) obteniendo un valor de -23.87%.

Tabla 27

Flujo de efectivo del agronegocio.

	Flujo de efectivo (Utilidad neta)
Año 0 (inversión)	-\$ 362.772.811
Año 1	\$ 3.783.529
Año 2	\$ 23.161.184
Año 3	\$ 38.212.043
Año 4	\$ 33.485.560
Año 5	\$ 33.621.393

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Teniendo en cuenta que el Departamento Nacional de Planeación definió en la resolución 1092 del 20 de abril de 2022 una tasa de descuento del 9 % efectiva anual para proyectos de inversión del sector público; que otras posibles inversiones de bajo riesgo como CDT (Certificado de Depósito a Término) brindan tasas de interés de hasta 11 % o 12 % efectiva anual, y que casos de estudio de valoración de proyectos agrícolas como el realizado por González Giraldo & Vivares Mira (2019) estiman tasas de descuento del 12 % EA; se estimó una tasa de descuento del 12% para este agronegocio, donde se obtiene un valor presente neto (VPN) de:

- \$ 273.373.769 para la proyección a los 5 años.

Tabla 28

Proyección de valor presente neto.

Periodo	Valor esperado de utilidad neta	Valor presente neto de cada periodo	Reducción de deuda
0		-\$ 362.772.811	
1	\$ 3.783.529	\$ 3.378.151	-\$ 359.394.661
2	\$ 23.161.184	\$ 18.463.954	-\$ 340.930.707
3	\$ 38.212.043	\$ 27.198.578	-\$ 313.732.129
4	\$ 33.485.560	\$ 21.280.679	-\$ 292.451.450
5	\$ 33.621.393	\$ 19.077.681	-\$ 273.373.769

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Análisis de entorno organizacional

Matriz DOFA

Tabla 29

Matriz DOFA.

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de la empresa (baja competitividad y capacidad de producción limitada por ser nuevo productor de humus en la región). • Baja disponibilidad de recursos económicos. • Poco conocimiento del nombre de la compañía en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • La competencia puede contribuir sistemas tecnológicos más robustos o económicos en su sistema productivo. • La escasez del recurso hídrico con el paso del tiempo. • Mercados cada vez más estrictos, dificultad para cumplir sus requerimientos. • El mercado local y nacional aún está en crecimiento hacia productos orgánicos (preferencia hacia fertilizantes químicos).
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad en innovación tecnológica. • Producto con demanda creciente a nivel local, nacional e internacional. • Conocimiento profesional en diversos campos relacionados con el agronegocio. • Apertura a nuevas ideas, tendencias y/o propuestas relacionadas con economía verde y procesos sostenibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación tecnológica en el sector. • Contacto con productores del sector que conocen de raíz y por sentido propio las problemáticas (acceso a economías de escala y aliados estratégicos del sector). • Crecimiento demográfico, se exigen más productos orgánicos. • Acceso a subsidios gubernamentales y créditos verdes. • Globalización del mercado y reducción de barreras comerciales entre países (Posibilidad de exportación a mediano o largo plazo siempre que se cumplan regulaciones ambientales).

Nota. Tabla elaborada por el autor.

La matriz DOFA muestra las fortalezas del agronegocio en su entorno, a partir de estas se pueden aprovechar las oportunidades para materializar el desarrollo sostenible que se busca. El reconocimiento de las debilidades permite plantear estrategias para reducir aquellos aspectos que limitan el desempeño de la organización. Por su parte, la identificación de amenazas ayuda con el análisis y mitigación de riesgos, como se muestra en la siguiente matriz DOFA cruzada.

Tabla 30

Matriz DOFA Cruzada.

Cruce	Estrategia
FO (Fortalezas + Oportunidades)	<ul style="list-style-type: none"> • Usar la capacidad de innovación tecnológica para acceder a subsidios verdes y créditos de FINAGRO. • Aprovechar la cercanía con aliados estratégicos (productores del sector) para posicionar la marca como referente en trazabilidad del proceso productivo a través de innovación tecnológica. • Expandir hacia mercados internacionales con certificaciones ambientales y trazabilidad tecnológica aprovechando la creciente demanda de insumos orgánicos.
FA (Fortalezas + Amenazas)	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar el uso del recurso hídrico con ayuda de innovación tecnológica (riego controlado). • Aprovechar los diferentes conocimientos profesionales para cumplir de manera más eficiente los requerimientos de los mercados. • Persuadir a clientes potenciales de la región para que aumente el consumo de abono orgánico mostrando el aporte que brinda este producto al desarrollo sostenible.
DO (Debilidades + Oportunidades)	<ul style="list-style-type: none"> • Superar la baja competitividad inicial mediante alianzas estratégicas con pequeños y medianos productores del municipio, para acceder a mejores fuentes de financiación, así como también a mercados más amplios. • Fortalecer el posicionamiento de marca con certificaciones orgánicas y estrategias de marketing digital que muestren la innovación tecnológica que se emplea para mejorar la trazabilidad del proceso productivo.
DA (Debilidades + Amenazas)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la vulnerabilidad inicial frente a mercados estrictos invirtiendo en certificaciones y cumplimiento normativo desde el primer año de funcionamiento. • Reducir la dependencia de capital propio (escaso) buscando fuentes de financiación u otros incentivos gubernamentales (ejemplo: incentivo tributario de rentas exentas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). • Emplear canales de comercialización disponibles que aprovechan pequeños, medianos y grandes productores que otorgan mayor visibilidad en otros mercados para reducir la dependencia de mercados locales.

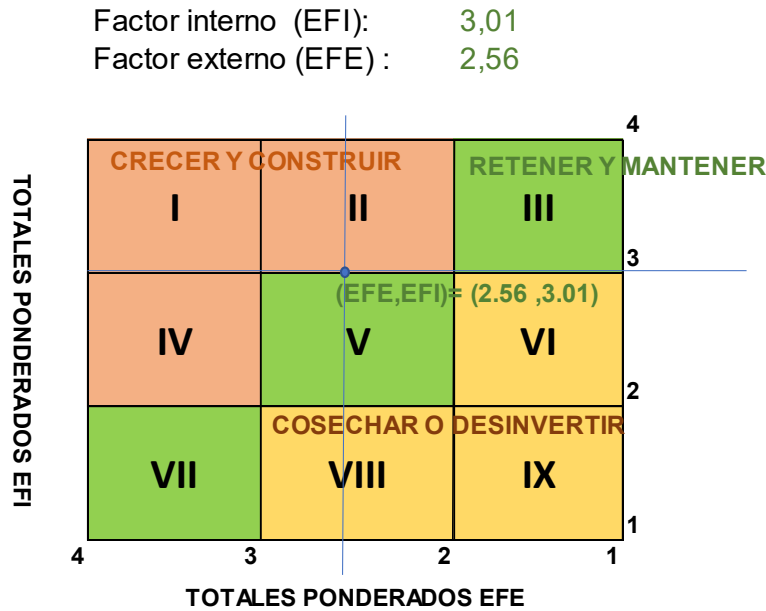
Nota. Tabla elaborada por el autor.

Matrices de evaluación de factores internos y externos

Al evaluar los factores internos y externos de la empresa a través de las matrices MEFI y MEFE asignando ponderaciones de acuerdo con la importancia de cada uno de los elementos encontrados se obtuvieron los siguientes resultados:

Ilustración 7

Ponderación matrices EFI y EFE.



Nota. Imagen propia del autor.

Análisis PESTEL

Se desarrolla el análisis PESTEL con el propósito de evaluar los factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales que conforman el entorno, pues se tendrán en cuenta para diseñar estrategias enfocadas a la sostenibilidad del agronegocio.

Tabla 31

ANÁLISIS PESTEL - Análisis Descriptivo y del Entorno.

Inicial	Ámbito	Factor externo
P	Políticos	<ul style="list-style-type: none"> Mayor exigencia de normativas ambientales y sanitarias para producción y comercialización. Problemáticas entre Rusia-Ucrania (gran productor de fertilizantes). Apoyo gubernamental al desarrollo de agricultura sostenible.
E	Económicos	<ul style="list-style-type: none"> Inestabilidad en precios de fertilizantes en el país. Crecimiento del mercado de bioinsumos, se limita por el bajo poder adquisitivo de pequeños agricultores y sus técnicas artesanales de producción. Posibilidad de exportación si se cumplen requisitos ambientales.
S	Socioculturales	<ul style="list-style-type: none"> Preocupación por la trazabilidad de los productos que se consumen día a día (preferencia por consumir alimentos orgánicos).

		<ul style="list-style-type: none"> • Preocupación por la falta de recursos naturales mientras que incrementa la población. • Preferencia cultural por consumir fertilizantes químicos en algunas zonas rurales.
T	Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia para apropiación tecnológica, orientadas a incentivar el uso y adopción de tecnologías avanzadas (Arias López et al., 2023). • Adopción de nuevas tecnologías sostenibles para el suministro de energía eléctrica.
E	Ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de los objetivos de desarrollo sostenible. • Reutilización de residuos orgánicos. • Desarrollo de políticas comprometidas con la protección de fuentes hídricas y con la mitigación de los efectos que genera el cambio climático (López Moscoso & Florez Quinche, 2023). • Fomento de recuperación de las características de los suelos.
L	Legales	<ul style="list-style-type: none"> • Legislación favorable para el desarrollo del sector agropecuario. • Favorecimiento de uso de fertilizantes orgánicos sobre fertilizantes químicos. • Requisitos para certificaciones orgánicas, sanitarias y ambientales. • Normativas de etiquetado, trazabilidad y exportación de insumos agrícolas.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Identidad organizacional

Misión

Promover la economía circular mediante la transformación de desechos orgánicos en humus de lombriz roja Californiana, optimizando el uso de los recursos naturales mediante producción tecnificada, integrando innovación tecnológica, eficiencia productiva y compromiso con la recuperación de los suelos, fortaleciendo a las comunidades rurales con un producto sostenible.

Visión

Consolidar el agronegocio al cabo de 5 años como líder en la producción sostenible de abono orgánico, al ser reconocido por la trazabilidad tecnológica, la capacidad de innovación y el impacto positivo en el uso de recursos naturales y las comunidades rurales.

Valores organizacionales

Tabla 32

Valores organizacionales.

