



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL

**Desarrollo de la propuesta de un módulo de bioconversión con
Hermetia illucens para el manejo de residuos orgánicos en una
Central de Abasto**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Estrategia Agroempresarial

PRESENTA

Isacc Sánchez Sosa

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

Dr. Roberto Rendón Medel.



APROBADA



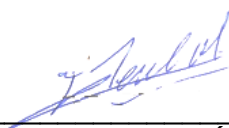
Chapingo, Estado de México, abril de 2024.

**DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE UN MÓDULO DE
BIOCONVERSIÓN CON *Hermetia illucens* PARA EL
MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN UNA CENTRAL
DE ABASTO**

Tesis realizada por Isacc Sánchez Sosa, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

DIRECTOR:



DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL

ASESOR:



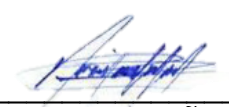
M.C. HORACIO ELISEO ALVARADO RAYA

ASESOR:



M.C. OSCAR FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

ASESOR:



M.C. VICTOR HUGO VILLASEÑOR CARMONA

DEDICATORIAS

A mis padres Eleuterio y Maximina, que siempre han estado para mí.

A mis hermanos Darío, Jesús y Hermilo que me apoyan incondicionalmente.

A Elizabeth que me ha acompañado firmemente.

Al pueblo de México, a quien debo ser quien ahora soy, que este trabajo sume al desarrollo de nuestro amado país.

AGRADECIMIENTOS

Al personal administrativo, profesores, alumnos y exalumnos del CUESTAAM por formar parte fundamental de mi desarrollo durante el posgrado.

A la familia Rendón De La Torre por la confianza y el compromiso mostrado al presente trabajo.

A los directivos, personal y socios de la Central de Abasto de Huixcolotla, por siempre estar dispuestos a innovar.

A la CONACCA, por haberme brindado todas las facilidades posibles para realizar mi trabajo de campo.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por su apoyo invaluable para respaldar mi formación con una beca de posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Isacc Sánchez Sosa nació el 11 de septiembre de 1990, oriundo de Tlacuitlapa, Aquixtla, Puebla. Es Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo, generación 2015. Realizó su estancia profesional en la Comisión de Agricultura y Sistemas de Riego de la Cámara de Diputados en la LXII legislatura.



Ha sido asesor de productores de café, maíz, manzana, nopal y maguey en distintos estados a lo largo del país. Ha participado en la elaboración y gestión de proyectos de distinto tipo para pequeños, medianos y grandes productores. Cuenta con experiencia en proyectos relacionados a la captación, conducción y aprovechamiento del agua para actividades agropecuarias.

Durante los últimos 4 años ha participado en proyectos relacionados con el manejo de residuos orgánicos para la Cooperativa Maiceros de Jilotzingo y la Central de Abastos de Ecatepec, entre otras.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE UN MÓDULO DE BIOCONVERSIÓN CON *Hermetia illucens* PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN UNA CENTRAL DE ABASTO

DEVELOPMENT OF THE PROPOSAL OF A BIOCONVERSION MODULE WITH *Hermetia illucens* FOR THE MANAGEMENT OF ORGANIC WASTE IN A MARKET

Sánchez-Sosa Isacc¹, Rendón-Medel Roberto²

RESUMEN

En México se generan 40 mil toneladas por día de residuos sólidos urbanos de tipo orgánico (RSUO) los cuales son canalizados a 2,203 sitios de disposición final a cielo abierto. Los RSUO, por esta forma de disposición final, son fuente de contaminación ambiental, implican un costo por su manejo y representan un problema para las zonas con este tipo de tiraderos. Una de las grandes generadoras de este tipo de residuos son las Centrales de Abasto (CEDA). Entre las alternativas que se han desarrollado para la obtención de productos con valor de mercado, principalmente grasa y proteína para la alimentación animal y composta para sistemas agrícolas, se encuentra el proceso de bioconversión mediante la Mosca Soldado Negra (MSN) (*Hermetia illucens*). El objetivo de esta investigación fue analizar la factibilidad técnica y económica del uso de la MSN en el proceso de bioconversión de los RSUO provenientes de una CEDA. Se encuestaron 16 CEDA para caracterizar el tipo de residuos, su nivel de adopción de innovaciones (INAI) en el tratamiento de estos residuos y el análisis de rentabilidad del eventual uso de la MSN como estrategia de bioconversión. Los resultados indican que el 77% de las CEDA disponen sus desperdicios en tiraderos a cielo abierto, de los cuales el 39% son frutas y el 38% hortalizas. Para el análisis de rentabilidad se tomó la CEDA 11 por presentar un INAI del 64% y reportar relaciones con instituciones de gobierno y centros de enseñanza e investigación. En la CEDA 11, la bioconversión con MSN mostró una relación Beneficio / Costo de 3.01 a partir del año uno. Se concluye que el uso de MSN es una alternativa técnica y económicamente viable para el manejo de los RSUO de las CEDA.

Palabras Clave: Bioconversión, economía circular, proteína de insectos, compostaje.

SUMMARY

In Mexico, 40 thousand tons per day of organic urban solid waste (USW) are generated, which are directed to 2,203 open-air final disposal sites. USW due to this form of final disposal, is a source of environmental pollution, implies a cost for its management and represents a problem for areas with this type of landfills. One of the largest generators of this type of waste is the Central de Abastos Market (CEDA). Among the alternatives that have been developed is the bioconversion process using the Black Soldier Fly (MSN) (*Hermetia illucens*) to obtain products with market value, mainly fat and protein for animal feed and compost for agricultural systems. The objective of this research was to analyze the technical and economic feasibility of using MSN in the bioconversion process of USW from a CEDA. 16 CEDAs were surveyed to characterize the type of waste, their level of adoption of innovations (INAI) in the treatment of this waste and the profitability analysis of the eventual use of MSN as a bioconversion strategy. The results indicate that 77% of the CEDAs dispose of their waste in open-air final disposal sites, of which 39% are fruits and 38% are vegetables. For the profitability analysis, CEDA 11 was taken for presenting an INAI of 64% and reporting relationships with government institutions and teaching and research centers. In CEDA 11, bioconversion with MSN showed a Benefit / Cost ratio of 3.01 from year one. It is concluded that the use of MSN is a technically and economically viable alternative for the management of CEDA USW

Keywords: Bioconversion, circular economy, insect protein, composting.

¹ Tesista

² Director

CONTENIDO

RESUMEN	v
SUMMARY	v
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Antecedentes	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivo General.....	7
1.5 Objetivos específicos.....	7
1.6 Preguntas de investigación.....	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1 Marco teórico.....	9
2.1.1 Economía circular.....	9
2.1.2 Bioeconomía	10
2.1.3 Innovación	11
2.1.4 Análisis de redes sociales	11
2.1.5 Formulación y evaluación de proyectos de inversión.....	12
2.2 Marco referencial.....	14
2.2.1 Generación de residuos orgánicos.	14
2.2.2 Plantas de tratamiento o de aprovechamiento de residuos.....	14
2.2.3 Tiraderos a cielo abierto	14
2.2.4 Compostaje	15
2.2.5 Lombricomposta.....	15
2.2.6 Larva de mosca soldado negro (<i>H. illucens</i> Linnaeus 1758).....	16

2.2.7	Tendencias clave en el uso de insectos para manejo de RO.....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1	Manejo de RO en las CEDAS.....	30
3.2	Desarrollo del proyecto.....	31
3.3	Análisis de alternativas	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1	Manejo de residuos orgánicos en las CEDA.....	33
4.1.1	Generación de residuos orgánicos.	33
4.2	Índice de Adopción de Innovaciones (InAI).....	34
4.3	Tasa de adopción de innovaciones (TAI).....	34
4.4	Análisis de la red de conocimiento.....	35
4.5	Desarrollo del proyecto de Bioconversión.....	36
4.5.1	Dueños de la empresa	37
4.5.2	Estrategia comercial.	37
4.5.3	Localización del proyecto.	37
4.5.4	Ingeniería del proyecto.	38
4.6	Evaluación financiera.....	40
4.6.1	Capital de trabajo.	40
4.6.2	Presupuesto de inversiones.	41
4.6.3	Proyección de ingresos y egresos.	42
4.6.4	Evaluación de rentabilidad de la empresa.	42
4.7	Análisis de alternativas para manejo de RO.	43
4.8	Comparación con y sin el proyecto.	44
5.	CONCLUSIONES	45
6.	LITERATURA CITADA	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Criterios y parámetros para la elección de la alternativa.	32
Cuadro 2. Tipo y cantidad de los residuos generados en la CEDA.	33
Cuadro 3. Innovaciones y su tasa de adopción.....	35
Cuadro 4. Capital de trabajo.	40
Cuadro 5. Presupuesto de inversión.	41
Cuadro 6. Ingresos, egresos y utilidades.	42
Cuadro 7. Indicadores de rentabilidad de la empresa.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de economía circular.	9
Figura 2. Elementos de la bioeconomía.	11
Figura 3. ciclo de la producción de LMSN.	16
Figura 4. Estadios larvarios de H. illucens.	18
Figura 5. Tasa de crecimiento de larvas de H. illucens.	19
Figura 6. Perspectivas actuales y para el 2030 en el mercado de la harina de LMSN en el mundo.	26
Figura 7. Localización del proyecto.	31
Figura 8. Índice de adopción de innovaciones de las CEDA.	34
Figura 9. Red de conocimiento.	36
Figura 10. Ciclo biológico de la MSN, visto de manera lineal.	38
Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de engorda de LMSN.	40
Figura 12. Comparación de alternativas para manejo de RO por las CEDAs ...	43
Figura 13. Comparación con y sin el proyecto.	44

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En 2012 la producción mundial de residuos sólidos urbanos se estimó en 1,300 millones de toneladas diarias, y se prevé que podría crecer hasta los 2,200 millones en el año 2025. En México, la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) alcanzó 120,128 t/día (SEMARNAT 2015).

En el 2017 ingresaron en los 2,203 Sitios de Disposición Final (SDF), un promedio de 86,352.7 t/día de residuos, estos sitios están ubicados en 1,722 municipios, de prácticamente todas las entidades federativas, a excepción de la Ciudad de México, que no cuenta con este tipo de instalaciones. De estos el 31.56% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento, el 46.42% a residuos orgánicos y el 22.03% a “otros residuos”. De esos SDF el 8.62% cuentan con báscula para el pesaje de los residuos, 16.30% cuentan con infraestructura para la captación de lixiviados, y 25% con tratamiento de éstos, 9.67% cuentan con infraestructura para la captura de biogás y el 47.80% no cuentan con infraestructura básica para la protección del ambiente (SEMARNAT 2020).

Uno de los temas más relevantes es el que tiene que ver con su adecuado confinamiento, con la finalidad de evitar que se generen biogases (metano, bióxido de carbono, monóxido de carbono, amoníaco, entre otros.), contaminación de los suelos y de los cuerpos de agua (lixiviación que puede provocar problemas de toxicidad, eutrofización y acidificación), proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades (principalmente por ratas e insectos como moscas, cucarachas, pulgas y mosquitos) que pueden ser vectores de enfermedades como diarrea, tifoidea, paludismo, giardiasis y dengue.

Se ha buscado implementar métodos que aprovechen los residuos orgánicos como biodigestores, compostaje y lombricultura. Los procesos de disposición de residuos sostenibles dependen de la implementación adecuada de nuevas tecnologías, para esto se han estudiado diferentes insectos que pueden cumplir con esta labor de manera más eficiente y dando un valor agregado. Un ejemplo

de ello es la Larva de Mosca Soldado Negra (LMSN) (*Hermetia illucens*), estudiada en los últimos años por su rendimiento para descomponer materia orgánica produciendo abono de calidad y larva fresca o deshidratada para uso en la alimentación de cerdos, aves y peces principalmente.

1.2 Antecedentes

Los desechos de alimentos, los residuos agrícolas y los subproductos del procesamiento de agronegocios se están considerando como una fuente sostenible de sustratos para los insectos cultivados.

La bioconversión basada en insectos está ganando atención a medida que los estudios han demostrado que varias especies de insectos comestibles pueden convertir materiales secundarios de bajo valor en productos básicos de alto valor como biomasa (proteínas, lípidos), biocombustibles, lubricantes y excrementos (utilizados como fertilizante).

Se está prestando mucha atención al potencial de los insectos comestibles para diversificar las dietas y mejorar la seguridad alimentaria en muchas partes del mundo, especialmente donde hay escasez de alimentos (Arnold van Huis et al. 2013). En este sentido, los insectos son una alternativa a las fuentes tradicionales de proteínas. La composición nutricional de los insectos combinada con el uso más eficiente de los recursos naturales y una menor huella ambiental contribuyen a los objetivos de desarrollo social de la OMS.

1.3 Justificación

Los beneficios del uso de la mosca soldado negro en la conversión de residuos orgánicos desde la perspectiva de los gestores de residuos (beneficios para la salud funcional y ambiental) son la reducción potencial de residuos en poco tiempo; baja huella de carbono; alta conversión de alimento a masa corporal; ser una especie no vectora de enfermedades; así como reducir las poblaciones de patógenos y otras plagas. Adicionalmente, desde la perspectiva de las empresas, produce materiales valiosos económicamente mientras requiere un bajo uso de

agua y tierra en comparación con otras fuentes de proteínas alternativa (Siddiqui et al. 2022a).

En 2019, en el mundo se desperdiciaron alrededor de 931 millones de toneladas de alimentos, o el 17 % del total de alimentos disponibles para los consumidores. Por lo tanto, el uso de LMSN representa una forma atractiva de reutilizar el desperdicio de alimentos y contribuir a una economía circular. Varias empresas privadas en diferentes regiones del mundo ya están empleando este método y buscan expandir la aplicación.

Las centrales de abasto son grandes generadores de residuos. De las 172 toneladas diarias de basura que generan, el 36% son residuos inorgánicos y el 64% de residuos orgánicos (RO). De estos últimos el 39% son frutas, el 38% hortalizas, el 10% carnes, pescados y mariscos, y el 7% de granos y cereales. De ser bien manejados, estos presentan un gran potencial para fomentar la minimización de desperdicios y el reciclaje. Para ello se requiere una serie de actividades, equipamientos adecuados y de un papel más activo de la administración de cada Central de Abasto (CEDA) en materia de residuos.

1.4 Objetivo General

Analizar la situación actual del manejo de residuos orgánicos en las centrales de abasto del país; con el análisis de la información obtenida en una encuesta de línea base, análisis de indicadores de adopción de innovaciones y análisis de redes sociales; orientando a la identificación del por qué el uso de mosca soldado negro es una alternativa técnica, social, ambiental y económicamente viable.

1.5 Objetivos específicos

1. Analizar el estatus de la generación, composición y manejo de residuos de las centrales de abasto, mediante una encuesta de línea base, el uso de indicadores de innovación y análisis de las redes sociales; buscando conocer la situación actual del manejo de residuos orgánicos.

2. Diseñar y evaluar un proyecto de manejo de residuos orgánicos con LMSN, mediante la elaboración de un estudio ingenieril, empresarial y financiero, buscando contar con las bases operativas y de inversión para este manejo.
3. Analizar las alternativas de manejo de residuos orgánicos, utilizando metodologías de análisis multicriterio, buscando contrastar la viabilidad del uso de la MSN con los manejos actuales.

1.6 Preguntas de investigación

- ¿Cuántas toneladas de residuos orgánicos y en que composición generan las centrales de abasto? ¿Cuál es su índice de adopción de innovaciones y la tasa de adopción de innovaciones? ¿Cómo se encuentran los actores en la red de conocimiento?
- ¿Cómo elegir una CEDA para la elaboración del proyecto? ¿Cuál es la estrategia comercial? ¿Cuáles son los indicadores financieros del proyecto de inversión?
- ¿El uso de larva de mosca soldado negro es técnica, social, ambiental y económicamente viable en comparación con otros métodos de manejo usados actualmente?

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1 Economía circular

La Economía Circular (CE) es un enfoque para promover el uso sostenible de los recursos y abordar los desafíos ambientales. Además, conecta la circularidad con nuevos flujos económicos a partir de la cadena de valor como son los negocios de nuevos servicios, negocios de productos y materiales de segunda mano, negocios de reparación, negocios en la gestión de residuos y negocios en materiales secundarios (Yamaguchi. 2018).

El modelo de economía circular a partir de la cadena de valor (figura 1) presenta modelos de innovación para mejorar el uso eficiente de recursos a partir de diversos modelos como el reciclaje, el reúso, el rediseño y modelos de simbiosis entre dos o más empresas como el de compartir infraestructura o el intercambio de subproductos.

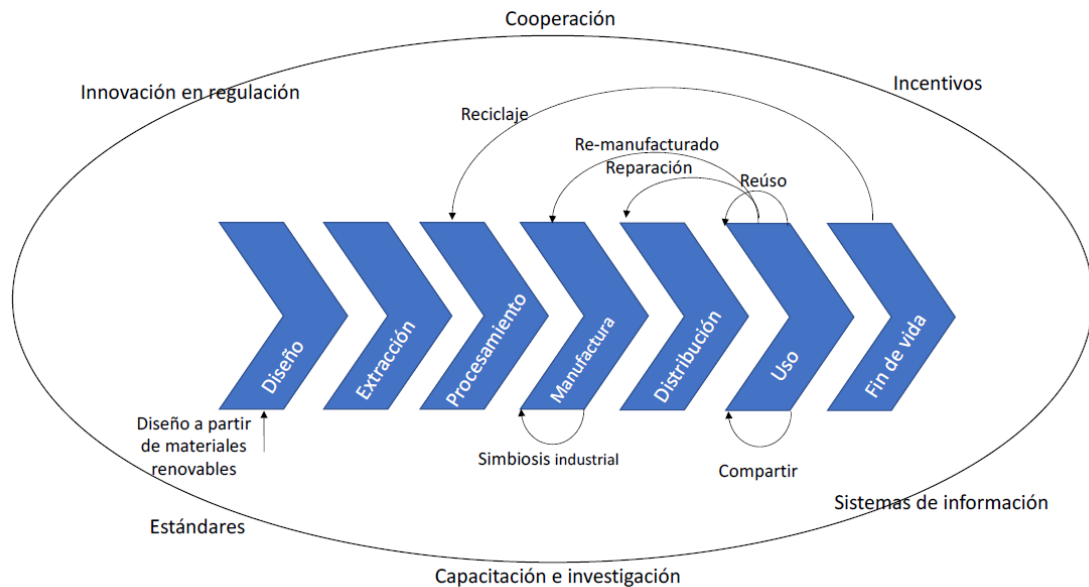


Figura 1. Modelo de economía circular.

Fuente: (Van Hoof et al 2022)

La economía circular impacta de manera diferente tanto en las cadenas de valor locales como en las cadenas globales. Los modelos de negocio circulares reducen la extracción de recursos y la dependencia de insumos importados de cadenas globales. En este sentido, la economía circular estimula cadenas locales y reduce la dependencia de cadenas globales. Las cadenas globales, para escalar en forma sistemática la economía circular, requieren mayor custodia de los recursos físicos extraídos a lo largo de todos los eslabones, al igual que una homologación de estándares de calidad de materiales recuperados y de extracción. Además, la economía circular puede estimular nuevas cadenas globales en gestión de residuos, remanufactura, nuevos materiales y servicios (Yamaguchi, 2018).

2.1.2 Bioeconomía

La bioeconomía es la producción y distribución de los bienes y servicios que se obtienen de la transmutación dirigida de los seres vivos y sus sustancias (plantas, animales, bacterias, virus, enzimas), para satisfacer las necesidades individualizadas del consumidor (el ser humano). Según sus características y circunstancias (Brambila Paz 2011) los recursos biológicos constituyen la base de la bioeconomía. Dado que tales recursos son específicos a su lugar de origen, desde el punto de vista de productivo se puede hablar de bioeconomías, más que de bioeconomía en términos genéricos.

Los elementos centrales de la bioeconomía son los recursos, procesos y principios biológicos, así como todas las tecnologías - convencionales y modernas - asociadas a su conocimiento, desarrollo, emulación, transformación o regeneración (figura 2).

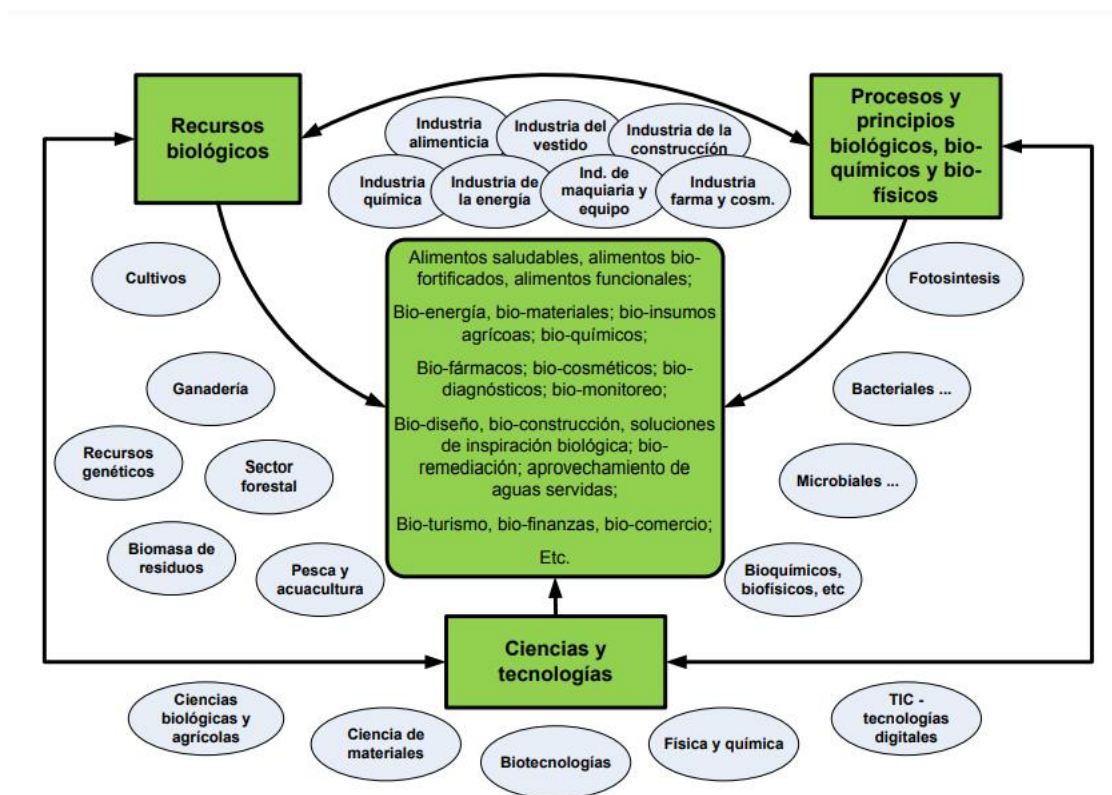


Figura 2. Elementos de la bioeconomía.

Fuente: Rodríguez, Miandaini, and Hitschfeld 2018)

2.1.3 Innovación

La innovación es el proceso de convertir las ideas generadas en creatividad y conocimiento en un nuevo valor a través del pensamiento (Ozaralli and Rivenburgh 2016). De esta manera, la innovación es la capacidad de aplicar la creatividad para dar soluciones a esas oportunidades.

Muñoz et al. 2007, define a la innovación como todo cambio basado en conocimiento que genera riqueza.

2.1.4 Análisis de redes sociales

El Análisis de Redes Sociales “estudia los vínculos entre actores o nodos; su principal objetivo es detectar e interpretar patrones derivados de las relaciones establecidas entre ellos” (Aguilar-Gallegos y Ávila Jorge 2017). Es cierto que, el ARS adopta diferentes características de acuerdo con las respuestas de los actores (Rendón Medel 2022a). Se responde al qué hacer y buena parte del cómo

hacerlo, sobre todo señala el con quién hacerlo y se complementa con el cómo hacerlo. El análisis de redes sociales se orienta a la identificación del comportamiento de los actores y de las interacciones que existen, buscando estimar el impacto y desempeño individual y colectivo.

2.1.5 Formulación y evaluación de proyectos de inversión

Con el avance del tiempo, la generación de bienes y servicios ha experimentado un notable aumento, imponiendo sobre las organizaciones y productores una obligación ética de ofrecer productos de excelencia al público. Desde 1958, cuando por primera vez se establecen los parámetros, métodos y estrategias para diseñar, elaborar y analizar propuestas de iniciativas empresariales en el "Manual de proyectos de desarrollo económico", la dinámica de análisis de inversiones ha sufrido transformaciones significativas. Sin embargo, la esencia del proceso continúa enfocándose en la recolección, construcción y organización de datos que facilitan la detección de oportunidades comerciales y la evaluación objetiva de los gastos y ganancias potenciales de cualquier negocio emergente (Chain 2007).

La gestión eficiente de los recursos en la producción de bienes y servicios es crucial para los productores agrícolas. Un proyecto de inversión agropecuario se describe como un plan estratégico destinado a implementar acciones específicas que contribuyan al desarrollo de acciones económicas o sociales (Pimentel 2008).