Valor organizacional	Descripción
Innovación sostenible	Uso de sistemas embebidos como tecnologías de bajo consumo eléctrico e IoT (Internet of Things) para mejorar la eficiencia del proceso productivo, optimizando recursos naturales y humanos.
Compromiso ambiental	Se promueven procesos productivos que reducen la cantidad de residuos orgánicos dispuestos en rellenos sanitarios, fomentan la recuperación de características de los suelos y disminuyen la huella hídrica del proceso productivo.
Transparencia y trazabilidad	Se implementan tecnologías que mantienen condiciones adecuadas en el lombricultivo para optimizar la alimentación y reproducción de la lombriz roja californiana ofreciendo trazabilidad del proceso productivo almacenando su información a través de IoT.
Colaboración rural	Se mantienen alianzas estratégicas con pequeños y medianos productores del municipio con el fin de generar cadenas de valor más robustas.
Cultura circular	Se genera valor a residuos orgánicos que normalmente son depositados en rellenos sanitarios cerrando ciclos productivos de forma sostenible con diferentes actores del entorno.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Planteamiento de estrategias

De acuerdo con la información recopilada de los canales de comercialización empleados por pequeños, medianos y grandes productores, junto con las estrategias de mercado definidas en el objetivo N°2, se proponen las siguientes estrategias de posicionamiento comercial, estrategias de mercado y se formulan alianzas estratégicas que pueden ser aprovechadas por el agronegocio.

Estrategias de posicionamiento comercial

Tabla 33

Estrategias de posicionamiento comercial.

Tipo de canal	Estrategia
Venta directa en planta de producción	Ofrecer visitas guiadas a proveedores, clientes, instituciones educativas, empresariales y otras entidades interesadas en el agronegocio, donde se demuestre la tecnología empleada para monitorear y controlar el proceso productivo, con el fin de generar confianza y diferenciación.
Distribuidores agropecuarios	Utilizar empaques con trazabilidad (QR, datos técnicos) y branding atractivo que resalte la innovación tecnológica y la sostenibilidad.
Plataformas digitales	Venta personalizada con los clientes, experiencias con contenido agroecológico como videos e infografías.
Retail (venta minorista)	Fidelización de clientes minoristas a través de programas de suscripción para viveros y huertas urbanas con entregas periódicas.
Alianzas institucionales Alianzas con asociaciones/cooperativas	Capacitación de personas en ambientes educativos donde se muestre la innovación tecnológica y los beneficios de producir y utilizar humus de lombriz roja Californiana.
Certificaciones y sellos verdes Ferias campesinas y mercados locales Exportación o venta a empresas certificadas	Adquirir certificaciones orgánicas y ambientales que permitan acceder a mercados premium.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estrategias de mercado

Las estrategias de posicionamiento comercial dejan como resultado las siguientes estrategias de mercadeo junto con las alianzas estratégicas disponibles en el municipio para el agronegocio:

Tabla 34

Estrategias de mercadeo.

Estrategia	Descripción
Marketing de contenido	Difusión de videos cortos, infografías o anuncios sobre economía circular y desarrollo sostenible en las redes sociales o página oficial del agronegocio.
Empaques inteligentes	Códigos QR que muestren el proceso productivo desde la recepción de residuos orgánicos hasta la obtención de producto final en las redes sociales o página oficial del agronegocio.
Fidelización	Suscripción de pequeños y medianos clientes con descuentos, entregas programadas y asesoría personalizada.
Educación comunitaria	Capacitaciones en instituciones educativas y alianzas con pequeños agronegocios para posicionar la marca como referente local.
Alianzas con productores de alimentos orgánicos	Campañas conjuntas con productores de alimentos innovadores como arándanos, orellanas y otros cultivos no tradicionales para mostrar el impacto de la producción orgánica a la comunidad.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Alianzas estratégicas

Tabla 35

Alianzas estratégicas del agronegocio.

Alianza	Descripción
Instituciones educativas (colegios, universidades)	Proyectos de investigación aplicada y formación en: agricultura sostenible, innovación tecnológica para el agro, optimización de recursos naturales, diseños experimentales de la reproducción de la lombriz roja californiana.
Alcaldía y programas de Negocios Verdes	Participar en capacitaciones municipales de huertas caseras y emprendimientos locales, con el fin de obtener reconocimiento a nivel local.
Alianzas con otros productores de abono orgánico	Alianzas estratégicas con pequeños y medianos productores del municipio con el fin de generar cadenas de valor más robustas.
Alianzas con productores de alimentos orgánicos	Alianzas con emprendedores de alimentos no tradicionales orgánicos en el municipio para mostrar el impacto de la producción orgánica a la comunidad.
Distribuidores locales	Acuerdos con tiendas agropecuarias, viveros y otros agronegocios donde se comercialicen fertilizantes para ampliar cobertura y visibilidad en el municipio.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estrategias para obtener certificaciones ambientales y de impacto social

Estrategias para obtener certificación ICA

Esta certificación se contempla desde el principio de funcionamiento del agronegocio, con el fin de acceder a mercados que requieran que el producto se encuentre registrado y certificado como orgánico (mercados formales).

Tabla 36

Estrategias para certificación ICA (fertilizante orgánico).

Estrategia	Descripción
	Capacitación sobre procedimientos sanitarios y ambientales para garantizar el cumplimiento de las condiciones dispuestas por el ICA.
Capacitación del personal	Capacitación sobre características y calidad del producto, así como también acerca de bioseguridad (uso adecuado de elementos de protección personal), con el fin de obtener un abono orgánico que cumpla requisitos ambientales y del mercado, a la vez que se mitigan los riesgos de enfermedades provocadas por manejo inadecuado de los desechos orgánicos.
Documentación técnica	Documentar procedimientos de bioseguridad (uso adecuado de elementos de protección personal), trazabilidad de residuos orgánicos (seguimiento del proceso productivo) y control de calidad del humus obtenido.
Estandarización de procesos	Elaborar procedimientos técnicos estandarizados donde se reflejen las condiciones que se deben cumplir en cada una de las etapas productivas: recepción, triturado, pre-compostaje, lombricompostaje, secado, tamizado, empaque.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estrategias para obtener certificación de Negocios Verdes de la CAR

Se contempla que esta certificación sea adquirida en años posteriores, cuando el nivel de producción sea lo suficientemente elevado para suplir los costes administrativos, con el fin de cumplir con la documentación y seguimiento necesario para suministrar los informes de sostenibilidad de forma correcta.

Tabla 37

Estrategias para certificación Negocios Verdes (CAR).

Estrategia	Descripción
Medición de impacto ambiental	Implementar indicadores de: cantidad de residuos orgánicos transformados mensualmente en abono orgánico, características como capacidad de captura de carbono y/o capacidad de retención de agua del producto final, uso y fuente de recursos naturales (agua, energía eléctrica).
Economía circular	Documentar el origen de los desechos orgánicos que se transforman en humus y el proceso de transformación para brindar un valor agregado a estos residuos y devolverlos a la comunidad completando el ciclo de economía circular.
Alianzas locales	Vincularse con la alcaldía y otros productores de abono orgánico que también busquen la adquisición de esta certificación.
Informes de sostenibilidad	Elaboración de informes preliminares donde se establezcan los impactos ambientales y sociales que genera el agronegocio anualmente, con el fin de tener información sólida cuando la CAR realice las respectivas visitas de verificación.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estrategias para obtener certificación de Sociedades BIC

Al igual que la anterior certificación, esta también se contempla que sea adquirida en años posteriores, pues se deben entregar informes de impacto económico, social y ambiental a la Superintendencia de Sociedades.

Tabla 38

Estrategias para certificación Sociedades BIC.

Estrategia	Descripción
Objetivos organizacionales	Incluir las actividades que brindan impacto social dentro de los objetivos organizacionales: capacitación a la comunidad, generación de empleo, conexión con otros productores y reducción de residuos orgánicos en rellenos sanitarios.
Medición de impacto social	Implementar indicadores de empleos generados, capacitaciones realizadas, alianzas con productores locales de humus o de alimentos orgánicos.
Transparencia y trazabilidad	Publicar los reportes de impacto sostenible en la página oficial del agronegocio.
Programas comunitarios	Capacitar a instituciones educativas, empresariales, públicas y/o privadas, productores de la comunidad, acerca de la importancia de producir de forma sostenible aprovechando de forma óptima los recursos ambientales, económicos y sociales que se tienen disponibles.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Propuesta de valor canvas

El modelo de propuesta de valor canvas se encuentra en la sección de anexos:

b. Modelo de propuesta de valor canvas

Formulación de indicadores, plazos y metas de cumplimiento

De las estrategias contempladas y los elementos de identidad organizacional, se desprenden los siguientes indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales; cabe aclarar que también se tienen en cuenta los ratios financieros proyectados como indicadores económicos.

Tabla 39

Propuesta indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales.

Tipo de impacto	Indicador	Descripción	Tiempos y metas de cumplimiento
Productivo	Productividad de materia orgánica	Se debe obtener un valor de entre 51 % y 60 % de productividad. Productividad de materia orgánica = Salida de humus / entrada de materia orgánica pre-compostada.	Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio.
Productivo	Adopción de nuevas tecnologías	Definir el porcentaje de tecnificación de acuerdo con las etapas del proceso productivo: recepción, triturado, pre-compostaje, lombricompostaje, secado, tamizado, empaque. Inicialmente se tiene tecnificación en triturado, lombricompostaje y tamizado; se estima que corresponde a un 40 %.	Desde el inicio del agronegocio se debe realizar seguimiento, con el fin de que vaya incrementando el valor de tecnificación junto con los niveles de producción, objetivo superar el 60 % de tecnificación en el año 7.
Productivo	Tiempo de producción en meses	3 meses desde que se agrega la materia orgánica pre-compostada a las camas lombricultoras; este valor depende de las condiciones en las que se mantenga en el lombricultivo y de la densidad poblacional.	Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio.