Este tipo de proyecto implica un análisis detallado realizado en el ámbito rural, enfocado en identificar y resolver problemas específicos de una comunidad o entidad en un momento dado, incorporando un enfoque colaborativo para definir el problema principal, sugerir soluciones viables de manera coherente. Este proceso incluye la realización de estudios de mercado, técnico, organizacional, financiero, ambiental y socioeconómico, respaldados por tecnología digital avanzada, para alcanzar objetivos claros.

Sin embargo, la elaboración de estos proyectos puede enfrentarse a desafíos significativos, como fluctuaciones en los precios, niveles bajos de producción,

adopción de métodos tradicionales, falta de apoyo político e institucional, resistencia de las comunidades a nuevas ideas, conflictos sociales, baja densidad poblacional, entre otros obstáculos.

El desarrollo de un proyecto de inversión agropecuario sigue un camino definido por tres etapas principales: preinversión, inversión y operación. Comienza con la identificación de oportunidades comerciales, seguida de un estudio preliminar o de factibilidad para decidir si procede con el proyecto, lo cual lleva a la fase de diseño detallada y ejecución, culminando en la implementación y operación del proyecto.

Las distintas fases del proyecto están interrelacionadas de la siguiente manera:

Pilares: Aborda la estrategia comercial, la estrategia de suministro y el fortalecimiento de la posición empresarial.

Diseño del Proyecto: Involucra la estructura administrativa, la ingeniería del proyecto, la ubicación y el tamaño adecuado.

Análisis Financiero: Evalúa las proyecciones de ingresos y gastos, así como las necesidades de financiamiento e inversión.

Evaluación: Determina la viabilidad económica, el nivel de riesgo y el impacto ambiental.

Dictamen: Integración de los hallazgos de las etapas anteriores.

Según Montañez (2011), es fundamental que el proyecto agropecuario integre todos los elementos de la cadena agroalimentaria, desde la planificación de la producción hasta la distribución, venta, transformación, y considerando la interacción entre todas las partes involucradas, incluidas las instituciones de apoyo, las agencias de cooperación, los beneficiarios, las organizaciones de productores, la academia y los centros de investigación.

2.2 Marco referencial.

2.2.1 Generación de residuos orgánicos.

La Normativa Nacional NOM-161-SEMARNAT-2011 identifica a los supermercados, almacenes de suministro, mercados municipales y vendedores ambulantes como productores significativos de desechos, específicamente aquellos que requieren gestión especializada debido a su volumen considerable: contenedores metálicos; paquetes y empaques de papel y cartón; recipientes de vidrio; envases de polietileno tereftalato (PET); bolsas de polietileno expandido (espuma); tablas de madera; desechos biológicos y películas de polietileno para empaques (plástico transparente). Según un informe de la industria de supermercados publicado en julio de 2018, hubo un incremento del 2.3% en este tipo de establecimientos (Fierro et al., 2010), y la producción de residuos varía entre 6,800 y 13,700 kilogramos semanales por cada tienda. Esto sugiere una producción total de aproximadamente 3.5 millones de toneladas de desechos anuales, siendo predominante el cartón, los residuos orgánicos y otros tipos de desechos diversos.

2.2.2 Plantas de tratamiento o de aprovechamiento de residuos.

Las instalaciones diseñadas para procesar o utilizar estos residuos son fundamentales para su gestión adecuada. Estos deben ser el objetivo final de todos los residuos que tienen potencial para ser transformados o mejorados en México. Sin embargo, la disponibilidad de estas instalaciones es insuficiente: solo hay 47 plantas distribuidas en 43 municipios de 15 estados, dejando a los 17 restantes sin acceso a este tipo de servicios.

2.2.3 Tiraderos a cielo abierto

La gran mayoría de los municipios de la República Mexicana no cuentan con un área destinada propiamente para el vertido y destino final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), la cual cumpla con las disposiciones actuales en materia ambiental, estas áreas conocidas como Basureros Municipales o Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), en donde se vierten y esparcen los RSU sin orden ni programa. Estos sitios, nacieron sin ninguna planeación, simple y sencillamente se localizaban en las afueras o periferias de las ciudades, en las partes bajas, a

orillas de algún cuerpo de agua o en terrenos que no fueran en su momento de gran valor adquisitivo.

Los costos son en promedio de \$434.03 por tonelada recolectada. Estos costos comprenden sólo la operación del servicio de recolección: generalmente los sueldos del personal, el combustible y, en algunos casos, el mantenimiento de las unidades de recolección. En ningún caso se incluye en el costo del servicio de recolección la depreciación de los vehículos, ni las provisiones para su sustitución al término de su vida útil.

2.2.4 Compostaje

El compostaje es el proceso de mineralización y transformación de la materia orgánica por microorganismos aerobios. Como resultado de este proceso se genera mayoritariamente, además de la composta, dióxido de carbono y vapor de agua. El proceso considera cuatro etapas; la primera mesofílica, la segunda termofílica, la tercera de enfriamiento y la cuarta de maduración. Como resultado de este proceso se obtiene composta que es un producto orgánico estable, inocuo, libre de sustancias fitotóxicas, derivado del proceso de biodegradación de los residuos orgánicos, en el que su grado de madurez, no se reconoce su origen, puesto que sus componentes se han degradado en partículas finas.

2.2.5 Lombricomposta

Es el proceso de descomposición, similar al compostaje, en el que el material orgánico, es transformado por el aparato digestivo de las lombrices teniendo, además la participación de los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras) existentes en el medio natural. Por medio de este proceso, también conocido como vermicompostaje, se obtiene el humus de lombriz, el cual posee las características de un mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, tales como la permeabilidad, retención de humedad o intercambio catiónico. La lombricomposta es el producto resultante de la transformación de la materia orgánica que, por vía digestiva y metabólica, realiza la lombriz de tierra nativa comúnmente presente en el suelo, o por la introducción y crianza sistemática de este anélido, denominada lombricultura,

donde la lombriz actúa como generador de este producto que fundamentalmente se utiliza como mejorador, recuperador o enmienda orgánica de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, sustrato de crecimiento, entre otros usos. Clasificado con fines de registro dentro del grupo de insumos de nutrición vegetal.

2.2.6 Larva de mosca soldado negro (*H. illucens* Linnaeus 1758).

Es una mosca (Díptera) de la familia Stratiomyidae. Es originaria de las zonas tropical, subtropical y templado cálido de América. El desarrollo del transporte internacional desde la década de 1940 resultó en su naturalización en muchas regiones del mundo. Ahora está muy extendida en regiones tropicales y templadas más cálidas entre aproximadamente 45° N y 40° S.

Hermetia illucens es un insecto holometábolo: la transición del estado larvario al estado adulto se produce tras el paso por un estado ninfal. La transformación es completa, y las larvas y los adultos tienen morfologías y hábitos de vida contrastantes.

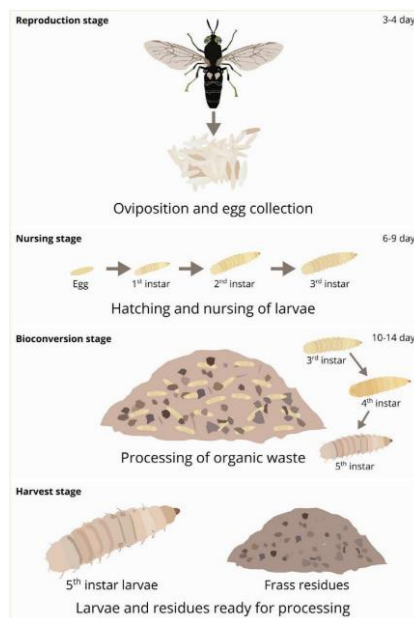


Figura 3. ciclo de la producción de LMSN.

Etapas: Etapa uno: adultos

La mosca adulta es negra, parecida a una avispa. Los adultos no se alimentan y dependen de las grasas almacenadas desde el estado larval (Makkar et al. 2014).

Los adultos miden de 13 a 20 mm de largo, poseen dos largas antenas, un solo par de alas bien desarrolladas (cuando en reposo las alas están plegadas una sobre la otra), ya que las alas posteriores son diminutas (halterios, como en todos los dípteros), y tres pares de patas con un tarso blanco/amarillo. Los machos son más pequeños que las hembras y una diferencia anatómica en el último segmento abdominal permite discriminar entre géneros. Las hembras poseen un oviducto tubular retráctil mientras que los machos exhiben un edeago (órgano reproductor del insecto macho) y un par de ganchos que le permiten agarrar el órgano genital femenino durante la cópula.

El ciclo de vida de LMSN varía entre poblaciones (salvajes o domesticadas) y ambientes (temperatura, humedad, intensidad de luz, calidad y cantidad de alimento disponible). Las hembras ponen entre 320 y 1000 huevos, sobre un sustrato seco en un ambiente húmedo (para limitar las pérdidas de agua de sus huevos) utilizando su ovipositor.

Etapas dos: Huevecillos.

Los huevos se ponen en filas apretadas, generalmente en un intersticio para esconderlos de la depredación y cerca de una posible fuente de alimento. Las hembras LMSN ponen sus huevos cerca de los de otros individuos y mueren poco después de la oviposición. Los huevos tienen forma ovoide y miden alrededor de 1 mm de largo. Cambian de color beige a amarillo/beige durante el período de incubación, que dura desde un poco más de 4 días, a 27-29 °C hasta alrededor de 3,5 días a 30 °C.

Etapas tres: Desarrollo de la larva.

Tan pronto como las larvas eclosionan (0,66 mm de largo), utilizan la materia orgánica circundante como fuente de alimento. La temperatura es un parámetro clave para el desarrollo larvario y las tasas de supervivencia, siendo la temperatura óptima en el rango de 20-30°C. Las larvas en crecimiento realizan

mudas sucesivas que separan cinco estadios larvales (figura 4). Alcanzan sucesivamente la pupa y luego la etapa de imago siguiendo la muda imaginal.



Figura 4. Estadios larvales de *H. illucens*.

Morfológicamente, los primeros cuatro estadios larvales son difíciles de diferenciar (excepto por el tamaño del cuerpo), pero el estadio prepupal (quinto estadio larval) es caracterizado por un marcado cambio de color de beige a marrón oscuro, una migración fuera del sustrato (facilitada por una modificación de los órganos bucales en los ganchos), ya que las larvas viejas dejan de alimentarse antes de convertirse en pupas.

Su cápsula cefálica está separada de su cuerpo; sus fuertes piezas bucales sirven para comer, pero también contribuyen a su locomoción. El cuerpo de la larva consta de 11 segmentos cubiertos por pelos y cerdas. Su color es beige o marrón claro hasta la pupa, luego se vuelve marrón oscuro.

Las larvas pueden alcanzar hasta 27 mm de largo y 6 mm de ancho y pesar hasta 220 mg en su último estado larvario. Tienen un color blanquecino opaco. Las larvas pueden alimentarse rápidamente, de 25 a 500 mg de materia fresca/larva/día, y de una amplia gama de materiales orgánicos en descomposición, como frutas y verduras podridas, pulpa de café, granos de destilería, despojos de pescado y, en particular, estiércol animal y excrementos humanos. En condiciones ideales, las larvas maduran en 2 semanas (Figura 5), pero la etapa larvaria puede durar hasta 4 meses cuando no hay suficiente

alimento disponible. Al final del estado larvario (prepupa), la larva vacía su tracto digestivo y deja de alimentarse y moverse. Las prepupas luego migran en busca de un sitio de pupación seco y protegido. La duración del estado de pupa es de unos 14 días, pero puede ser extremadamente variable y durar hasta 5 meses.

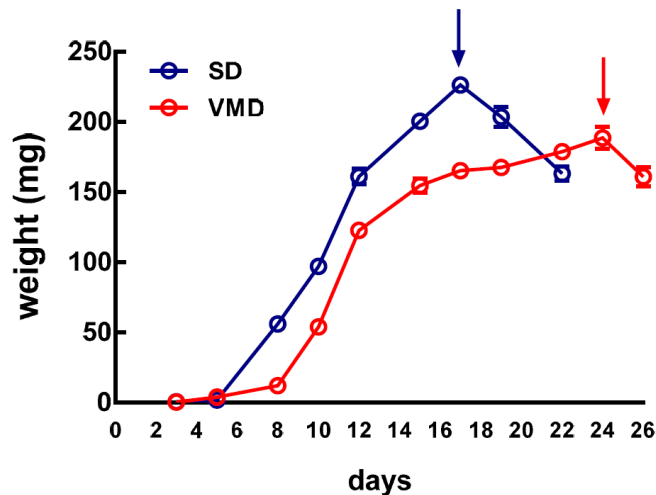


Figura 5. Tasa de crecimiento de larvas de *H. illucens*.

Dieta Estándar (SD) compuesta por 50% de salvado de trigo, 30% de harina de maíz y 20% de harina de alfalfa, mezclada en proporción 1:1 materia seca: agua. Dieta Mixta de Vegetales (VMD) compuesta por frutas y verduras (manzana, plátano, pera, brócoli, calabacín, patata y zanahoria) mezcladas en igual cantidad y debidamente picado (es decir, cortado en trozos pequeños de unos 5 mm).

Fuente: (Bonelli et al. 2020).

Las larvas son saprófagas y fotóforas: viven y se alimentan de materia orgánica (animal o vegetal) en descomposición.

Las larvas de MSN son polífagas. Esta polifagia, que les permite aprovechar al máximo muchas fuentes de alimento, se debe en gran parte a sus poderosas piezas bucales y a la eficiente actividad enzimática de su sistema digestivo (intestino y glándulas salivales). Es especialmente en el intestino donde las enzimas como las amilasas, proteasas y lipasas son más activas. Otras enzimas como la leucina arilamidasa, γ -galactosidasa, y γ -manosidasa, que no están

presentes o son poco activas en la mosca doméstica (*Musca domestica*), son muy eficaces en las larvas de MSN.

Las larvas de MSN albergan una flora intestinal que participa activamente en la digestión de los alimentos. La identificación por pirosecuenciación de comunidades bacterianas del intestino de larvas ha proporcionado evidencia de una flora intestinal específica, que difiere en gran medida de las documentadas en otros insectos. Esta flora comprende cuatro filos (Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria y Gammaproteobacteria) en proporciones variables, según las fuentes de alimento. Entre estas comunidades bacterianas, algunas cepas o especies tienen una actividad enzimática sustancial (proteasa, amilasa, celulasa, lipasa), como *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. stratosphericus* y *Proteus mirabilis*.

Etapas cuatro: pupa

El último estadio se refiere a las pupas, que miden de 12 a 25 mm de largo. Yacen inmóviles; su cutícula es rígida y rica en sales de calcio formando una envoltura oscura. Si el sustrato en el que viven está saturado de agua, se reduce la deshidratación y el acceso al alimento es sencillo. Sin embargo, si el sustrato se humedece en exceso, las larvas tienden a desaparecer. Su actividad de alimentación reduce el volumen de materia orgánica en un 40 a 80% y fuertemente.

Generalmente, la metamorfosis se completa en 2 semanas y los machos suelen emerger antes que las hembras. Después de emerger, los adultos jóvenes despegan después de unos minutos, después de haber desplegado sus alas. LMSN es un insecto eurígamo, por lo que necesita amplias áreas para su vuelo nupcial). El apareamiento tiene lugar unos 2 días después de la aparición del imago, y se necesitan otros 2 días antes de la puesta de huevos. Un imago vive solo de 5 a 14 días, y su esperanza de vida depende indudablemente del tamaño corporal (y las reservas de energía asociadas) y del acceso al agua.

2.2.7 Tendencias clave en el uso de insectos para manejo de RO.

2.2.7.1 Tendencias tecnológicas:

El proceso de bioconversión utilizando LMSN en el tratamiento de residuos orgánicos se ha convertido en una innovación líder debido a sus beneficios, como su alta tasa de producción con bajo costo y un período de producción más corto. El hábitat natural del LMSN en la naturaleza es utilizar materia orgánica residual como sustrato de crianza. Esta es una de las principales razones por las que se elige la especie para la producción en masa, debido a la capacidad de consumir múltiples tipos de desechos para lograr un excelente rendimiento del producto en entornos artificiales (Siddiqui et al., 2022).

La búsqueda de sustitutos adecuados a la harina de pescado llevó a creer que los insectos pueden convertirse en una de las futuras fuentes de proteínas para la producción animal, principalmente gracias a sus atributos tanto biológicos (es decir, ciclo reproductivo y de desarrollo rápido o capacidad de alimentarse de residuos orgánicos para varias especies) y nutricional (es decir, alto contenido de proteínas y grasas rico en ácidos grasos esenciales junto con una alta eficiencia de conversión alimenticia). La especie de insecto más estudiada es el díptero *Hermetia illucens* (Goughbedji et al., 2022).

La producción de insectos comestibles tiene una alta eficiencia en el uso de la tierra en comparación con las fuentes tradicionales de proteínas. De hecho, se necesita de dos a diez veces menos tierra agrícola para producir un kg de proteína comestible de insectos en comparación con un kg de proteína de cerdos o ganado. La producción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de los insectos es mucho menor que la del ganado convencional (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021).

2.2.7.2 Tendencias normalizadoras.

Las áreas donde la entomofagia está muy extendida se encuentran en lugares donde generalmente se practica como una tradición local y tiende a no estar demasiado regulada. En algunos países donde los insectos generalmente no se perciben como alimentos para humanos o productos para piensos, la legislación

tiende a referirse a los insectos como impurezas o plagas que contaminan los alimentos. La falta de una legislación específica para los insectos como alimentos o productos para piensos en muchas naciones de altos ingresos se debe al hecho de que la escala de producción de insectos ha sido bastante limitada y el sector aún tiene un nicho de alcance. Recientemente, sin embargo, un creciente interés en el uso de insectos para el consumo humano y animal, así como otras aplicaciones, está impulsando la cría de insectos a escala industrial en diferentes regiones. Sin embargo, la mayoría de los países aún carecen de legislación, normas, etiquetado y otros instrumentos normativos precisos y específicos para insectos que rijan la producción y comercialización de insectos en las cadenas de suministro de alimentos y piensos. Esta falta de un marco regulatorio es una barrera importante en la forma de establecer mercados para insectos y productos a base de insectos.(Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021).

En la Unión Europea se tiene permitido el uso de proteína de insectos para su uso en acuicultura desde 2017 y recientemente las modificaciones al Reglamento (UE) 2021/1372 de la Comisión, se autoriza formalmente el uso de insectos en la alimentación de cerdos y aves, y que entró en vigor el 7 de septiembre de 2021.

En México los insectos recolectados en la naturaleza se consumen comúnmente en el país y, en general, el comercio y la comercialización de insectos comestibles no están regulados en gran medida. Ciertos estados como Oaxaca tienen iniciativas locales que están involucradas en el cultivo de insectos. Los reglamentos que rigen la producción ganadera también se aplican a la cría de insectos. Si bien la cosecha de saltamontes para alimentos y piensos se considera una forma de control informal de plagas para cultivos como el maíz, el frijol y la alfalfa, se ha informado que las poblaciones locales de ciertas áreas que cultivan cultivos genéticamente modificados tienden a evitar la cosecha de insectos de sus campos debido a temores sobre los

impactos en la salud por el consumo de insectos que se alimentan de estos cultivos.

2.2.7.3 Tendencias sociales y culturales:

La postura de los consumidores hacia los alimentos está evolucionando lentamente, mientras se observa un incremento en la solicitud de alimentos ricos en proteínas. Con el aumento de la búsqueda de alternativas sostenibles de proteínas, los consumidores empiezan a inclinarse por alimentos que contribuyen menos al impacto ambiental u ofrecen beneficios para la salud, como los derivados de insectos. Además, la forma en que los consumidores perciben estos cambios puede variar según la disponibilidad y accesibilidad de los productos basados en insectos en su región o país, así como sus propios patrones alimentarios. Por ejemplo, aquellos que adoptan estilos de vida flexitarianos, prefieren alimentos orgánicos o siguen una dieta con tendencia a prestar mayor atención a la sostenibilidad en la provisión de alimentos y/o a los efectos positivos en la salud de sus elecciones dietéticas.

En términos de nutrición animal, vemos una mayor conciencia de los consumidores con respecto a los beneficios de los insectos como alimento. Dichos consumidores también valoran que los insectos formen parte de la dieta natural de los animales de granja como aves, cerdos o peces carnívoros. IPIFF cree que la comunicación dirigida al consumidor, especialmente sobre las muchas ventajas (sabor, medio ambiente y nutricionales) de los insectos y productos derivados, como el polvo y el aceite, es clave (Grassi & Derrien, 2022).

2.2.7.4 Tendencias socioeconómicas:

Dado que se espera que la población mundial supere los 9,700 millones para 2050, la producción de alimentos debe aumentar en un 70 % para satisfacer la demanda, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). El problema del déficit de proteínas está fuertemente relacionado con la falta de autosuficiencia en el suministro de ingredientes para alimentos para animales (es decir, materiales ricos en proteínas) para responder a las demandas actuales de proteínas cárnicas.

Ha habido un cambio importante hacia las dietas con un mayor consumo de productos de origen animal, y es probable que este cambio continúe en la próxima década. Se espera que la demanda de carne y leche sea un 58% y un 70% mayor en 2050 que sus niveles en 2010 y una gran parte de este aumento se originará en los países en desarrollo.

La producción ganadera consume muchos recursos: por ejemplo, ocupa el 30 % de la superficie libre de hielo del mundo o el 75 % de todas las tierras agrícolas (incluidas las tierras de cultivo y pastos) y consume el 8 % del uso humano mundial del agua, principalmente para el riego de piensos. cultivos. Además, el sector ganadero aporta aproximadamente el 14,5% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) (7,1 Gigatoneladas de CO₂ equivalente al año). Como resultado de la enorme demanda de productos animales, se producirá una enorme necesidad de recursos, incluidos los piensos, para producirlos (Makkar, 2014).

2.2.7.5 Cuestiones del mercado.

Debido al aumento de la población mundial y los problemas de inseguridad alimentaria, se presta cada vez más atención a las fuentes alternativas de alimentos y piensos, como los insectos, que son nutricionalmente saludables y ambientalmente sostenibles. Los insectos generalmente se recolectan de la naturaleza, pero han comenzado a producirse en instalaciones de cría en masa. La cría de insectos presenta varios beneficios significativos para la industria agroalimentaria, así como oportunidades para implementar soluciones de economía circular. Si bien todavía se considera un nicho en la actualidad, este sector se está expandiendo constantemente y es impulsado por inversiones e intereses crecientes, lo que lleva al establecimiento de más empresas de cultivo y procesamiento de insectos en varias partes del mundo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021).

2.2.7.6 Segmentos del mercado.

Actualmente, la comida para mascotas es el mercado más grande para la proteína de insectos y seguirá siendo uno de los más grandes. Se pronostica que

el mercado de proteína de insectos como ingrediente de alimentos para mascotas alcanzará las 150,000 toneladas métricas a nivel mundial para 2030.

Para 2030, se estima un mercado global de hasta 200,000 toneladas métricas, o el 40 % del mercado de proteínas de insectos, y representa menos de aproximadamente el 1 % del mercado mundial de alimentos acuícolas en los volúmenes actuales.

Estimaciones muestran que a medida que el sector alcance cierta madurez, la demanda de proteína de insectos como alimento para gallinas ponedoras podría alcanzar hasta 70,000 toneladas métricas a nivel mundial. Aunque el potencial en la alimentación de pollos de engorde es más limitado, debido al gran tamaño del mercado de los alimentos compuestos para pollos de engorde, los insectos aún podrían crear un mercado de hasta 50,000 toneladas métricas.

Un mercado global de hasta 30.000 toneladas métricas es posible para las proteínas de insectos como ingrediente para alimento de cerdos. Se considera que el mercado porcino es el mercado direccionable más pequeño para la proteína de insectos debido a la dinámica específica del mercado porcino y al precio mucho más alto de la proteína de insectos en comparación con la soya. Sin embargo, podría haber pequeños nichos o mercados premium una vez que los precios de las proteínas de insectos bajen (Rabobank, 2021).

		Animal feed					
		Total	Pet food	Aquaculture	Poultry - Layers	Poultry - Broilers	Piglets
							
Estimated market size (metric tons)	Scale-up phase: EUR 3,500–EUR 5,500/metric ton	120,000	65,000	20,000	20,000	10,000	5,000
	Wider-use period: EUR 2,500–EUR 3,500/metric ton	200,000	85,000	55,000	30,000	20,000	10,000
	Maturity phase: EUR 1,500–EUR 2,500/metric ton	500,000	150,000	200,000	70,000	50,000	30,000

Fuente: Rabobank 2021

Figura 6. Perspectivas actuales y para el 2030 en el mercado de la harina de LMSN en el mundo.