Productivo	Encuestas de satisfacción de clientes y visitantes de la planta	<p>Realizar encuestas de satisfacción de clientes con las ventas, y de visitantes a la planta de producción, con el fin de conocer la perspectiva de la experiencia vivida y la satisfacción de expectativas.</p> <p>De igual forma identificar como conocieron el agronegocio con el fin de evaluar la efectividad de marketing.</p> <p>Identificar posibilidades de mejora continua a través de reconocimientos, recomendaciones y/o sugerencias realizadas en las encuestas.</p>	<p>A partir del 3 año empezar a realizar encuestas de forma básica, teniendo en cuenta que inicialmente el proceso comercial y de mercadeo será realizado por la junta directiva del agronegocio, apoyado de terceros para el manejo de redes sociales y comunicaciones.</p> <p>A partir del año 8 cuando se contempla la contratación de una persona para el área de mercadeo realizar el análisis de estos datos de forma más estructurada.</p>
Productivo	Estandarización de procesos	<p>Documentar los procesos llevados a cabo en la parte operativa para definir parámetros de estandarización según las tablas 5, 6, y 7. Verificar el cumplimiento de estos parámetros, vigilar que anualmente incremente el porcentaje de documentación de procesos junto con el porcentaje de cumplimiento, con el fin de satisfacer los requerimientos ambientales, sociales y organizacionales.</p>	<p>Desde el primer año de funcionamiento se debe iniciar con esta documentación y su respectivo seguimiento. Se debe cumplir con más del 90% de documentación al cabo del tercer año, se debe mantener este porcentaje realizando seguimiento riguroso del crecimiento de la compañía (mayor complejidad de procesos).</p>
Económico	Toneladas de humus vendidas	<p>Estos indicadores ayudan a establecer las utilidades reales obtenidas de forma mensual, identificando la incidencia de descuentos a clientes preferenciales (reducción de utilidades).</p>	<p>Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio; idealmente se debe cumplir con los valores establecidos en la tabla 22 (Toneladas de humus obtenido e Ingresos por venta).</p>
Económico	Utilidades obtenidas	<p>Definir porcentajes de ventas en mercado local, ventas en mercados fuera del municipio.</p> <p>Definir porcentaje de ventas realizadas por cada canal de comercialización.</p>	<p>Este indicador se contempla a partir del año 8 al contratar una persona para el área de mercadeo, quien pueda analizar estos datos de forma adecuada para diseñar nuevas estrategias de posicionamiento comercial y reforzar aquellos canales que generan mayores ventas al agronegocio.</p>

Ambiental	Certificaciones obtenidas Certificaciones a obtener	<p>Establecer matrices de los requerimientos de cada una de las certificaciones obtenidas y a obtener, con el fin de realizar seguimiento del porcentaje de cumplimiento. Esto permite identificar la proximidad que se tiene con la adquisición de las certificaciones o la posible vulnerabilidad con la pérdida de certificaciones al no cumplir los requerimientos.</p>	<p>Cabe recordar que la única certificación contemplada desde el inicio es la certificación ICA. Negocios Verdes de la CAR y sociedades BIC se contemplan en años posteriores cuando se tengan mayores niveles de producción.</p>
Ambiental	Recurso hídrico	<p>Determinar la fuente y cantidad de recurso hídrico empleado en el agronegocio, emplear la mayor cantidad posible de agua lluvia y lixiviado para el proceso productivo con el fin de reducir el impacto ambiental.</p>	<p>Según Cano Fonseca & Carranza Cabra (2023), se utilizan 117 litros de agua por cada cama lombricultora al cabo de 3 meses, se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio.</p>
Ambiental	Calidad y valores nutricionales del humus	<p>Conductividad eléctrica, Acidez, Materia orgánica, Relación carbono/nitrógeno. Concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, cobre, hierro, zinc y azufre. Capacidad de retención de humedad, captura de carbono.</p>	<p>Se debe evaluar la calidad de humus 2 veces al año, a partir del tercer año, comparando las características con las definidas por otros competidores del mercado y por estudios como los de Padhy et al. (2023) y Salinas-Vásquez et al. (2014).</p>
Ambiental	Consumo energético	<p>Cantidad de energía consumida de la red eléctrica principal, cantidad de energía consumida de fuentes renovables.</p>	<p>Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio; verificar de forma constante que el consumo de energía eléctrica no sea excesivo, cada dispositivo de monitoreo y control presenta consumos de 36 Watts hora. Comparar anualmente el consumo eléctrico con los costos definidos en el estado de resultados. Se propone consumir un 80 % de fuentes renovables, y el 20% restante de la red eléctrica a partir del año 5, tendiendo a que en los próximos años el 100 % sea suministrado por fuentes renovables aprovechando el bajo consumo eléctrico.</p>

Ambiental	Transformación de desechos orgánicos	Toneladas de desechos orgánicos transformados que no fueron llevados al relleno sanitario. Origen de los desechos orgánicos.	Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio, se debe cumplir con las proyecciones de la tabla 22 (Desechos orgánicos pre-compostados a procesar). El origen de los desechos orgánicos permite reconocer las industrias relacionadas con el agronegocio comprometidas con el ciclo de economía circular.
Ambiental	ODS	Adopción de objetivos de desarrollo sostenible.	Realizar seguimiento del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, este indicador se contempla a partir del año 8 cuando se contrate más personal administrativo, este indicador se verificará con asesoría de personal tercerizado.
Social	Alianzas estratégicas	Establecer la cantidad y función de los aliados estratégicos dentro de la cadena productiva. Tener en cuenta proveedores, clientes, transportadores, otros productores, distribuidores locales. Clientes minoristas, tiempo de suscripción (retención de clientes) y ventas realizadas.	Se contempla este indicador después del año 5 cuando el agronegocio tenga mayor visibilidad en el mercado.
Social	Empleos directos e indirectos generados	Establecer la cantidad de empleos generados de forma directa o indirecta, en tiempo completo o en tiempo parcial.	Se debe contemplar este indicador desde el inicio del agronegocio, para los primeros 5 años se tiene 1 empleado tiempo completo (operario), 1 empleado tiempo parcial (administrador o gerente), 1 transportador de carga (tercero), vendedores (pueden ser terceros o directo en tiempo parcial).

Social	Programas de concientización	Realizar capacitaciones y formaciones como programas de concientización a los diferentes aliados estratégicos.	Se debe contemplar este indicador desde el cuarto año del agronegocio, registrar capacitaciones realizadas mensualmente para establecer porcentaje de cumplimiento al año según proyecciones.
---------------	------------------------------	--	---

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Formatos de seguimiento de indicadores

Los formatos y matrices de seguimiento de estos indicadores se encuentran en la sección de anexos:

- [Matriz de seguimiento de indicadores productivos](#)
- [Matriz de cumplimiento de parámetros de estandarización](#)
- [Matriz de seguimiento de indicadores económicos](#)
- [Matriz de seguimiento de indicadores ambientales](#)
- [Matriz de seguimiento de indicadores sociales](#)
- [Matriz de seguimiento de programas de concientización](#)

Los parámetros de calidad y valores nutricionales del humus, definidos por Padhy et al. (2023) y Salinas-Vásquez et al. (2014), se encuentran en el anexo:

- [Parámetros de calidad del humus](#)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Diagnóstico de la disponibilidad de materia orgánica en Zipaquirá

La investigación realizada sobre la producción y uso de desechos orgánicos permite deducir que, en el municipio de Zipaquirá, al igual que en gran parte del país, no se alcanza la producción esperada de fertilizantes orgánicos a pesar de que se tiene la suficiente disponibilidad de desechos. Un ejemplo de esto son los desechos orgánicos que fueron llevados al relleno sanitario Nuevo Mondoñedo en 2022, 55 % del total de desechos orgánicos generados en el municipio. Esta situación se da principalmente por el desarrollo de prácticas inadecuadas (empíricas) en los procesos productivos, en algunos casos ni si quiera se logra cubrir la demanda de las fincas donde se produce el abono orgánico (lombricultivos con producción nula).

La mayoría de los productores de humus de lombriz en el municipio son pequeños o medianos emprendimientos que no tienen documentado su nivel de producción y desarrollan practicas artesanales; solamente se encuentra HortiOrganic como gran productor de este fertilizante orgánico en el municipio.

Esta condición abre la posibilidad de ingresar al sector mediante una diferenciación competitiva innovando tecnológicamente los procesos productivos, con el fin de obtener una mayor productividad y eficiencia operativa al implementar procesos continuos de producción que permiten procesar mayores cantidades de residuos contribuyendo al aprovechamiento sostenible de los residuos orgánicos en Zipaquirá.

Demanda, oferta y niveles de producción

La investigación muestra que es necesario incrementar la producción de fertilizantes orgánicos para contribuir en la reducción de carbono en el sector agrícola y la contaminación ambiental generada por el uso excesivo de fertilizantes químicos. Aunque la demanda de abonos

orgánicos viene creciendo como tendencia nacional hacia prácticas agrícolas sostenibles y una creciente conciencia ambiental, aún se mantiene preferencia hacia fertilizantes químicos por parte de algunos sectores de la industria agrícola, generando cifras de producción orgánica certificada que apenas superan el 1 % de la industria agrícola nacional.

Las estimaciones ajustadas en escala al comportamiento nacional indican que la demanda de humus de lombriz roja Californiana en el municipio de Zipaquirá, supera apenas las 600 toneladas al año. Por su parte, la estimación de oferta muestra que entre medianos productores como el experto entrevistado 3 y el gran productor HortiOrganic llegan a producir cerca de 2.370 toneladas de este producto para venta a nivel nacional, esto indica que mercado local ya se encuentra saturado con la oferta.

Se requiere explorar nuevos canales de comercialización que permitan el ingreso al mercado de otros territorios del departamento o incluso otros departamentos donde se cultiven alimentos potenciales de exportación como el café, banano, flores, cacao y aguacate que presentan mayores requisitos relacionados a la producción orgánica; otra posible solución es buscar la forma de exportar el abono orgánico, como el estudio realizado por Arias López et al (2023), donde se analiza la viabilidad de que HortiOrganic exporte su producto a Costa Rica.

Canales de comercialización

La clasificación de los canales de comercialización utilizados por los diferentes productores de humus de lombriz del municipio permitió identificar ventajas competitivas que tiene el gran productor (HortiOrganic) a través de certificaciones orgánicas, logística más eficiente y alianzas estratégicas frente a los pequeños y medianos productores que emplean canales de comercialización con menor impacto en el mercado. Este análisis permitió formular estrategias para aprovechar las oportunidades que tiene el agronegocio de producción tecnificada

incorporándose al mercado en los diferentes canales de comercialización, aun cuando los niveles de producción son bajos a comparación con grandes productores ([Tabla 19](#)).

Indicadores financieros

El valor del ROI y del ROE son bajos para el primer año de funcionamiento, se puede considerar que es normal debido a que la utilidad es baja frente a la inversión inicial y a la baja eficiencia del uso de los recursos patrimoniales. A partir del segundo año, estos indicadores mejoran estabilizándose en valores del 12 % y 13 % respectivamente, presentan una disminución en los años 4 y 5 debido al incremento de gastos administrativos, pero no se ve pone en riesgo la rentabilidad del agronegocio.

El valor de rentabilidad sobre activos del agronegocio (ROA), es un poco bajo en el primer año de funcionamiento, pero coherente con el sector al compararlo con otras proyecciones financieras como la de Saldaña Serrano (2021), quien proyecta obtener una rentabilidad del 11,2% para el primer año de funcionamiento de su negocio de producción y comercialización de humus de lombriz como fertilizante orgánico en Chicoral, Tolima. Este valor se incrementa y llega a estabilizarse alrededor del 20 % gracias a una mejor eficiencia en el uso de activos al incrementar la producción.

El valor del ratio de liquidez para el año 1 es alto, esto se debe a que el principal activo corriente (pie de cría) supera el valor de los pasivos corrientes ampliamente, pues estos últimos corresponden únicamente al pago de cuotas del préstamo solicitado a 10 años con el Banco Agrario de Colombia. Los resultados de la prueba ácida son muy similares, ya que se estima vender la mayor cantidad de unidades en el año aprovechando que la producción no es tan elevada, eliminando costos por inventarios.

El valor del ratio de endeudamiento inicia en 59 %, disminuye de forma progresiva a lo largo de los siguientes años gracias a pagos adicionales realizados al préstamo a largo plazo, esto, esto fortalece la estabilidad financiera, aunque se evidencia un desaprovechamiento de las oportunidades que brinda el apalancamiento externo.