2.2.7.7 Necesidades y demandas.

Es necesario optimizar las condiciones de producción para reducir costos, garantizar una disponibilidad constante a un precio accesible y definir el impacto medioambiental de su producción, ya que por el momento la producción de insectos se plantea a pequeña escala, aunque actualmente se observa un aumento de granjas de insectos, no sólo en países asiáticos y africanos, sino también en Europa. Además, hay que considerar el posible rechazo inicial del mercado a productos animales alimentados con insectos por prejuicios del consumidor, sin olvidar posibles limitaciones en digestibilidad, palatabilidad y alergenicidad (Verbeke y col., 2015). En cualquier caso, el conocimiento de estos productos es todavía escaso, y se necesita mucha más información respecto a la optimización de la producción, composición y utilización digestiva, criterios de seguridad alimentaria y calidad de los productos, antes de considerar los insectos como ingrediente alternativo viable (Fondevila and Latorre 2017).

2.2.7.8 Capacidad generadora de ingresos

Cabe señalar que los volúmenes de producción de harina de pescado, extracto de harina de soya de alta calidad y harina de soya son cientos de veces mayores que los productos proteicos de insectos. ABN Amro publicó una comparación de precios en el informe en el que se comparan los precios comerciales de las proteínas, derivados de diversas fuentes. Está claro que la LMSN y el gusano pequeño de la harina son los más competitivos, en comparación con las fuentes de proteínas de alta calidad existentes, como la harina de pescado y la harina de soya de alta calidad. Tan pronto como el sector de la harina de insectos madure, puede volverse más eficiente y, por lo tanto, reducir los costos.

Los altos costos y, por lo tanto, los altos precios están limitando la demanda de proteína de insectos. Actualmente, el precio de la proteína de insectos oscila entre 3500 EUR y 5500 EUR por tonelada métrica, que es significativamente más alto que la harina de pescado y la proteína de soya. Los precios de la harina de pescado reflejan históricamente las volatilidades en la oferta. En los últimos cinco años se han movido entre USD 1.200 a USD 2.000 por tonelada métrica (Rabobank, 2021).

2.2.7.9 Fuerzas de la industria

2.2.7.9.1 Competidores

En el mundo, después de producir cantidades pequeñas en las instalaciones de prueba, muchos de los principales actores de la industria (por ejemplo, productores de gusanos de la harina, como Ynsect en Francia, o agricultores de LMSN, como AgriProtein con sede en el Reino Unido, Protix con sede en los Países Bajos y Francia InnovaFeed) han construido instalaciones más grandes para producir a escala. Algunas de estas plantas ya están trabajando a plena capacidad o cerca de ella, y algunas aún no se han abierto; la mayoría de estos jugadores tienen planes globales para construir múltiples instalaciones de producción (Rabobank, 2021).

2.2.7.9.2 Proveedores y otros actores de la cadena de valor

El alto costo de los alimentos comerciales es una ventaja para el sector de la cría de insectos. Por lo tanto, el concepto de criar insectos en corrientes secundarias agrícolas ha ganado cierta importancia como una forma de proporcionar un sustrato de bajo costo para los insectos, así como una opción de gestión de residuos desde una perspectiva de economía circular. Sin embargo, la mayoría de los materiales de flujo lateral cuyo uso está permitido como sustrato para insectos ya tienen otras aplicaciones predeterminadas, lo que puede generar competencia por los recursos. Esto es especialmente cierto en condiciones de cambio climático, donde la sequía en ciertas regiones puede resultar en el desvío de corrientes secundarias para su uso en el sector ganadero convencional más rentable. Además, aumentar la producción de insectos comestibles también implicaría obtener una fuente de sustrato sostenible y segura para los insectos cultivados. Si este sustrato es similar a la dieta que se alimenta al ganado, puede volver a generar competencia por los mismos recursos. Por lo tanto, es posible que sea necesario incentivar aún más el uso de sustratos que se reciclan mejor a través de la cría de insectos. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2021).

El objetivo principal de la gestión de residuos es reducir la cantidad de residuos generados y, por tanto, reducir el costo de eliminación y los impactos sobre el medio ambiente y la salud humana. Un sistema de gestión de desechos deficiente conducirá a los problemas ambientales que suelen experimentar la mayoría de los países de ingresos bajos y mediano debido a la falta de tacto de los vertederos a cielo abierto y la quema incontrolada que causan la contaminación del aire y el agua. Entre el 50 y el 70 % de los desechos sólidos vertidos en vertederos son materiales orgánicos y el resto son materiales no orgánicos que comprenden una mezcla de plásticos, metales, papel y vidrio. Los recicladores recogen grandes cantidades de residuos no orgánicos para reciclar y dejan una gran proporción de residuos orgánicos para que se descompongan en los vertederos. La descomposición de los desechos orgánicos emite metano y dióxido de carbono como productos finales y provoca la acumulación de gases de efecto invernadero

que contribuyen al cambio climático. Además, las condiciones antihigiénicas de los vertederos fomentan la reproducción de alimañas, moscas y roedores vectores que propagan enfermedades como el cólera y la malaria en la comunidad. El compostaje es uno de los métodos que pueden reducir la cantidad de residuos orgánicos enviados a los vertederos (Amrul et al. 2022)

Más allá de 2030, se espera que la escala permita que el nivel de costo sea más comparable con la harina de pescado. En ese momento, la legislación tampoco será un problema, lo que permitirá utilizar una gama más diversa de materias primas. Incluso en este período, no se prevé un reemplazo de la harina de pescado o la harina de soya. Sin embargo, las proteínas y los aceites de insectos serán nuevas categorías de materias primas que, en combinación con la harina de pescado, la harina de soja u otros ingredientes novedosos, crearán alimentos acuáticos de mejor rendimiento con una menor huella ambiental.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Manejo de RO en las CEDAS.

Se realizó la encuesta de línea base (Apéndice 1) a 16 encargados del manejo de residuos de cada CEDA, donde se les preguntó sobre el tipo, cantidad y composición de los residuos, tanto inorgánicos como orgánicos, que se generan de manera diaria. Las encuestas fueron por medio de la plataforma onlineencuestas.com y fue contestada por los responsables de manejo de residuos de cada CEDA. Se realizó a las CEDA de los estados de Aguascalientes, Coahuila de Zaragoza, Yucatán, Chihuahua, Oaxaca, Zacatecas, Nayarit, Estado de México, Durango, Puebla, Aguascalientes, México, Morelos, Hidalgo, Tamaulipas y Chiapas en los meses de septiembre y octubre de 2022.

Para medir el grado de adopción que tienen las CEDA respecto a las innovaciones en manejo de residuos orgánicos se calculó el Índice de adopción de innovaciones (InAI) y para conocer el porcentaje de CEDAs que adoptan cada innovación se utilizó la Tasa de adopción de innovaciones (TAI) según la metodología propuestas por (Aguilar Ávila et al. 2020), donde se evaluaron 15 innovaciones divididas en 4 categorías: manejo de residuos, destino de los residuos orgánicos, administración y gestión.

Referente al Análisis de redes sociales se preguntó: ¿Ha escuchado sobre iniciativas en México o en el extranjero sobre procesos de uso de los residuos orgánicos?, ¿Con qué persona, empresa o institución ha comentado sobre estrategias para la gestión de los residuos orgánicos que pudieran ser de interés para la CEDA? ¿Conoce iniciativas o proyectos para la gestión de los residuos orgánicos que sean factibles para la cantidad de residuos orgánicos que genera la CEDA donde trabaja? Y se calculó el indicador “diffuse” el cual indica que nivel de búsqueda de información que tiene cada actor de la red (Rendón Medel 2022b).

3.2 Desarrollo del proyecto

El proyecto se desarrolló en la unidad de manejo de residuos orgánicos de la central de abastos de Huixcolotla, ubicado en el municipio de San Salvador Huixcolotla, Puebla (figura 7); de acuerdo con la metodología propuesta por (FIRA 2012).

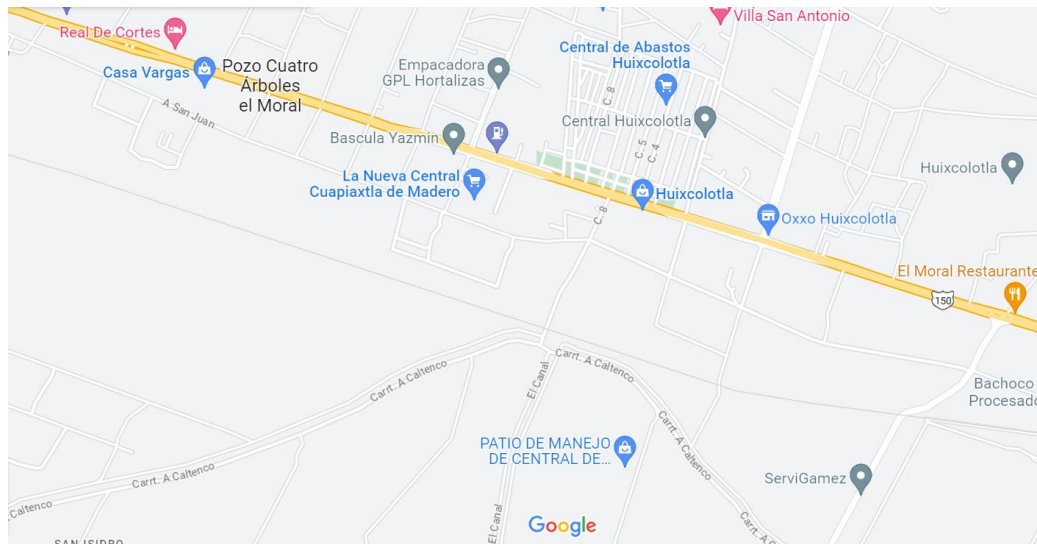


Figura 7. Localización del proyecto

Fuente: Google maps, 2023

Para diseñar una estrategia comercial efectiva, es crucial examinar cuidadosamente los cuatro pilares fundamentales del marketing: el producto, la determinación del precio, los canales de distribución y la promoción. Como señalan Baby y Jaramillo en su estudio de 2008, estos elementos deben estar claramente establecidos y complementarse con acciones financieras, administrativas y de investigación de mercado.

El proyecto ingenieril se desarrolló de acuerdo con los requerimientos técnicos de la MSN propuestos por Siddiqui et al., 2022, adaptando a las condiciones de infraestructura y equipos dispuestos por la central de abastos.

Para calcular los indicadores financieros se precisó el presupuesto de inversiones, calculando la inversión fija (equipo e infraestructura a adquirir), inversión diferida (incluye los gastos por derechos y servicios que son

indispensables para la iniciación del proyecto) y el capital de trabajo (incluye todos los recursos que se requieren la operación del proyecto). La proyección de ingresos y egresos se calculó para conocer las utilidades del proyecto, así como el punto de equilibrio.

Para la evaluación financiera se calcularon los indicadores: Valor Actual Neto (VAN) que es la suma de los flujos de efectivo actualizados generados por el proyecto y se acepta si el valor es mayor a 0. La Tasa Interna de Retorno (TIR) si es mayor que el costo de oportunidad del capital el proyecto debe aceptarse. La relación Beneficio Costo (B/C) la cual es la división de la sumatoria de beneficios actualizados entre los costos actualizados y es aceptable si el valor es mayor a 1.

3.3 Análisis de alternativas

Se le preguntó al encargado del manejo de residuos de la CEDA11 ¿Qué manejo se le da actualmente a los RO? ¿Cuáles son los costos y beneficios que se obtienen de cada manejo? Se valoró cada criterio y sus parámetros de acuerdo con lo mostrado en el cuadro 1. Se consideraron aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos; y el análisis multicriterio fue realizado conforme a la metodología propuesta por Ishizaka, 2013 y graficada con el programa Smart-Picker Pro.

Cuadro 1. Criterios y parámetros para la elección de la alternativa.

Criterio/parámetro	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)
Tiempo	>6 meses	2-6 meses	<2 meses
Inversión	>4 millones	1-4 millones	<1 millón
Gasto de operación	>\$800	\$500 - \$800	<\$500
Impacto social	Negativo	Neutro	Positivo
Ingresos por tonelada	<\$1000	\$1000- \$2000	>2000

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Manejo de residuos orgánicos en las CEDA.

4.1.1 Generación de residuos orgánicos.

Los desperdicios generados por las CEDA suman un total de 172.5 t/día, de los cuales en promedio el 60% son orgánicos y el 40% inorgánicos (cuadro 2). La composición de los RI, corresponde a 39% papel, 10%, vidrio, 26% plástico, 16% madera y 19% de otros materiales; y respecto a los RO, el 39% son frutas, 38% hortalizas, 7% granos y cereales, y el 10% corresponde a carnes, pescados y mariscos. El 50% de las CEDA generan más de 5 t/día de RO, el 83% del total generado. La CEDA 5, 11, 10 y 12 son las mayores generadoras de RO en volumen diario con un promedio de 14.75 t.

Cuadro 2. Tipo y cantidad de los residuos generados en la CEDA.

CEDA	Org	Org	Inorg	Inorg
	(%)	(t)	(%)	(t)
CEDA5	65	20	35	12
CEDA11	75	15	25	5
CEDA10	55	12	45	10
CEDA12	50	12	50	8
CEDA16	95	10	5	0.5
CEDA8	80	9.6	20	2.4
CEDA2	80	8	20	2
CEDA7	60	6	60	6
CEDA15	70	5	30	1
CEDA4	63	4	37	2.3
CEDA14	70	4	30	0.6
CEDA3	50	2	50	3
CEDA6	40	2	60	3
CEDA13	40	0.56	60	0.84
CEDA9	10	0.5	90	4.5
CEDA1	50	0.42	50	0.28

Fuente: elaboración propia.

4.2 Índice de Adopción de Innovaciones (InAI).

Las CEDA analizadas tienen un promedio de adopción de innovaciones del 36%, siendo la CEDA 7 con el 86% la que más adopta innovaciones, seguida de la CEDA 11 con el 79% (figura 8). Existe una diferencia de este indicador entre las CEDA respecto a la cantidad diaria de RO que generan; siendo las que producen más de 5 t/día las que presentan un InAI promedio del 46%, en comparación con las demás que tienen un 33%. Esta diferencia puede ser debido a que el volumen que generan les provoca un alto costo de manejo. El costo promedio de manejo de residuos en el país es de \$540.00 por tonelada dispuesta (SEMARNAT, 2020) lo que les genera gastar en promedio \$174,000 pesos por mes. Estos costos sólo incluyen la operación de los servicios y no incluyen la depreciación de los vehículos, equipos o maquinaria, ni las previsiones financieras para la reposición de éstos o para la clausura tecnificada de los SDF al final de su vida útil.

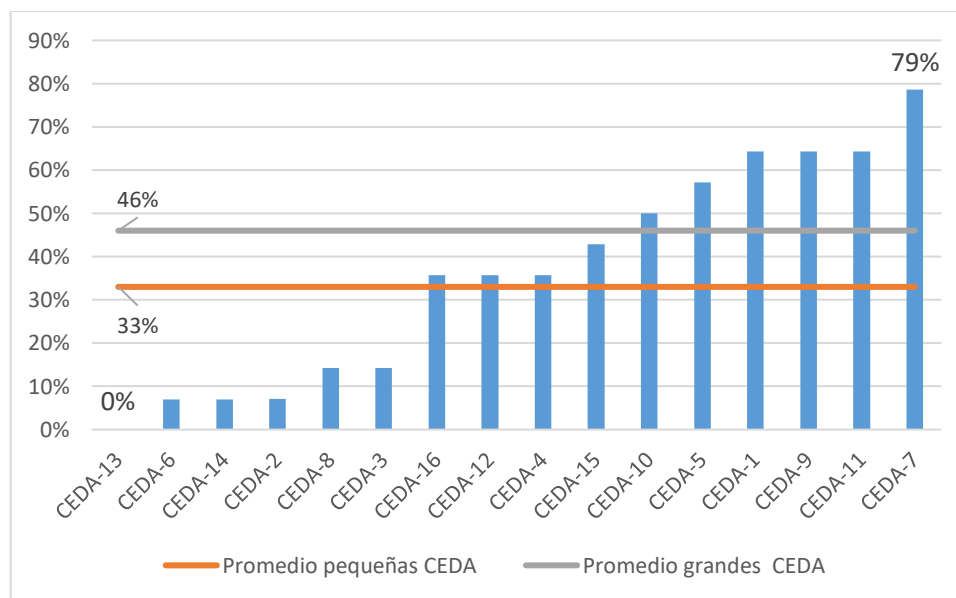


Figura 8. Índice de adopción de innovaciones de las CEDA.

Fuente: elaboración propia.

4.3 Tasa de adopción de innovaciones (TAI).

Fue la innovación C.1 la que ha sido más adoptada, con un 69% de las CEDA que la realizan, esto debido a que llevan un control de la cantidad de residuos que disponen, para saber cuánto dinero erogan mensualmente por estos

manejos. La Innovación B.03 aún no ha sido adoptada, ya que es una alternativa de reciente desarrollo y crecimiento en México, por lo que aún no se tiene conocimiento de los beneficios de esta tecnología.

Para este indicador se tiene un promedio de adopción del 38%, lo que nos indica que menos de la mitad de las CEDAs realizan alguna de estas innovaciones (ver cuadro 3). La categoría de manejo tiene un promedio de adopción del 14%, esto principalmente porque la alternativa más utilizada es la disposición a tiraderos a cielo abierto; las innovaciones en manejo requieren una inversión inicial elevada y la operatividad es costosa.

Cuadro 3. Innovaciones y su tasa de adopción.

ID	Innovación	TAI
C. 01	Registro por destino final de los residuos generados	69%
A. 03	Separación de residuos inorgánicos (cartón, plástico, vidrio, etc.)	63%
A. 02	Separación de residuos orgánicos (legumbres, frutas, carne, etc.)	56%
D. 02	Campañas de separación de residuos	50%
A. 01	Separación de residuos sólidos (orgánicos de los inorgánicos)	50%
D. 01	Manual o proceso para el manejo de residuos sólidos	44%
C. 02	Análisis periódico de la composición de residuos	44%
D. 03	Convenios para la colecta y disposición final de residuos	38%
C. 03	Registros de la salida y peso de residuos	25%
B. 01	Composta	25%
B. 02	Vermicompost	19%
B. 04	Producción de biogás	13%
B. 03	Larva de Mosca Soldado Negro	0%

Fuente: elaboración propia.

4.4 Análisis de la red de conocimiento.

La red del conocimiento tiene un total de 23 nodos y 35 aristas. En la figura 9 se muestran los nodos que más se relacionaron para obtener información sobre el manejo de RO en su CEDA; se observa que, para el presente caso, la CEDA-11 menciona a una empresa, una institución del gobierno estatal, una institución de investigación, y dentro de la misma asamblea de la CEDA donde ha obtenido información para innovar; como lo menciona Rendón, 2022, dicha CEDA es un

actor colector, al andar en búsqueda de información se ha integrado una respuesta a partir de puntos de vista diversos.

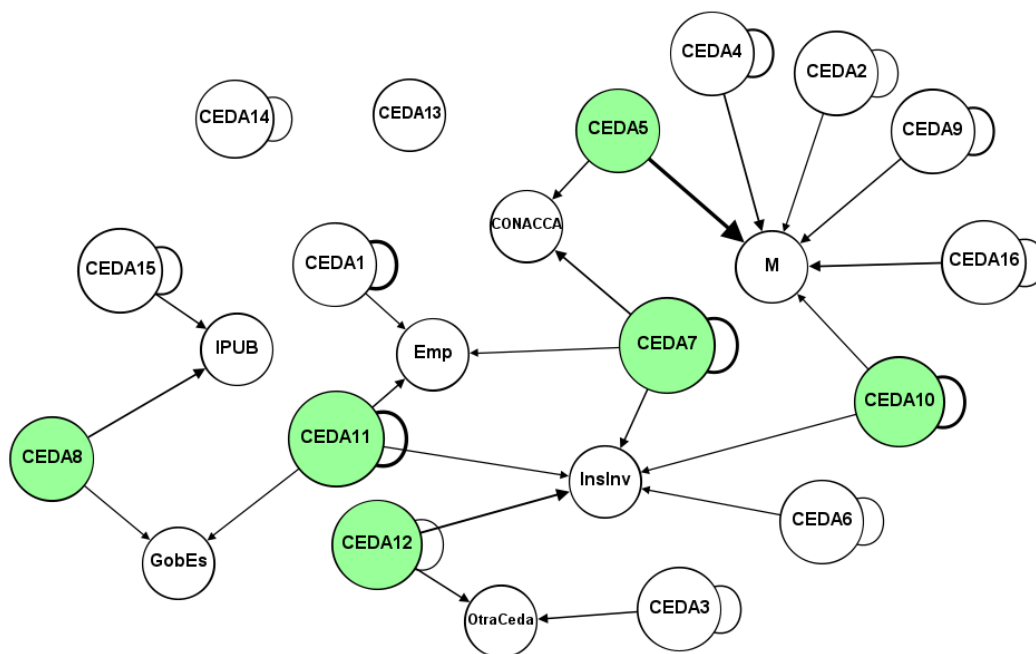


Figura 9. Red de conocimiento.

Fuente: elaboración propia.

4.5 Desarrollo del proyecto de Bioconversión

La CEDA 11 que es la situada en Huixcolotla, Puebla, tiene un índice de adopción de innovaciones del 64%, además de tener relación con gobierno, empresas, institutos de investigación, y agregar el componente ambiental y social, lo que integra la denominada quintuple hélice (Carayannis et al., 2012). Por lo anterior, se ha decidido en acuerdo mutuo con la directiva de la CEDA que se realice el desarrollo del proyecto de una planta de bioconversión utilizando *Hermetia illucens* en el patio de manejo de residuos que actualmente produce lombricomposta y composta, donde se podrán utilizar maquinaria, equipo e infraestructura existente para las actividades del nuevo proyecto.

4.5.1 Dueños de la empresa

La Unión de Productores y Comerciantes de la Central de Abastos Regional Benito Juárez del Distrito de Tepeaca, A.C., es una asociación integrada por 1,200 socios activos; agrupados en 8 giros de acuerdo con los productos que ofrecen (chiles, jitomates, cebolla, abarrotes, entre otros.). Tienen como domicilio fiscal la carretera Federal Puebla-Tehuacán Km 51, La Candelaria, en San Salvador Huixcolotla, Puebla. Tiene una cobertura local y regional (centro-sur del país). Su principal objeto social es la compra, venta y comercialización de todo tipo de frutas, verduras, carnes y granos.

4.5.2 Estrategia comercial.

El presente proyecto de inversión contempló el estudio de un producto no diferenciado, donde el producto denominado como larva deshidratada tendrá un precio propuesto de venta de \$16.00 por kilogramo, con una producción anual esperada de 172.8 toneladas, esperando un ingreso anual de \$2,764,800.00.

Características del producto:

- Proteína cruda del 35 al 45%.
- Humedad del 12 al 15%.

Respecto al frass, este tendrá un precio de venta de \$2,000.00 por tonelada con una producción anual esperada de 2,160 toneladas y con un ingreso anual esperado de \$4,320,000.00

Características del producto:

- Contiene quitina.
- Rico en flora microbiana y libre de patógenos,
- Es rico en probióticos y prebióticos.

4.5.3 Localización del proyecto.

Como uno de los principales requerimientos para la producción de larva de MSN es la cercanía del módulo de producción a la unidad generadora de residuos

orgánicos. El presente proyecto se localiza en el patio de manejo de la CEDA el cual se encuentra a 1.2 kilómetros de distancia de las oficinas administrativas.

4.5.4 Ingeniería del proyecto.

Dentro de las cuatro etapas del ciclo biológico de la MSN (figura 10), la que interesa es la tercera, en donde se da el proceso de bioconversión y es donde la CEDA realizará la inversión.

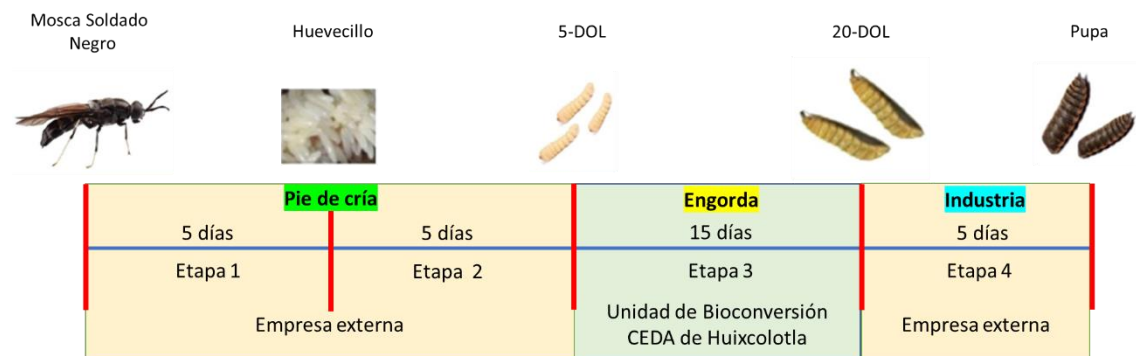


Figura 10. Ciclo biológico de la MSN, visto de manera lineal.

Fuente: elaboración propia.