El indicador de autonomía muestra un crecimiento progresivo, iniciando con un valor de 63 % de los activos financiados con patrimonio en el año 1, el cual aumenta hasta el 89 % en el año 5. Este comportamiento se da gracias a que se contempla capital semilla a través de financiamientos como el de Fondo Emprender y la inversión de los accionistas del agronegocio disminuyendo la dependencia de deuda externa.

El ratio de garantía que tiene el agronegocio para cubrir deudas con terceros es demasiado alto desde el primer año de funcionamiento con valor de 2,69 que incrementa anualmente; esto permite deducir que el agronegocio proyecta una política financiera muy conservadora con bajo uso de deuda externa, protegiendo a los inversionistas y reduciendo el riesgo de incumplimiento.

El valor negativo de la TIR indica que los ingresos proyectados para los primeros cinco años de funcionamiento del agronegocio no son suficientes para recuperar la inversión inicial, obteniendo pérdidas durante este periodo. Aunque este valor podría ser un indicio que no es recomendable invertir en el agronegocio, se debe considerar que las proyecciones financieras son a corto plazo (5 años). No es factible esperar que el agronegocio recupere la totalidad de la inversión en este lapso, considerando que es un agronegocio que inicia desde cero y cuyo crecimiento productivo es limitado durante los primeros años de funcionamiento.

Al observar el valor presente neto de -\$ 273.373.769, se encuentra que esta no es una opción atractiva si se busca recuperar la inversión o generar ganancias a corto plazo. En este caso, el agronegocio se propone a largo plazo por lo cual se analiza la [tabla 28](#) (Proyección de valor

presente neto), que muestra la recuperación de la inversión año por año, se encuentra que el agronegocio si está recuperando la inversión, pero a un ritmo más lento del esperado, lo cual significa que, si es rentable el agronegocio, pero se debe analizar un mayor plazo que solamente los 5 primeros años de funcionamiento para que se obtenga el retorno total de la inversión.

Se evidencia una reducción del VPN en los años cuatro y cinco, se debe tener cuidado de que este comportamiento financiero no continúe para los próximos años, pues de continuar se podría comprometer la viabilidad del agronegocio a futuro. Para reducir estos riesgos, se recomienda incrementar los niveles de producción, o en su defecto, disminuir nuevamente los costos indirectos como en el año 3 (mejores resultados obtenidos), donde no se tenían gastos administrativos tan altos mientras que el nivel de producción generaba utilidades adecuadas.

Análisis de entorno organizacional

Matrices de evaluación de factores internos y externos

La ponderación de las matrices EFI y EFE indican que el agronegocio debe emplear estrategias de crecimiento y construcción, esto tiene sentido, teniendo en cuenta que se analiza una propuesta de agronegocio; por lo tanto, tiene muchas expectativas a futuro con su crecimiento, y no tiene en este momento estrategias de retener y mantener clientes, puesto que no existen. Se obtiene este resultado en gran parte a la alta capacidad de la empresa para innovar tecnológicamente a comparación de los competidores, la creciente demanda de abonos orgánicos y la apertura que se tiene para satisfacer las necesidades en cuanto a sostenibilidad que lleguen a presentar los clientes, ya que es uno de los principales factores a favor del agronegocio.

Por otro lado, la cercanía con productores del sector, junto con la accesibilidad a subsidios gubernamentales y la globalización del mercado, es una apertura de oportunidades que facilitan la

importación de tecnología para optimizar los procesos productivos, así como también permiten el acceso a mayor cantidad de clientes, no solamente locales.

El análisis de entorno organizacional a través de herramientas como las matrices de evaluación de factores internos y externos, matriz DOFA y análisis PESTEL junto con la creación de los elementos de identidad organizacional permitieron plantear estrategias para posicionar comercialmente el agronegocio. Estas estrategias facilitan el acceso a aliados estratégicas, certificaciones y la formulación de planes de acción y seguimiento, con el propósito de mejorar la eficiencia productiva a la vez que se generan los impactos económicos, ambientales y sociales que se buscan desde el agronegocio, a través del diseño de indicadores junto con sus respectivas metas y plazos de cumplimiento.

Este análisis refleja que el agronegocio presenta un potencial sostenible importante para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados en el municipio, reconociendo la cantidad de residuos que pueden ser aprovechables pero que actualmente son desperdiciados en rellenos sanitarios causando problemas de contaminación. De forma social, el agronegocio puede llegar a ser un potencial generador de empleos en la comunidad de Zipaquirá siempre y cuando se incremente la producción a través de los años de funcionamiento.

Tecnológicamente este es un proyecto innovador, teniendo en cuenta que los dispositivos de monitoreo y control que se proponen no son encontrados en otros lombricultivos locales, donde se desarrollan las actividades de forma empírica. Este avance tecnológico permite un mayor control sobre los recursos utilizados apuntándole a una estandarización del proceso productivo y permite realizar posteriores análisis sobre las entradas y salidas (financieras, mano de obra y recursos ambientales) que tiene el agronegocio.

CONCLUSIONES

La investigación realizada indica que en el municipio de Zipaquirá hay una alta disponibilidad de desechos orgánicos para su transformación en humus de lombriz roja Californiana, actualmente se desaprovecha gran parte de esta materia orgánica en rellenos sanitarios (más de 9.800 Toneladas en 2022). Se encuentra una oportunidad valiosa para mejorar la productividad de los procesos productivos a través de la tecnificación, ya que en varios casos la producción de humus es nula a pesar de que las condiciones técnicas, económicas y ambientales son favorables con apoyo de entidades gubernamentales que buscan el desarrollo de procesos sostenibles.

Se requiere explorar nuevos canales de comercialización que permitan el ingreso a otros mercados fuera del territorio municipal, adquiriendo certificaciones orgánicas y de impacto social para llegar a productores vinculados a cultivos con potencial de exportación como café, banano, flores, cacao y aguacate. Pues dentro del municipio de Zipaquirá la demanda estimada de abono orgánico es muy baja (600 toneladas/año aproximadamente) a comparación de la oferta generada por medianos y grandes productores (estimación de 2.370 toneladas), ocasionando que el mercado municipal se encuentre saturado.

La tecnificación de los lombricultivos a través de dispositivos de monitoreo y control de las condiciones de producción proyecta impactos positivos, que se verán reflejados en un mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de la estandarización y optimización de los recursos humanos y ambientales. Los indicadores financieros (rentabilidad, TIR, VPN) indican una baja eficiencia del uso de recursos disponibles durante los primeros años de funcionamiento, debido principalmente a los bajos niveles de producción. Sin embargo, ratios de liquidez, endeudamiento, autonomía y garantía muestran una buena estabilidad financiera (posiblemente

excesiva) mediante una política financiera conservadora con la que se cumplen las obligaciones con terceros de forma óptima. Las proyecciones indican que la recuperación de la inversión se obtiene a largo plazo siempre que se incremente el nivel de producción y se controlen los gastos administrativos.

Los análisis del entorno organizacional muestran que el agronegocio tiene potencial competitivo de diferenciación, accediendo a beneficios gubernamentales, certificaciones ambientales y de impacto social, aliados estratégicos y posicionamiento comercial a través de las estrategias adecuadas. La producción y venta de humus de lombriz se fortalecen de forma significativa a través de la propuesta de valor que brinda el agronegocio mediante la innovación tecnológica, el cumplimiento de los indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales diseñados para cumplir con los requerimientos del mercado e impulsar los procesos de economía circular y producción sostenible en el municipio de Zipaquirá.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar otros canales de comercialización disponibles fuera del territorio nacional, realizando evaluaciones de viabilidad técnico-económicas, legales y políticas, pues productores como HortiOrganic están aprovechando este tipo de clientes a través de intermediarios y actualmente se encuentra analizando la posibilidad de exportar de forma directa a Costa Rica. Si bien este mercado presenta mayores requerimientos en certificaciones, trazabilidad y calidad del producto, también genera mayores beneficios como: acceso a mercados con alta conciencia ambiental, mayor reducción del desperdicio de residuos orgánicos (reconocimiento por generar valor a través de economía circular), acceso a aliados estratégicos con mayor alcance financiero y logístico, generación de mayor cantidad de empleo y reconocimiento gracias a la diferenciación competitiva.

Se recomienda contemplar mayores niveles de producción para los primeros años de funcionamiento si la venta de fertilizante orgánico se desarrolla según las proyecciones realizadas o con escenarios más positivos, esto con el fin de optimizar los recursos adquiridos por la compañía en la inversión inicial generando mayores utilidades anuales.

Se recomienda hacer un mayor uso de la deuda externa a corto plazo, pues con las proyecciones realizadas esta deuda es mínima ocasionando que los valores de liquidez sean demasiado altos. La política actual es demasiado conservadora, perdiendo los beneficios de financiar parte de la operación con recursos de terceros como la ampliación de capacidad productiva, o el acceso a nuevos canales de comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, Q., & Shafiqi, S. (2024). Vermicompost: significance and benefits for agriculture. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 3(2), 202–207.
<https://doi.org/10.55544/jrasb.3.2.36>
- Abebe, T. G., Tamtam, M. R., Abebe, A. A., Abtemariam, K. A., Shigut, T. G., Dejen, Y. A., & Haile, E. G. (2022). Growing use and impacts of chemical fertilizers and assessing alternative organic fertilizer sources in Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022, 1–14.
<https://doi.org/10.1155/2022/4738416>
- Acosta Durán, C. M., Solís Pérez, O., Villegas Torres, O. G., & Cardoso Vigueros, L. (2013). Precomposting of organic residues and its effect in the population dynamics of *Eisenia Foetida*. *Agronomía Costarricense*, 37(1), 127–139.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Agarwal, S., & Jain, H. (2024). Investigating the potential of floral waste as a vermicompost and dual-functional biosorbent for sustainable environmental management. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(5), 322. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07144-y>
- Ahmed, R., & Deka, H. (2022). Vermicomposting of patchouli bagasse—A byproduct of essential oil industries employing *Eisenia fetida*. *Environmental Technology & Innovation*, 25, 102232.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102232>
- Alban Ochoa, J. L. (2024). *Estrategias para mejorar el proceso de vermicompostaje de residuos de alimentos generados en las cafeterías de la Universidad Autónoma de Occidente*.

Alcaldía de Zipaquirá. (2021). *Alcaldía de Zipaquirá - Taller de Negocios Verdes en #Zipaquirá*.

https://web.facebook.com/AlcaldiaDeZipaquiravideos/taller-de-negocios-verdes-en-zipaquirá/998929954270432/?_rdc=1&_rdr

Alcaldía Municipal de Zipaquirá, . (2020). *ACUERDO No 05 DE 2020 PLAN DE DESARROLLO*

“ZIPAQUIRÁ, CIUDAD DE LOS SERVICIOS Y LAS OPORTUNIDADES 2020 – 2024.”