Lo anterior define que el ciclo de engorde de la larva se realizará durante 15 días aproximadamente. Para que el proceso se pueda llevar a cabo de la mejor manera, se realizarán las siguientes actividades (figura 11):

1.- Recepción de los Residuos orgánicos (RO).

Punto inicial del proceso de bioconversión, en esta etapa los RO ya se encuentran libres de basura inorgánica y debidamente registrados en la caseta de vigilancia, estos serán colocados en la plancha de recepción de material orgánico.

2.- Acondicionamiento de los RO y llenado de cajas.

Esta etapa se realiza en la plancha de acondicionamiento y llenado, donde los RO son pasados al molino, donde son triturados y se dejarán escurrir durante 3 días.

Los RO debidamente escurridos (% de humedad entre el 70 y 80) son colocados en las cajas para bioconversión. Cada caja tiene una capacidad máxima de 11 kg de ROA, estas se colocan en tarimas las cuales tienen una capacidad de 70 cajas (770 kg de ROA/tarima), diariamente se ocuparán 1,091 cajas y 16 tarimas para procesar las 12 t de ROA/día.

Para finalizar las tarimas serán pesadas y trasladadas a la siguiente etapa utilizando el patín hidráulico, el tractor y el remolque.

3.- Bioconversión.

También conocida como etapa de engorde de larva, se realiza en la unidad de bioconversión y es en esta etapa donde la larva se desarrolla alimentándose de los ROA, se proyecta que en esta unidad se tengan en manejo diariamente 180 toneladas de ROA en 16,264 cajas para bioconversión, utilizando un total de 234 tarimas.

Al inicio del proceso de esta etapa se agregarán 11 gramos de LMSN en 5-DOL que serán pesadas en las basculas digitales.

Debido a que las LMSN requieren condiciones climáticas muy específicas se colocarán 5 paquetes de sensores de T °C y HR con alerta y almacenamiento de datos, que permitirá el monitoreo constante del proceso de engorda.

4.- Cosecha de larva y Frass

Después de los 15 días de engorda, las cajas son trasladadas al área de cosecha donde las larvas son separadas y sacrificadas. Las cajas vacías son lavadas y trasladadas para volver a ser ocupadas en el nuevo ciclo de engorde.

El frass producido, será trasladado a la bodega, donde será ensacado y almacenado.

5.- Deshidratación

La larva sacrificada y limpia es llevada para el proceso de deshidratación y luego de alcanzar el porcentaje de humedad adecuado (15-20%) se traslada a la bodega donde es ensacada y almacenada.

6.- Acondicionamiento y bodega de LSMSN.

La larva seca de mosca soldado negro será ensacada y almacenada en la bodega correspondiente.

7.- Acondicionamiento y bodega de Frass.

El frass es ensacado y almacenado en la bodega correspondiente.

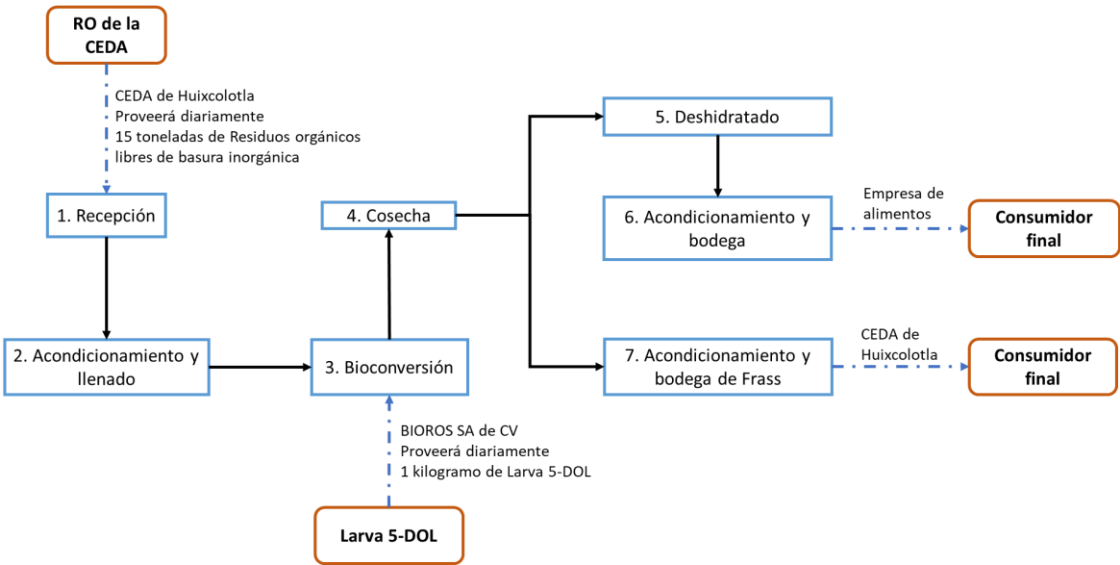


Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de engorda de LMSN.

Fuente: elaboración propia.

4.6 Evaluación financiera.

4.6.1 Capital de trabajo.

Con la puesta en marcha se procesarán 5,400 toneladas de RO (cuadro 4). Se esperan generar de manera anual \$7 millones de pesos de ingresos y tener un flujo de efectivo acumulado de \$1.2 millones.

Cuadro 4. Capital de trabajo.

A. Desarrollo de larva

Inventario de larvas	Mensual	Anual
Larvas 5-DOL (kg)	360	4,320.00
Larvas 20-DOL (kg)	36000	864,000.00
Larvas 20-DOL deshidratada (kg)	7200	172,800.00
Frass (ton)	90	
Necesidad de alimento		
RO Ton	450	5,400.00
B. Flujo de efectivo (miles de pesos).		
	Mensual	Anual
Ingresos	590.4	7084.8
Egresos	482.3	5876.8
Fujo de efectivo	108.1	1,208.2

Fuente: elaboración propia.

4.6.2 Presupuesto de inversiones.

El proyecto tendrá una inversión total de \$6.1 millones de los cuales 90% corresponde a inversión fija y el 10% a inversión diferida (cuadro 5). El proyecto únicamente es financiado con recursos propios.

Cuadro 5. Presupuesto de inversión.

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Monto Total (Miles de Pesos)
a) Inversión Fija			5,542
Infraestructura			1,785
Plancha de recepción de material orgánico	1	375	375
Bodega de larva seca	1	375	375
Unidad de Bioconversión (acondicionamiento)	1	300	300
Deshidratador solar.	1	360	360
Área de cosecha	1	375	375
Maquinaria y equipo			3,757
Báscula de plataforma (Eq1).	1	15	15
Báscula electrónica (Eq2).	1	6	6
Báscula digital de bolsillo (Eq3).	1	3	3
Cajas para bioconversión (Eq4).	16,364	0	3,600
Equipo de sacrificio (Eq5).	1	14	14
Equipo de trabajo (Eq6).	2	19	38
Equipo de lavado (Eq7).	2	2	5
Patín hidráulico (Eq8).	3	11	32
Molido de RO (Eq9).	1	35	35
Sensores (Eq10).	5	2	10

b) Inversión diferida			604
Gastos de constitución	1	40	40
Gastos de instalación	1	490	564
c) Capital de trabajo		0	121

Fuente: elaboración propia.

4.6.3 Proyección de ingresos y egresos.

Para el año 1, se tiene programado operar a un 80% de capacidad productiva y a partir del año 10 empezará a operar al 100% de capacidad (cuadro 6). La venta de Frass podría aportar casi 1.2 millones de pesos más que la venta de larva deshidratada.

Cuadro 6. Ingresos, egresos y utilidades.

Concepto	Año1	Año 2-10
1. Ingreso (\$)	\$ 5,667.84	\$ 7,084.80
Venta de Larva deshidratada	\$ 2,211.84	\$ 2,764.80
Venta de Frass	\$ 3,456.00	\$ 4,320.00
2. Costos Totales (\$)	\$ 4,932.68	\$ 5,876.60
Costos variables	\$ 3,775.68	\$ 4,719.60
Larvas 5-DOL (kg)	\$ 2,695.68	\$ 3,369.60
RO Ton	\$ 1,080.00	\$ 1,350.00
Costos fijos	\$ 1,157.00	\$ 1,157.00
Salarios	\$ 897.00	\$ 897.00
Otros (combustibles, electricidad)	\$ 260.00	\$ 260.00
[3] Utilidad de operación [1]–[2]	\$ 735.16	\$ 1,208.20
[4] Gastos financieros	\$ -	\$ -
[5] Depreciaciones	\$ 538.79	\$ 538.79
[6] Utilidad gravable [3]–[4]–[5]	\$ 196.37	\$ 669.41
[7] ISR y PTU (42%*[6])	\$ 82.48	\$ 281.15
[8] Utilidad del proyecto [3]–[7]	\$ 652.68	\$ 927.05
[11] Utilidad de la empresa [8]–[9]	\$ 652.68	\$ 927.05
[12] Punto de equilibrio (%) = $[(2b)+(9)]/[(1)-(2a)]$	61%	49%

Fuente: elaboración propia.

4.6.4 Evaluación de rentabilidad de la empresa.

Con los indicadores calculados (cuadro 7) se analiza que financieramente se debe de aceptar el proyecto, dado que tanto la TIR como el VAN son mayores a cero, así como la R B/C mayor a uno.

Cuadro 7. Indicadores de rentabilidad de la empresa.

Valor Actual Neto (VAN 10%)	\$ 6,836,209.58
Tasa Interna de Retorno	39%
Relación Beneficio / Costo (Rel B/C)	3.01

Fuente: elaboración propia.

4.7 Análisis de alternativas para manejo de RO.

Con el análisis realizado a las 4 alternativas de manejo de residuos orgánicos (figura 12), quedó demostrado que el manejo con larva de mosca soldado negro es el más factible a implementar, porque si bien la inversión inicial es alta, el hecho de ser una fuente de ingresos y no de pérdidas, representa una opción para la revalorización de los desperdicios. El uso de los tiraderos a cielo abierto como destino final de los residuos orgánicos representa pérdidas económicas, así como afectaciones sociales y ambientales; por lo que a medida de lo posible se debe migrar a otro tipo de tecnologías, tal como lo indica (Siddiqui et al., 2022) el proceso de bioconversión utilizando *Hermetia illucens* en el tratamiento de residuos orgánicos se ha convertido en una innovación líder debido a sus beneficios, como su alta tasa de producción con bajo costo y un período de producción más corto.

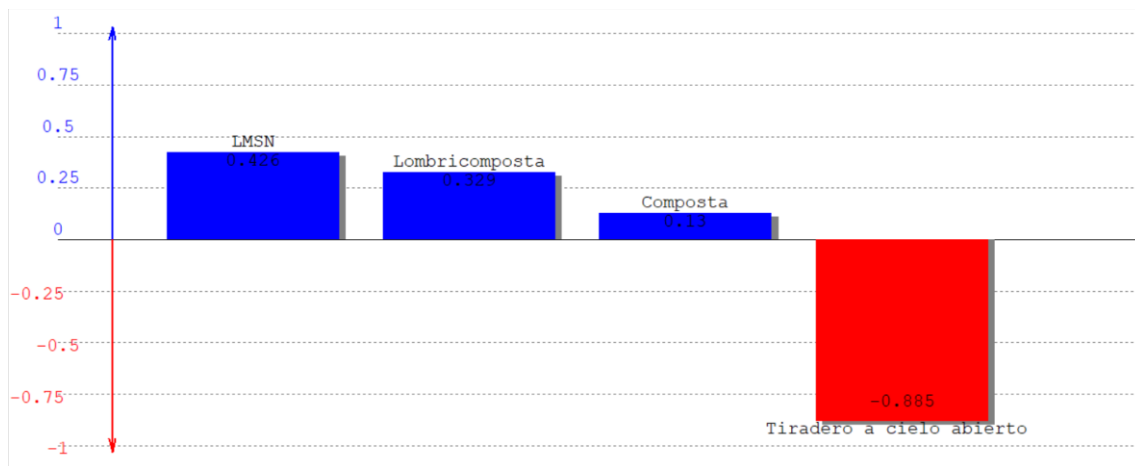


Figura 12. Comparación de alternativas para manejo de RO por las CEDAs

Fuente: elaboración propia.

4.8 Comparación con y sin el proyecto.

Actualmente la CEDA 11 gasta un aproximado de \$1.3 millones de pesos de manera anual para el manejo de sus residuos orgánicos. En la figura 13 se observa que sin el proyecto la pérdida es constante durante el periodo de análisis, y que a partir de año 1, donde la planta opere al 80%, se dejan de gastar y se comienza a generar ingresos por el manejo con Larva de Mosca Soldado Negro.

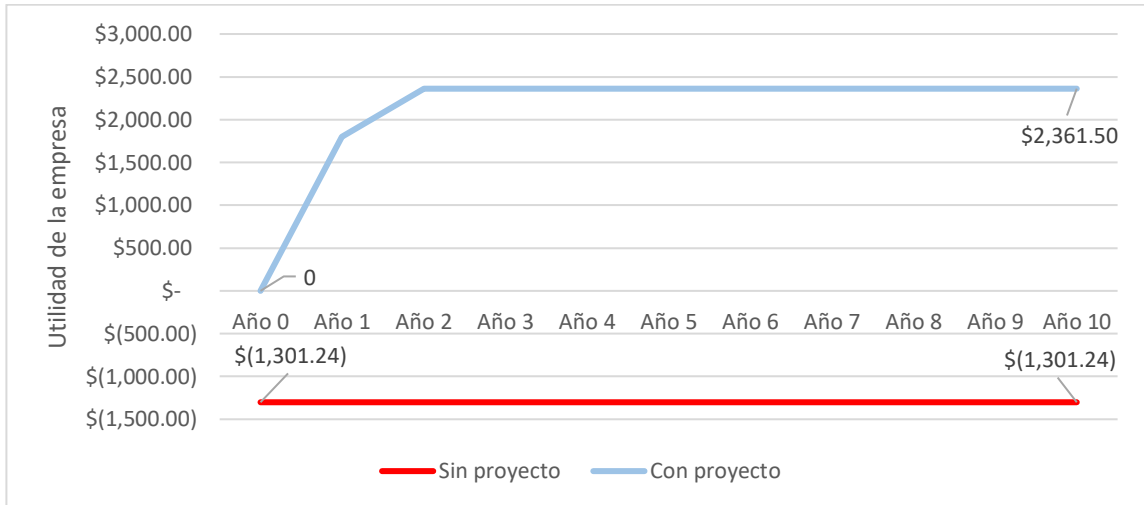


Figura 13. Comparación con y sin el proyecto.

Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Las CEDA son grandes generadoras de residuos principalmente orgánicos; debido a la cantidad, a la misma naturaleza de descomposición y a los elevados costos del manejo, el tratamiento que se suele dar de manera común está limitado a lo más práctico, principalmente en tiempo y operatividad.

La CEDA11 presenta las características de indicadores de innovación y de relaciones para la proyección y posible puesta en marcha de una planta de bioconversión con *H. Illucens*. Además de que el desarrollo del proyecto ingenieril, comercial y financiero ha demostrado la factibilidad operativa y de inversión.

El uso de la larva de mosca soldado negro es una alternativa viable técnica, social, ambiental y económicamente, mostrando tener un elevado potencial en el manejo sostenible y rentable del manejo de residuos orgánicos en comparación con los métodos actuales.

En México la industria de la mosca soldado negro aún está limitada a unas pocas empresas dedicadas a la producción en pequeña y mediana escala, lo que limita la interacción e intercambio de experiencias específicas para el país.

Se recomienda buscar vinculación con universidades de países que tienen condiciones similares y donde la producción tiene mayor representatividad (Colombia, Panamá, Chile, Perú, entre otros.), y se realiza investigación y desarrollo a nivel público y privado, siempre buscando fomentar la interacción sobre sus experiencias, para fortalecer esta industria emergente.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar Ávila, Jorge, Enrique Genaro Martinez Gonzalez, Norman Aguilar Gallegos, and J. Reyes Altamirano Cardenas. 2020. "ANÁLISIS DE PROCESOS DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y RURAL."
- Aguilar-Gallegos, Norman, and Aguilar Avila Jorge. 2017. *Análisis de Redes Sociales: Conceptos Clave y Cálculo de Indicadores*.
- Amrul, Nur Fardilla, Irfana Kabir Ahmad, Noor Ezlin Ahmad Basri, Fatihah Suja, Nurul Ain Abdul Jalil, and Nur Asyiqin Azman. 2022. "A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)."
Sustainability (Switzerland) 14(8). doi: 10.3390/su14084565.
- Arnold van Huis, Joost Van Itterbeeck, Harmke Klunder, Esther Mertens, Afton Halloran, Giulia Muir, and Paul Vantomme. 2013. *Edible Insect Future Prospect for Food*. Vol. 171.
- Bonelli, Marco, Daniele Bruno, Matteo Brilli, Novella Gianfranceschi, Ling Tian, Gianluca Tettamanti, Silvia Caccia, and Morena Casartelli. 2020. "Black Soldier Fly Larvae Adapt to Different Food Substrates through Morphological and Functional Responses of the Midgut." 1–27.
- Brambila Paz, Jose de Jesus. 2011. *Bioeconomía : Instrumentos Para Su Análisis Económico*.
- Carayannis, Elias G., Thorsten D. Barth, and David FJ Campbell. 2012. "The Quintuple Helix Innovation Model: Global Warming as a Challenge and Driver for Innovation." *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 1(1):2. doi: 10.1186/2192-5372-1-2.
- Chain, N. (2007). *Proyectos de inversión: formulación y evaluación*. Segunda Edición, Pearson Educación, 1-544.

- Fierro, Aurora, Carolina Armijo, Otoniel Buenrostro, and Benjamín Valdez. 2010. "Análisis De La Generación De Residuos Sólidos En Supermercados De La Ciudad De Mexicali, México." *Rev. Int. Contam. Ambient* 26(4):291–97.
- FIRA. 2012. *Evaluación de Proyectos de Inversión Agronegocios Parte I*.
- Fondevila, Manuel, and M^a Angeles Latorre. 2017. "Insectos Como Materia Prima Alternativa En La Alimentación de Ganado Porcino." *Comunidad Profesional Porcina*. Retrieved July 27, 2022 (https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/insectos-como-materia-prima-alternativa-en-la-alimentacion-de-porcino_2839/).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. *Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective*.
- Gougbedji, Armel, Johann Detilleux, Philippe A. Lalèyè, Frédéric Francis, and Rudy Caparros Megido. 2022. "Can Insect Meal Replace Fishmeal? A Meta-Analysis of the Effects of Black Soldier Fly on Fish Growth Performances and Nutritional Values." *Animals* 12(13):1700. doi: 10.3390/ani12131700.
- Grassi, Alice, and Christophe Derrien. 2022. "Los Beneficios de Usar Insectos En La Alimentación Acuícola: Sostenibilidad y Ventajas Nutricionales." *Aqua Feed*. Retrieved July 27, 2022 (<https://aquafeed.co/entrada/los-beneficios-de-usar-insectos-en-la-alimentacion-acuicola-sostenibilidad-ventajas-nutricionales-...-54468>).
- Van Hoof et al. 2022. "Metodología Para La Evaluación de Avances En La Economía Circular En Los Sectores Productivos de América Latina y El Caribe Gracias Por Su Interés En Esta Publicación de La CEPAL." *Desarrollo Productivo* (229):38.
- Makkar, Harinder P. S., Gilles Tran, Valérie Heuzé, and Philippe Ankers. 2014. "State-of-the-Art on Use of Insects as Animal Feed." *Animal Feed Science and Technology* 197:1–33.

- Makkar, Harinder PS. 2014. "Harinas de Insectos Como Alimento Para Animales." *Ampliando Horizontes No. 12* FAO. Retrieved July 27, 2022 (<https://www.feedipedia.org/content/insect-meals-animal-feed>).
- Montañez, G. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos agropecuarios*. Ecoe Ediciones.
- Muñoz, Rodríguez, Jorge Aguilar, Roberto Rendón, and J. Reyes Altamirano. 2007. "Análisis de La de Innovación En Agroalimentarias."
- Ozaralli, Nurdan, and Nancy K. Rivenburgh. 2016. "Entrepreneurial Intention: Antecedents to Entrepreneurial Behavior in the U.S.A. and Turkey." *Journal of Global Entrepreneurship Research* 6(1). doi: 10.1186/s40497-016-0047-x.
- Pimentel, E. (2008). *Formulación y evaluación de proyecto de inversión*. Aspectos Teóricos y Prácticos, 171.
- Rabobank. 2021. "Ya no se arrastra: la proteína de los insectos surgirá en la década de 2020s."
- Rendón Medel, Roberto. 2022a. *Fundamentación y Lineamientos Para La Identificación de Redes de Innovación En El Sector Rural*.
- Rendón Medel, Roberto. 2022b. *Fundamentación y Lineamientos Para La Identificación de Redes de Innovación En El Sector Rural*.
- Rodríguez, Adrián G., Andres O. Miandaini, and Maureen A. Hitschfeld. 2018. "Bioeconomía En América Latina y El Caribe, 2018." *Memoria Del Seminario Regional Realizado En Santiago, Los Días 24 y 25 de Enero de 2018* 72.
- SEMARNAT. 2015. "Informe de La Situación Del Medio Ambiente En México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde." 431–70.
- SEMARNAT. 2020. *DIAGNÓSTICO BÁSICO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*.

- Siddiqui, Shahida Anusha, Bridget Ristow, Teguh Rahayu, Nugroho Susetya Putra, Nasih Widya Yuwono, Khoirun Nisa', Bosco Mategeko, Sergiy Smetana, Morteza Saki, Asad Nawaz, and Andrey Nagdalian. 2022a. "Black Soldier Fly Larvae (BSFL) and Their Affinity for Organic Waste Processing." *Waste Management* 140:1–13.
- Yamaguchi, Shunta. 2018. "Joint Working Party on Trade and Environment International Trade and the Transition to a More Resource Efficient and Circular Economy – Concept Paper." (2017):1–21.

Apéndice 1

Encuesta para la caracterización de residuos de las centrales de abasto de México.

Fecha	
-------	--

I. Identificación de la persona que responde la encuesta.

Nombre completo	
Puesto en la organización	
Estado	
Municipio	

II. Tipo, cantidad y composición de los residuos generados en la CEDA

Tipo	Composición estimada (%)	Cantidad generada por día (toneladas)
Orgánicos		
Inorgánicos		

Composición estimada por tipo de residuos (%):			
Del 100% de orgánicos, % de:	%	Del 100% de inorgánicos, % de:	%
Frutas		Papel	
Hortalizas		Vidrio	
Granos y cereales		Plástico	
Carnes, pescados y mariscos		Madera	
Otros		Otros	

III. Prácticas en el manejo de residuos en la Central de Abasto.

Categoría	Innovación	¿En qué año inició con esta práctica?	¿Quién (s) o qué factor influyó para que realizara esta práctica?
Manejo de residuos	Separación de residuos sólidos (orgánicos de los inorgánicos)		
	Separación de residuos inorgánicos (cartón, plástico, vidrio, etc.)		
	Separación de residuos orgánicos (legumbres, frutas, carne, etc.)		
Destino de los residuos orgánicos	Composta		
	Vermicompost		
	Tiradero a cielo abierto		
	Producción de biogás		
	Larva de Mosca Soldado Negro		
	Otro. Señale		
Administración	Registro por destino final de los residuos generados		
	Registros de la salida y peso de residuos		
	Análisis periódico de la composición de residuos		
Gestión	Manual o proceso para el manejo de residuos sólidos		
	Campañas de separación de residuos		
	Convenios para la colecta y disposición final de residuos		

IV. Redes de información

¿Conoce iniciativas o proyectos para la gestión de los residuos orgánicos que sean factibles para la cantidad de residuos orgánicos que genera la CEDA donde trabaja? En su caso, describa el lugar y características de la iniciativa.

Señale la iniciativa o proyecto	Lugar	Características

¿Con qué persona, empresa o institución ha comentado sobre estrategias para la gestión de los residuos orgánicos que pudieran ser de interés para las CEDA?

Señale la persona, empresa o institución	¿Qué ha comentado?

¿Ha escuchado sobre iniciativas en México o en el extranjero sobre procesos de uso de los residuos orgánicos?

Señale la persona, empresa o institución	¿Qué ha escuchado?

V. Problemas identificados en el manejo y disposición de residuos

Problema	Importancia (1 no importante, 5 muy importante)	Solución (s) factibles (1 de fácil solución, 5 difícil de solucionar)
Sanciones o presiones de las autoridades por el manejo de residuos		
Separación de residuos en orgánicos e inorgánicos desde las bodegas		
Capacitación de personal de la CEDA en el área de manejo de residuos		

Rentabilidad de las estrategias para el manejo de residuos		
Desarrollo de estrategias de la CEDA para el manejo de residuos		
Otro. Señale		

De ser posible, integre fotografías que permitan observar el tipo de instalaciones o disposición de los residuos orgánicos.

Se agradece su participación. Recibirá un concentrado analítico de las respuesta obtenidas. Señale el correo donde desea recibir esta información: _____@_____