2020(05). <https://www.obsgestioneducativa.com/download/plan-de-desarrollo-municipal-zipaquirá-2020-2023/>

Alcaldía municipal de Zipaquirá, S. de D. R. y A. (2020). *Plan general de asistencia técnica directa rural (PGAT). (7)*.

Ali, H., Leta, S., Hussen, A., & Alemu, T. (2023). Resource recovery potential from source-separated organic municipal solid waste: opportunities for organic fertilizer production and creating sustainable urban agriculture in Ethiopia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(4), 2417–2430. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01709-5>

Anielak, A. M., Świdorska-Dąbrowska, R., Łomińska-Płatek, D., Dąbrowski, T., & Piaskowski, K. (2025). Methods for obtaining humus substances: advantages and disadvantages. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/app15052463>

Arias López, C. A., Peñaloza Meléndez, J. E., & Sanabria Bello, R. M. (2023). *Plan de intervención de la empresa HortiOrganic SAS para la exportación de abonos orgánicos a Costa Rica*.

Aswani, L., Subendran, D., Singh, S., & Dhanjal, I. S. (2024). *IoT-Based Vermicompost Monitoring on basis of moisture , gas and temperature using ESP32*. 1–9.

Balkrishna, A., Pandey, J. K., Tripathi, P. K., Joshi, R., & Arya, V. (2021). Chemical fertilizers and pesticides in Indiagriculture: Effect on human health and environment. *Biological Forum*–

- An International Journal*, 13, 407–422. https://www.researchgate.net/profile/Ritika-Joshi-3/publication/354495039_Chemical_Fertilizers_and_Pesticides_in_Indian_Agriculture_Effect_on_Human_Health_and_Environment/links/613b007b35e5e822341950a7/Chemical-Fertilizers-and-Pesticides-in-Indian-Agriculture-Effect-on-Human-Health-and-Environment.pdf
- Barcelon, M. S., Orilla, A. A., Mahilum, J. A., & Adtoon, J. J. (2019). Automated Vermiculture Monitoring and Compost Segregating System using Microcontrollers. *ACM International Conference Proceeding Series*, 38–42. <https://doi.org/10.1145/3383783.3383786>
- Becerra Sánchez, L. N. (2023). *Gestión de los residuos sólidos orgánicos en los municipios de la Sabana Centro de Cundinamarca*.
- Black, G. W. (1978). Justus Liebig's contribution to agricultural chemistry. *Journal of Chemical Education*, 55(1), 33. <https://doi.org/10.1021/ED055P33.1>
- Bolsa Mercantil de Colombia. (2024). *Estudio sectorial de abonos y fertilizantes*.
- Camelo Rusinque, M., Chacón Garzón, I. E., Clavijo Gutiérrez, A. P., Luque Sanabria, N. Y., Soto Suárez, M., Villagrán Munar, E. A., Villarreal Navarrete, A. del P., & Zuluaga Cruz, A. P. (2023). *Recomendaciones de manejo de residuos orgánicos: Equipo modular de lombricompostaje*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406146>
- Cano Fonseca, S., & Carranza Cabra, L. M. (2023). Sistema de monitoreo y control de las condiciones de producción para la estandarización de los lombricultivos promovidos por la Secretaría de Desarrollo Rural y Ambiente del municipio de Zipaquirá [Fundación Universitaria Agraria de Colombia]. In *Nucl. Phys.* (Vol. 1). <http://hdl.handle.net/20.500.14489/188>

- Cardenas Calderon, N. O. (2005). *Contribución para el desarrollo del manual del sistema de gestión ambiental de Flores El Tandil LTDA.*
- Castaño Sanchez, D., & Gallego López, D. H. (2019). *Monografía introductoria en los sistemas IoT con énfasis en los sectores de la salud, la educación y la agro-industria.*
- Castellini, M., Bondi, C., Giglio, L., & Lovino, M. (2024). Impact of vermicompost addition on water availability of differently textured soils. *Heliyon*, 10(15). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35699>
- Celinda, A. A., Aydeé, K. F., Nora G, E. P., Rosa, H. A., Niki F, F. P., & Juan S, B. C. (2022). Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L). *C&T Riqchary Revista de Investigación En Ciencias y Tecnología*, 4(1), 39–45. <https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.87>
- Cofre Santos, F., & Saltos Espín, R. D. (2018). Evaluación del rendimiento y la calidad de la zanahoria (*Daucus carota* l.) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5–16. <https://doi.org/10.46380/rias.v1i1.11>
- Cosio, E. A., Cabrera, M., Schuldt, M., Christiansen, R., & Mayo, J. P. (2014). Evaluación de lombricompuestos como sustrato de crecimiento de Acer Negundo l. en Río Turbio. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 5(3), 56–65. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v5i3.81>
- Cremeneac, L., & Boclaci, T. (2018). EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE PEAS UNDER THE INFLUENCE OF WORM COMPOST. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 18.
- Croper. (2025). *Asociación agropecuaria de Zipaquirá Y la Sabana Centro* | Croper. <https://croper.com/provider/6698-asoagrozis-asociacion-agropecuaria-de-zipaquirá-y-la-sabana-centro>

- Das, A. K., Rout, S. K., Dash, S. K., & Mangaraj, A. (2022). Internet of Things and Cloud Computing for smart vermicomposting by using *Eisenia Fetida* and its optimization by ANN. In S. L. and A. A. H. Peter J. Dinesh and Fernandes (Ed.), *Disruptive Technologies for Big Data and Cloud Applications* (pp. 375–387). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2177-3_37
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2016). Documento CONPES 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Consejo Nacional de Política Económica y Social República De Colombia. Departamento Nacional De Planeación (DNP)*, 1–73.
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2020). *Incentivo tributario de renta exenta para el desarrollo del campo colombiano*. https://www.dian.gov.co/impuestos/Formalizacion-Tributaria/Paginas/Campo.aspx?utm_source=copilot.com
- Dominguez, C. (2023). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales para la obtención de humus en el distrito de Reque*.
- Dutra de Oliveira, P. G., Stumpf Madeira, V., Vitor, P., Dutra de Oliveira, G., Kennedy Vieira, A., & Kennedy Vieira, R. (2024). Enhancing solid waste management: The advantages of biodecomposers and composting: part 1. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, 5(4), 387–391. <https://doi.org/10.37871/jbres1904>
- Empresas públicas de Zipaquirá. (2025, August 12). *EPZ recoge más de 17 mil toneladas de residuos en Zipaquirá - Noticias EPZ ESP*. <https://prensa.epz.gov.co/wp/epz-recoge-mas-de-17-mil-toneladas-de-residuos-en-zipaquirá/>
- Enebe, M. C., & Erasmus, M. (2023). Vermicomposting technology - A perspective on vermicompost production technologies, limitations and prospects. *Journal of Environmental Management*, 345, 118585. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.118585>

- ÉPICA INMOBILIARIA. (2023, September 2). *¿Cuánto se valoriza un inmueble por año en Colombia?* <https://epicainmobiliaria.com/cuanto-valoriza-inmueble-colombia/>
- Flores Pacheco, J. A., Romero, O., Vivas, E., Lacayo, J., & Cassell's, R. (2018). Evaluation of the viability of different diets for the production of lombrihumus with the *Eisenia Foetida* & *Eudrillus Sp* species. *Nexo. Revista Científica*, 31(01), 28–46.
- Garg, P., Gupta, A., & Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97(3), 391–395. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2005.03.009>
- Gavilanes, J. D., Pulla, D. A., Tierra-Llanga, A., Reyes, F., & Isa-Jara, R. (2024). An IoT system for monitoring and controlling microclimates using fuzzy logic applied to a vermicompost culture. *2024 IEEE Eighth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ETCM63562.2024.10746061>
- Ghorbani, M., & Sabour, M. R. (2021). Global trends and characteristics of vermicompost research over the past 24 years. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 94–102. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11119-x>
- González Giraldo, E. M., & Vivares Mira, C. Andrés. (2019). *Valoración de un proyecto agrícola aplicando la teoría de opciones reales. Caso de estudio: Cultivo de Aguacate Hass en Angostura - Antioquia.*
- González Marrero, J. A., & Ríos Longares, R. (2014). Técnicas para fertilizar el suelo en Roma: los tratados De agricultura. *Nº*, 25, 183–197.
- González Urrea, V. (2023). *Informe Final de Pasantía en la Secretaría de Desarrollo Rural y Ambiente del Municipio de Zipaquirá.*

- Guerra Plazas, D. C. (2020). Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá). *SELL Journal*, 5(1), 55.
- Gustavo Viera Molina, L. I., & Orlando Guilcaso Molina, C. I. (2023). *Utilización de sensores IoT para la automatización de sistemas de riego*. 9, 1731–1748.
- Hajam, Y. A., Kumar, R., & Kumar, A. (2023). Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development. *Environmental Challenges*, 13, 100747. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100747>
- Hernández Márquez, C., & Cano Fonseca, S. (2022). *Formulación del proyecto lombricompostaje*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edic, Vol. 59). McGraw-Hill.
- HortiOrganic. (2023). *Informe gestión BIC 2023 HortiOrganic*. https://hortiorganic.com/bdigital/infome-gestionbic-2023-hortiorganic/#flipbook-df_19/9/
- HortiOrganic. (2024). *Informe gestión BIC 2024 HortioOrganic*. https://hortiorganic.com/bdigital/infome-gestionbic-2024-hortiorganic/#flipbook-df_202/1/
- HortiOrganic. (2025a). *Calculadora de Humus - HortiOrganic*. <https://hortiorganic.com/calculadora-de-humus/>
- HortiOrganic. (2025b). *HortiOrganic -Humus alta tecnología para el agro*. <https://hortiorganic.com/>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2003). *Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia*.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). *Resolución 68370 DE 2020 Instituto Colombiano Agropecuario*.

- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2025). *Resolución No. 00034487*.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Monografía Para Optar El Título de Especialistas En Gestión Ambiental*, 49, 6–9.
- Jaramillo Villarreal, J. M. (2023). *Evaluación de cinco dosificaciones de vermicompost en el cultivo de tomate “Solanum Lycopersicum” en los invernaderos del grupo TOMAC en la parroquia general PROAÑO*.
- Javier Pérez, E., & Santos Soledad, E. (2007). *Fertilizantes: Su impacto en la agricultura y en el bienestar social*.
- Jote, C. A. (2023). The impacts of using inorganic chemical fertilizers on the environment and human health. *Organic and Medicinal Chemistry International Journal*.
- Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Khan, M. A., & Sillanpää, M. (2023). Optimization of engineering and process parameters for vermicomposting. *Sustainability*, 15(10), 8090. <https://doi.org/10.3390/su15108090>
- Kauser, H., & Khwairakpam, M. (2022). Organic waste management by two-stage composting process to decrease the time required for vermicomposting. *Environmental Technology & Innovation*, 25, 102193. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2021.102193>
- Körschens, M. (2021). *Long-Term Field Experiments (LTEs)—Importance, Overview, Soil Organic Matter BT - Exploring and Optimizing Agricultural Landscapes* (L. Mueller, V. G. Sychev, N. M. Dronin, & F. Eulenstein, Eds.; pp. 215–231). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67448-9_8
- Leyva Galán, A. (2008). *Reflexiones sobre el Manejo ecológico de los suelos*.

- Linares Basto, A. G., & Sánchez Polo, R. R. (2022). *Economía circular en microempresas de Zipaquirá: Análisis del Panorama Actual*.
- Lombo Celis, L. J., & Mancipe Herrera, D. S. (2021). *Análisis de los impactos ambientales ocasionados por el uso de los fertilizantes nitrogenados, en el cultivo de papa en el municipio de Zipaquirá*.
- López Moscoso, A. C., & Florez Quinche, A. D. P. (2023). *Modelo estratégico para el desarrollo del mercado de los abonos orgánicos en Colombia*.
- Luelmo, Julio. (1975). *Historia de la agricultura en Europa y América*.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental* (p. 789).
- Meghvansi, M. K., Chaudhary, K. K., Khan, M. H., Siddiqui, S., & Varma, A. (2020). *Molecular tools and techniques for understanding the microbial community dynamics of vermicomposting*. 127–151. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39173-7_7
- Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural. (2024). *Análisis de impacto normativo completo producción y comercialización de productos orgánicos certificados en Colombia*. www.minagricultura.gov.co
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, . (2002). Programa Nacional De Agricultura Ecológica. *República De Colombia Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural Dirección De Desarrollo Tecnológico Y Protección Sanitaria*, (1), 1–48.
- Ministerio de Agricultura y Riego Perú. (2020). *Manual técnico: manejo integrado del cultivo de papa*. www.inia.gob.pe
- Mnkeni, P. N. S., & Mupambwa, H. A. (2023). *A decade of vermicomposting research at the university of Fort Hare: Selected insights* (pp. 3–25). https://doi.org/10.1007/978-981-19-8080-0_1

- Mohite, D. D., Chavan, S. S., Jadhav, V. S., Kanase, T., Kadam, M. A., & Singh, A. S. (2024). Vermicomposting: a holistic approach for sustainable crop production, nutrient-rich bio fertilizer, and environmental restoration. *Discover Sustainability*, 5(1), 60. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00245-y>
- Moldagazyyeva, Z., Suleimenova, M., Abdreshov, S., & Kokanova, S. (2023). Development of a comprehensive technology for processing consumer waste. *Evergreen*, 10(3), 1199–1208. <https://doi.org/10.5109/7148440>
- Munroe, G. (2007). Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. *Organic Agriculture Centre of Canada*, 39–40. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/W4/Manual_On_Farm_Vermicomposting_Vermiculture.pdf
- Mutlu, A. (2021). The effect of organic fertilizers on grain yield and some yield components of barley (*Hordeum Vulgare* L). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 10840–10846.
- Naituku, L. K., Ubaub, L., Furlong, M., & Lomavatu-Fong, M. (2025). *A vermicompost manual for smallholder farmers and backyard gardeners in Fiji*. www.spc.int
- Nausa Cáceres, J. (2022). *Estandarización de procesos de destilación de solventes contaminados de la empresa Procesos Ecoambientales de Colombia SAS*.
- Núñez V, J. M., López Flórez, S., Corchado, J. M., & De la Prieta, F. (2025). Edge AIoT-based agricultural recommendation platform to improve humus productivity in vermicomposting processes. *Pervasive and Mobile Computing*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2025.102080>
- Oliver Bocarando, L. C. (2021). *Calidad de flores de Anthuriumn andreanum producida con abonos orgánicos a cielo abierto*.

- Padhy, H. M., Mishra, P., Rath, A., & Mishra, B. K. (2023). Organic fertilizer and manure of vermicompost. *Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* , 16(7 Ser. I), 01–03.
- Pengue, W. (2009). La economía ecológica y el desarrollo en América Latina. *Vertientes Del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*, 53(9), 125–156.
- Pinto cañón, G. (2014). *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana* (Number May).
- Pita García, A. D., & Miranda, N. L. (2023). Producción y Comercialización de Abono Orgánico (Humus de Lombriz Roja Californiana) en el Municipio de Ventaquemada Boyacá. *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, VIII(I), 1–19.
- Ramírez Tomalá, R. G. (2021). *Proyecto microempresario de producción de humus de lombriz en La Parroquia Ancón*. 1–33.
- Riascos, A. R., Crespo-López, G., Guerrero, E. M., & Medina, Y. (2022). Effect of food source on the chemical composition of Californian red worm (*Eisenia Foetida*) vermicompost. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56.
- Rojas Aragón, G. F., Rincon Castro, O. G., Santana Benavides, J. F., & Beltrán Bustos, M. (2020). *Propuesta en supply chain management y logística en la empresa Hortifresco*.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- salariominimocolombia.info. (2026). *Salario Mínimo Colombia 1980 - 2026 | Historico*.
<https://salariominimocolombia.info/historico>
- Sales, F. (2008). *Manual de lombricultura*. 39.
- Salinas Vásquez, F., Sepúlveda Morales, L., & Sepúlveda Chavera, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eiseniafoetida*) elaborado a partir de

- cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 95–99.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200013>
- Samal, K., Raj Mohan, A., Chaudhary, N., & Moulick, S. (2019). Application of vermitechnology in waste management: A review on mechanism and performance. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103392.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103392>
- Sánchez Mojica, K. Y., Pérez Domínguez, L. A., Gutiérrez Londoño, J., & Cardozo Sarmiento, D. O. (2023). A data analytic monitoring with IoT system of the reproductive conditions of the red worm as a product diversification strategy. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18).
<https://doi.org/10.3390/app131810522>
- Shahab, H., Iqbal, M., Sohaib, A., Ullah Khan, F., & Waqas, M. (2024). IoT-based agriculture management techniques for sustainable farming: A comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 220, 108851. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108851>
- Smil, V. (1997). Abonos nitrogenados. *Investigación y Ciencia* 252, 64–70.
- Solanki, S., & Mahore, G. (2021). Low-cost large scale vermicompost unit. *Journal of Physics: Conference Series*, 2115(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2115/1/012026>
- Stepanova, D. I., Grigorev, M. F., & Grigoreva, A. I. (2021). Production of biological fertilizers based on worm technology in Yakutia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 650(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012024>
- Thaer, A. (1893). The Principles of Agriculture. *Nature*, 48(1230), 74–74.
<https://doi.org/10.1038/048074a0>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPR. (2025). *Agrícola | Observatorio de Información Rural y Agropecuaria - AgroNET*.

https://agronet.gov.co/estadisticas/agricola?producto_municipal=13080101&departamento_municipal=25&municipio_municipal=25899#municipal

- Usta, A. N., & Guven, H. (2024). Vermicomposting organic waste with *Eisenia fetida* using a continuous flow-through reactor: Investigating five distinct waste mixtures. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(6), 114384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114384>
- Vega, C. (2017). *Problemas ambientales y de salud derivados del uso de fertilizantes nitrogenados*.
- Vega Ronquillo, E., Rodríguez Guzmán, R., & Serrano González, N. (2009). Organic substrates used for the pepper chay (*Capsicum annum L.*) production in intensive organic garden of the tropic. *Sustratos Orgánicos Usados Para La Producción de Aji Chay (Capsicum Annum L.) En Un Huerto Orgánico Intensivo Del Tropic*, 9(3), 522–529.
- Vijayalakshmi, A., Raj, G. H., Prasad, R. K. V. G., Abishek, B. E., & Stephen, A. (2022). Development of IoT based automation system for efficient production of vermicompost manure. *AIP Conference Proceedings*, 2519(1). <https://doi.org/10.1063/5.0110647/2827879>
- Vitrina del Emprendimiento Rural. (2021). *Negocios verdes las Margaritas - Vitrina de Emprendimiento Rural*. <https://vitrina-emprendimiento-rural.aureliollano.org.co/negocios-verdes-las-margaritas/>
- Zambrano Sánchez, A. M. (2022). *Importancia de la elaboración del humus de la lombriz californiana en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13268>
- Zhang, H., Li, J., Zhang, Y., & Huang, K. (2020). Quality of vermicompost and microbial community diversity affected by the contrasting temperature during vermicomposting of

dewatered sludge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*,
17(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph17051748>

ANEXOS

a. Entrevista a productores

ENTREVISTA PARA PRODUCTORES

Esta entrevista se realiza a personas que desarrollan procesos de lombricompostaje a pequeña y mediana escala, con el objetivo de conocer la aceptabilidad que tiene la implementación de dispositivos de monitoreo y control en lombricultivos.

Información básica del entrevistado

Nombre productor: _____

Nombre de la localidad o vereda: _____

Nombre del predio: _____

Tamaño de la cama lombricultora estudiada (Largo x ancho x alto “cm”): _____

Tamaño total del lombricultivo (Largo x ancho x alto “cm”): _____

Número de camas lombricultoras: _____

Entrevista:

1. ¿Cuánto tiempo lleva como productor de humus de lombriz?
 - Menos de 6 meses
 - Entre 6 y 12 meses
 - Entre 12 y 24 meses
 - Mas de 24 meses

2. ¿Antes de iniciar este proyecto, había tenido alguna experiencia con lombricultivos?
 - Si No

- ¿Cuál?

- ¿Cuánto tiempo llevaba inmerso en la anterior experiencia con lombricultivos?
 - Menos de 6 meses
 - Entre 6 y 12 meses
 - Entre 12 y 24 meses
 - Mas de 24 meses
 - No aplica

3. ¿Cuánto tiempo tarda en obtener humus solido desde que inicia el proceso productivo?
 - Menos de 3 meses
 - Entre 3 y 4 meses
 - Mas de 4 meses ¿Cuánto? _____

11. ¿Cree que este sistema ayudaría a mejorar la producción de abono orgánico?

Si

No

- ¿Por qué?

12. ¿Le gustaría tener conocimiento en tiempo real sobre las condiciones de temperatura, humedad y radiación?

Si

No

13. ¿Le gustaría que esta información quede almacenada y tener acceso a través de una base de datos?

Si

No

- ¿Por qué?

14. ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a pagar mensualmente para tener acceso a esta información?

Entre \$ 20.000 y \$ 40.000

Entre \$ 40.000 y \$ 60.000

Entre \$ 60.000 y \$ 80.000

15. ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a pagar por un dispositivo que le permita acceder a esta información?

Entre \$ 200.000 y \$ 400.000

Entre \$ 400.000 y \$ 600.000

Entre \$ 600.000 y \$ 800.000

Entre \$ 800.000 y \$ 1.000.000

16. ¿Considera usted que el comportamiento reproductivo de la lombriz genera algún impacto importante sobre la producción de abono orgánico?

Si

No

Observaciones:

b. Canales de comercialización de productores de humus en Zipaquirá.

Tipo de canal	Pequeños y medianos productores	Grandes productores
Venta directa en planta de producción	En la mayoría de los casos, los clientes pueden observar el proceso productivo para dar confiabilidad del producto que compran, no hay diferencias significativas entre los pequeños productores.	Clientes realizan visitas a la planta, donde reciben asesoría técnica del producto dependiendo del cultivo al que lo van a aplicar, se genera mayor confianza hacia el producto.
Distribuidores agropecuarios	Presencia limitada en pequeñas tiendas agrícolas debido a la baja capacidad productiva, empaque sin rótulos, falta de información sobre el producto.	Alta cobertura en tiendas agrícolas del mercado, gracias a su mayor capacidad productiva, ofrecimiento de producto con empaques atractivos rotulados e información de sus características.
Plataformas digitales	Se tiene acceso a pequeños consumidores urbanos y rurales interesados en productos orgánicos debido a la presencia en plataformas digitales de agro insumos. La entrega del producto depende de las plataformas digitales generalmente.	Se tiene acceso tanto a pequeños como a grandes consumidores gracias a la venta a través de redes sociales y plataformas digitales propias del agronegocio, la venta es personalizada gracias a una infraestructura logística más eficiente.
Retail (venta minorista)	Las ventas minoristas se realizan en los canales digitales, en algunos casos de forma presencial llevando el producto hasta el domicilio de los clientes.	Las ventas minoristas se realizan a través de los canales digitales, realizan envíos por medio de empresas logísticas o transporte propio de la compañía.
Certificaciones y sellos verdes	Actualmente estos productores no cuentan con certificaciones que garanticen la calidad del producto, ni la concentración de nutrientes.	Cuentan con certificaciones que garantizan la calidad del producto orgánico, además de certificaciones de sostenibilidad de la empresa como sociedades BIC, Negocios Verdes de la CAR, y PROCOLOMBIA (HortiOrganic, 2025b).
Alianzas institucionales	Estos pequeños emprendimientos son conocidos por el territorio y llegan a comercializar su producto para las huertas de las instituciones educativas.	Alianzas estratégicas con alcaldías, instituciones educativas, universidades, empresas privadas y fundaciones, con enfoque sostenible hacia actividades como plantación de árboles nativos,

			recuperación de suelos, y fomento de economía circular con la recuperación de desechos orgánicos, esto brinda valor agregado al agronegocio.
Alianzas con asociaciones/cooperativas	Contacto con asociaciones y cooperativas del municipio, pero baja eficiencia en las alianzas debido a la baja capacidad de oferta, normalmente la negociación se realiza con los asociados de forma individual y no en grupo, ya que no todos están interesados en el producto, baja confiabilidad.		Ventas a gran escala a grupos de asociaciones y cooperativas que cultivan alimentos orgánicos, mayor alcance a contratos gubernamentales para proveer abono orgánico a través de programas subsidiados a estas instituciones.
Ferias campesinas y mercados locales	Alta presencia de estos productores en mercados campesinos y ferias locales.		No aplica
Exportación o venta a empresas certificadas		No aplica	Presencia de gran cantidad de producto en mercado internacional a través de terceros, planes de intervención en este mercado de forma directa, por ejemplo, mercado de costa Rica por parte de HortiOrganic (Arias López et al., 2023).

Nota. Tabla elaborada por el autor.

c. Costos de personal, certificaciones y depreciación

Estimación de costos por personal operativo.

Año	Costo operativo
1	\$ 35.826.172,25
2	\$ 39.408.789,47
3	\$ 42.991.406,70
4	\$ 46.574.023,92
5	\$ 50.156.641,15

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estimación de costos de elementos de protección personal.

Costo de EPPS	Valor unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Guantes de caucho	\$ 25.200	\$ 75.600	\$ 77.868	\$ 80.136	\$ 82.404	\$ 84.672
Botas de Caucho	\$ 71.400	\$ 214.200	\$ 220.626	\$ 227.052	\$ 233.478	\$ 239.904
Overol	\$ 111.860	\$ 335.580	\$ 345.647	\$ 355.715	\$ 365.782	\$ 375.850
Gafas de seguridad	\$ 9.520	\$ 28.560	\$ 29.417	\$ 30.274	\$ 31.130	\$ 31.987
Delantal plástico	\$ 31.535	\$ 94.605	\$ 97.443	\$ 100.281	\$ 103.119	\$ 105.958
Sombrero	\$ 23.562	\$ 70.686	\$ 72.807	\$ 74.927	\$ 77.048	\$ 79.168
Protector auditivo	\$ 8.925	\$ 26.775	\$ 27.578	\$ 28.382	\$ 29.185	\$ 29.988
Total	\$ 282.002	\$ 846.006	\$ 871.386	\$ 896.766	\$ 922.147	\$ 947.527

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estimación de costos por certificación ICA.

Código	Concepto	Tarifa 2026
07067	Registro ICA para insumos (Plaguicidas, Coadyuvantes, Fertilizantes, Acondicionadores de Suelos y/o Bioinsumos) de uso agrícola (Incluye revisión técnica documental).	\$ 2.267.050
07079	Concepto de revisión técnica documental y Visita de verificación a planta y/o bodega para Registro ICA de empresas como: fabricante, formulador, envasador, importador, exportador y distribuidor de plaguicidas químicos de uso agrícola; productor o importador de Bioinsumos; Productor (Fabricante, Formulador, Envasador o Empacador) Importador y/o Distribuidor de Fertilizantes y/o Acondicionadores de Suelos.	\$ 1.197.150

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Estimación de depreciación de activos.

	Tiempo depreciación (años)	Valor inicial
Dispositivo de monitoreo y control	5	\$ 450.000
Camas lombricultoras	10	\$ 1.338.150
Equipos de trabajo (Báscula y sensor de pH)	5	\$ 345.000
Equipos de computo	7	\$ 4.000.000
Herramientas	5	\$ 1.316.700
Selladora de sacos de polipropileno	5	\$ 515.000
Trituradora	10	\$ 9.300.000
Cribadora	10	\$ 20.000.000

Nota. Tabla elaborada por el autor.

d. Análisis de la contratación de personal en el agronegocio.

Tipo de cargo	Personas requeridas por cargo	Perfil	Principales funciones	Momento de contratación
Junta directiva	1	Socios e inversionistas de la compañía.	Planeación y establecimiento de estrategias para periodos de corto, mediano y largo plazo. Toma de decisiones que afectan la organización en general.	Desde el inicio, es la base de inversión de la organización, puede ser variable de acuerdo con la decisión de aceptar nuevos inversionistas.
Gerente general	1	Administrador de empresas, ingeniero industrial o profesiones afines con al menos 3 años de experiencia en empresas del sector agroindustrial.	Supervisión de las actividades realizadas por cada departamento de la compañía. Administración de los recursos de la compañía. Creación y seguimiento de estrategias de sostenibilidad para adquirir certificaciones que permitan el ingreso a nuevos mercados.	10 años aproximadamente o momento en que la junta directiva no logre realizar todas las funciones de administración requeridas, de acuerdo con el tamaño del agronegocio.
Coordinador de operaciones	1	Ingeniero mecatrónico, industrial, eléctrico o afines recién egresado, o tecnólogo con al menos 2 años de experiencia en empresas del sector agroindustrial, experiencia en manejo de personal.	Supervisión de actividades desarrolladas por el equipo de operaciones para cumplir condiciones de calidad y bioseguridad, planeación de nuevas estrategias de mejora continua, implementación de estrategias de innovación.	7 años o momento en que el inversionista principal (ideador del agronegocio) no pueda realizar estas actividades a plenitud.
Operarios de producción	1	Personal operativo con al menos 6 meses de experiencia en desarrollo de actividades agropecuarias.	Armar camas lombricultoras, desarrollar mantenimiento locativo a esta infraestructura, desarrollar inicio, seguimiento, finalización	Desde el inicio del agronegocio se requiere un operario, la cantidad irá incrementando de acuerdo con los niveles de producción.

			de los lombricultivos, desarrollar tamizaje y empaque del producto final.	
Coordinador comercial y de mercadeo	1	Profesional en ingeniería industrial, mercadeo o profesiones afines al marketing con al menos 1 año de experiencia.	Diseñar nuevas estrategias de mercadeo en redes publicitarias y otros espacios requeridos por la compañía.	8 años aproximadamente, mientras tanto el proceso comercial y de mercadeo será realizada por la junta directiva.
Redes y comunicaciones	1	Técnico en tecnología y publicidad o diseño gráfico.	Desarrollo de publicaciones en redes sociales y otros medios de comunicación.	A partir del segundo año para incrementar visibilidad en el mercado, se realiza de forma tercerizada.
Coordinador de logística	1	Técnico en logística, recién egresado.	Coordinar el transporte de materia prima y producto final de acuerdo con requerimientos del agronegocio y su conexión con proveedores y clientes.	8 años aproximadamente o cuando el inversionista principal no pueda realizar estas actividades a plenitud.
Operador logístico	1	Conductores con vehículo propio y experiencia en transporte de productos agrícolas.	Realizar el traslado de materia prima a la planta de producción, así como producto final a local comercial o clientes, según requerimientos del proceso de comercialización.	Desde el inicio del agronegocio, se realiza de forma tercerizada.
Contador	1	Profesional en contabilidad o finanzas con al menos 2 años de experiencia en el cargo en empresas del sector agroindustrial.	Llevar la contabilidad general de la compañía, elaboración de libros contables y estados financieros.	Se contempla de forma tercerizada.
Coordinador de talento humano	1	Profesional en ingeniería industrial, seguridad y salud en el trabajo con al menos 1 año de experiencia.	Diseñar el sistema de seguridad y salud en el trabajo, apoyar en el cumplimiento de sistemas de gestión, realizar los procesos de contratación, mantener al día hojas de vida de los empleados.	8 años aproximadamente, mientras tanto los procesos de contratación se realizarán con apoyo de un tercero.

Nota. Tabla elaborada por el autor.

e. Modelo de propuesta de valor canvas

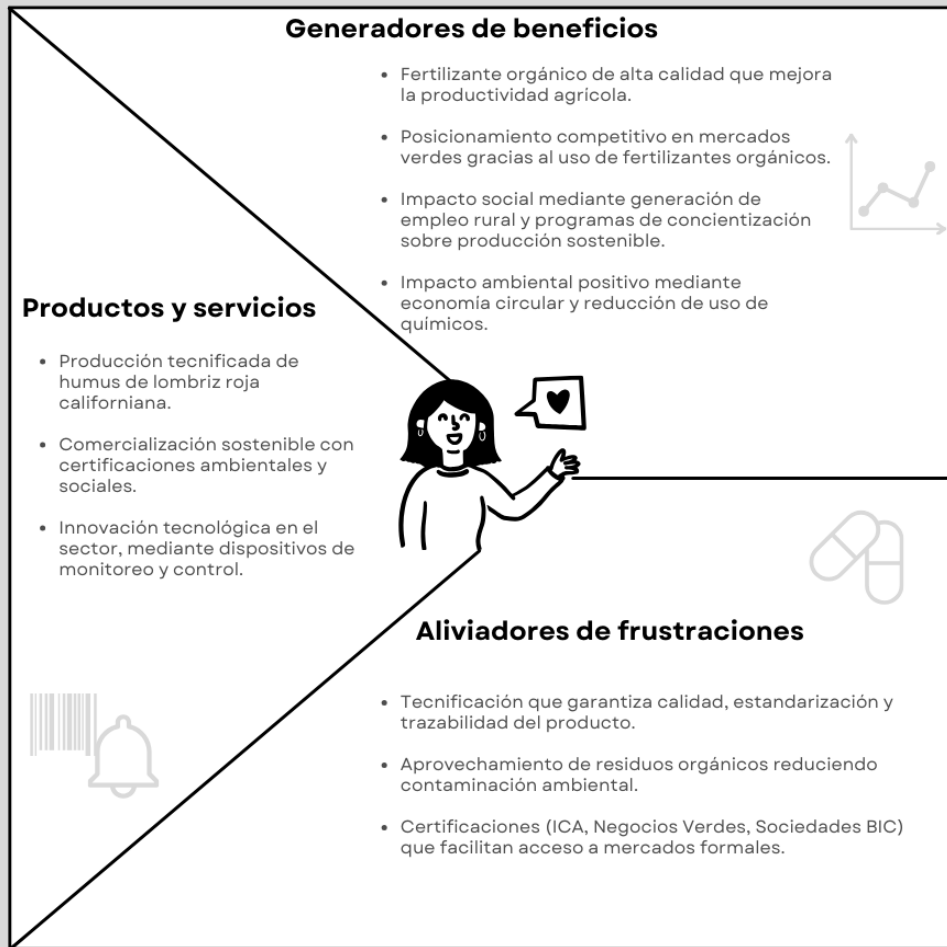
Propuesta de Valor

Propuesta de valor:

FERTILIZANTE ORGÁNICO CON TRAZABILIDAD A TRAVÉS DE PRODUCCIÓN TECNIFICADA, CERTIFICACIÓN ORGÁNICA Y SOSTENIBLE A TRAVÉS DE IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO Y CONTRIBUCIÓN SOCIAL EN ZIPAQUIRÁ TRANSFORMANDO RESIDUOS ORGÁNICOS EN PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA.

Segmento de clientes:

AGRICULTORES LOCALES DE ZIPAQUIRÁ CON CULTIVOS DE PAPA, ARVEJA, ZANAHORIA, HORTALIZAS Y FLORES
ENTIDADES PÚBLICAS Y/O PRIVADAS INTERESADAS EN INSUMOS ORGÁNICOS CERTIFICADOS
PRODUCTORES DE ALIMENTOS ORGÁNICOS NO TRADICIONALES



f. Matriz de seguimiento de indicadores productivos

Matriz de seguimiento de indicadores productivos

Año: _____

Lote de producción	Ingreso materia orgánica (Ton)	Salida de humus (Ton)	Productividad (%)	Tiempo de lombricompostaje (meses)
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				
Promedio				

Porcentaje de tecnificación de proceso productivo: 43%

Proceso	Si	No
Recepción		x
Triturado	x	
Pre-compostaje		x
Lombricompostaje	x	
Secado		x
Tamizado	x	
Empaque		x

g. Matriz de cumplimiento de parámetros de estandarización

Cumplimiento de parámetros de estandarización

Pre-compostaje	Cumple	No cumple
Humedad		
Temperatura		
Aireación		
Tamaño de partícula		
Relación carbono/nitrógeno		
pH		
Tiempo		
Altura de la pila		

Lombricompostaje	Cumple	No cumple
Humedad		
Temperatura		
Aireación		
Relación carbono/nitrógeno		
pH		
Pie de cría de lombriz		
Tiempo		
Alimentación		

Maduración y almacenamiento	Cumple	No cumple
Humedad		
Temperatura		
Aireación		
Tamaño de partícula		
Olor/color		
Almacenamiento		

h. Matriz de seguimiento de indicadores económicos

Matriz de seguimiento de indicadores económicos

Año: _____

Mes	Toneladas de humus vendidas	Utilidades obtenidas	Utilidad por tonelada	Ventas dentro del municipio (%)	Ventas fuera del municipio (%)
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
Total					

Canal de comercialización	Porcentaje de venta por cada canal
Venta directa en planta de producción	
Distribuidores agropecuarios	
Plataformas digitales	
Retail (venta minorista)	
Certificaciones y sellos verdes:	
Alianzas institucionales	
Alianzas con asociaciones/cooperativas	
Ferias campesinas y mercados locales	
Exportación o venta a empresas certificadas	
Total	100%

i. Matriz de seguimiento de indicadores ambientales

Matriz de seguimiento de indicadores ambientales

Año: _____

Mes	Recurso hídrico consumido (m3)	Fuente del recurso hídrico	Energía eléctrica consumida	Fuente de energía eléctrica	Toneladas de desechos orgánicos transformados
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
Total					

Calidad de humus obtenido según análisis de laboratorio

parámetro	Prueba 1	Prueba 2
Conductividad eléctrica		
Acidez		
Materia orgánica		
Relación Carbono/nitrógeno		
Porcentaje de Nitrógeno		
Porcentaje de fósforo		
Porcentaje de potasio		
Capacidad de retención de humedad		
Capacidad de captura de carbono		

j. Matriz de seguimiento de indicadores sociales

Matriz de seguimiento de indicadores sociales

Tipo de aliado	Cantidad de aliados	Funciones dentro de la cadena productiva y tipo de relación	Tiempo de alianza (años)
Instituciones educativas (colegios, universidades)			
Alcaldía y programas de Negocios Verdes			
Alianzas con otros productores de abono orgánico			
Alianzas con productores de alimentos orgánicos			
Distribuidores locales			
Proveedor			
Cliente			
Transportador			

Generación de empleo

Año: 2026	Cantidad	
	Tiempo completo	Tiempo parcial
Empleos directos	1	1
Empleos indirectos	3	

Cargo	Cantidad
operarios	1
administrativos	1
transportadores	1
Vendedores	2

Total de empleos: 5

k. Matriz de seguimiento de programas de concientización

Programas de concientización

Temática	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Características y calidad del humus de lombriz												
Bioseguridad (uso adecuado de elementos de protección personal)												
Impacto y beneficios de la producción orgánica (fertilizantes y otros alimentos)												
Economía circular y desarrollo sostenible												
Aportes del agronegocio a la sostenibilidad (cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible)												
Proceso productivo (Desde la recepción de residuos orgánicos hasta la obtención de producto final)												
Importancia y beneficios de asociatividad												
Adopción de nuevas tecnologías sostenibles para el suministro de energía eléctrica												
Fertilizantes orgánicos y fertilizantes químicos (ventajas, desventajas, diferencias)												
Beneficios de innovación tecnológica												
Tecnología empleada para monitorear y controlar el proceso productivo												
Beneficios de producir y utilizar humus de lombriz roja Californiana												
Función de rellenos sanitarios, residuos orgánicos depositados allí cuando podrían ser reutilizados												
Recuperación de características de los suelos												
Importancia de producir de forma sostenible aprovechando de forma óptima los recursos ambientales, económicos y sociales que se tienen disponibles												

Tipo de población capacitada	Cantidad
Personal interno de la compañía	
Visitantes de la planta de producción	
Comunidad en general	
Instituciones educativas (colegios, universidades)	
Alcaldía y programas de Negocios Verdes	
Productores de abono orgánico	
Productores de alimentos orgánicos	
Distribuidores locales	
Proveedor	
Cliente	
Transportador	

I. Parámetros de calidad del humus.

Referencia de valores nutricionales de humus de lombriz.

Contenido	Composición
Carbono orgánico	9,54 - 17,98%
Sodio	0,06 - 0,3%
Calcio y magnesio	22,67 – 47,6 meq/100gm
Cobre	2 - 9,5 mg/kg
Hierro	2 - 9,3 mg/kg
Zinc	5,7 – 11,50 mg/kg
Azufre	128 - 548 mg/kg

Nota. Valores nutricionales encontrados luego de estudio sobre el abono de vermicompost con uso de la lombriz roja Californiana *Eisenia Foetida*. Datos tomados de Padhy et al. (2023).

Referencia de parámetros de calidad de humus de lombriz.

Tratamiento	Parámetros							
	Ce (dS/m)	Acidez (pH)	Mat. Orgánica (%)	Relación C/N	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	
T0	Inicial	2,97	8,62	3,21	3,5	0,99	0,085	277,5
	Final	0,8 d	8,6 a	6,9 e	4,51 e	0,98 d	0,07 c	519,68 b
	Δ%	-73,06	-0,23	114,95	28,86	-1,01	-17,65	87,27
T1	Inicial	2,6	8,5	35	16	1,3	0,36	3.611
	Final	2,13 a	8,5 a	37,9 b	17,46 a	1,25 c	0,13 a	470,4 c
	Δ%	-18,08	0,00	8,29	9,13	-3,85	-69,89	-86,97
T2	Inicial	1,72	8,67	15	9,7	0,9	0,198	5.055,55
	Final	0,88 e	8,6 a	12,9	8,02 d	0,94 e	0,1 b	522 a
	Δ%	-48,84	-0,81	-14	-17,32	4,44	-49,49	-89,67
T3	Inicial	2,32	7,86	31,2	9,76	1,86	0,2	3.230
	Final	1,38 c	7,86 b	31,6 c	14,4 c	1,32 b	0,12 a	388,8 d
	Δ%	-40,52	0,00	1,28	47,54	-29,03	-40,00	-87,96
T4	Inicial	3,97	7,94	36	14	1,65	0,4	3.500
	Final	1,93 b	7,9 b	44,3 a	16,05 b	1,6 a	0,13 a	380 e
	Δ%	-51,39	-0,50	23,06	14,64	-3,03	-67,5	-89,14

Nota. Evaluación de calidad química del humus producido por la *Eisenia Foetida* elaborado a partir de cuatro tratamientos: T0 (suelo 100 %); T1 (compost tomate: pimentón)(1:1 p/p); T2 (restos frescos de tomate-pimentón: suelo)(1:1 p/p); T3 (compost plantas ornamentales Ficus: Hibiscus: Cynodon)(1:1:3 p/p) y T4 (compost olivo: tomate)(1:1 p/p). El humus obtenido en T4 (mezcla de herbáceas y leñosas) presentó los mejores indicadores químicos. Fuente: Tabla tomada de Salinas-Vásquez et al. (2014).