



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

CIEDA

Centro de Investigación en
Economía Agrícola y
Desarrollo Agroempresarial

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y
DESARROLLO AGROEMPRESARIAL (CIEDA)

**MODELO DE COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE INSECTOS
COMESTIBLES EN COSTA RICA, 2021: GRILLO DOMÉSTICO
(*ACHETA DOMESTICUS*) Y GUSANO DE HARINA (*TENEBRIO
MOLITOR*)**

Elaborado por:

Tatiana Solano Pereira (tatiana.solanopereira@ucr.ac.cr)

Diego Quirós Badilla (diego.quirosbadilla@ucr.ac.cr)

David Barboza Navarro (jose.barbozanavarro@ucr.ac.cr)

Viernes 3 de diciembre del 2021

San José, Costa Rica



Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Marco teórico y revisión de literatura	3
3.1. Grillo doméstico (<i>Acheta domestica</i>)	4
3.2. Gusano de harina (<i>Tenebrio monitor</i>)	4
3.3. Establecimiento de una granja de insectos comestibles	5
3.3.1. Infraestructura	5
3.3.2. Jaulas	5
3.3.3. Bebederos, comederos y escondites	6
3.3.4. Nidos y ponaderos	7
3.3.5. Temperatura	7
3.3.6. Alimentación	8
3.3.7. Cosecha y recolección de insectos	8
3.3.8. Procesamiento de polvo de insectos	9
3.3.9. Limpieza, desinfección y deposición de residuos	10
3.4. Costos de producción y rentabilidad de las granjas	10
4. Metodología	13
5. Resultados	14
5.1. Proceso productivo	14
5.2. Requerimientos, condiciones y supuestos básicos del modelo de costos.....	16
5.2.1. Producción de grillo doméstico:.....	16
5.2.2. Producción de gusano de harina:.....	16
5.2.3. Condiciones generales del sistema productivo.....	16
5.3. Costos de producción según etapa de producción.....	18
6. Conclusiones y recomendaciones.....	24
7. Referencias bibliográficas	25
8. Anexos.....	28



1. Introducción

El consumo de insectos se ha popularizado a nivel mundial como una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria y ser fuente de proteínas y nutrientes de alta calidad, principalmente en países asiáticos, africanos, latinoamericanos y, más recientemente, europeos (O'neal Coto, 2019). El alto aporte nutricional de los insectos comestibles se magnifica en su contenido proteínico, que podría superar hasta en 26% a la carne de pescado (CITA, 2019).

Se estima que el crecimiento del mercado mundial de insectos entre 2023 y 2030 sea de 24,4%, según la tasa anual compuesta (CAGR), hasta alcanzar un valor aproximado de 7 960 millones de USD (O'neal Coto, 2020; Urrejola, 2019).

En el continente americano su consumo sigue siendo rechazado por la mayoría de los pobladores debido a la cultura culinaria, aunque México se proyecta como líder en la innovación del mercado de insectos, con una variedad superior a 300 especies comestibles (Urrejola, 2019). Otros países donde es común el consumo de insectos son Argentina, Brasil, Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela (Pino-Moreno et al., 2014).

En Costa Rica se ha registrado un aumento en el interés por el consumo de insectos, aunque la preferencia se inclina por alimentos procesados como polvos¹ (O'neal Coto, 2020). Mientras que la disposición de consumo se puede ver influenciada por el grado de información que se dispone sobre los beneficios otorgados (Murrillo-Murillo et al., 2019). En este sentido, se identifican a cuatro ejes que repercuten en el consumo mundial (PROCOMER, 2021):

- a) La preocupación por la salud, incluyendo la nutrición y el bienestar inmune.
- b) La sostenibilidad, que abarca temas como las prácticas productivas, los empaques y la reducción del desperdicio de alimentos, así como el bajo nivel de requerimiento de agua y emisión de dióxido de carbono (Díaz, 2021).
- c) La trazabilidad de los productos entre la industria y el consumidor, incluidas las tendencias de venta a través del comercio electrónico.
- d) El rol de los alimentos funcionales como generadores de valor.

Esto ha promovido la iniciativa para impulsar la producción nacional a través del programa “DESCUBRE”, en el que participa la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica

¹ Conocidos comúnmente como harinas.



(PROCOMER), que se encarga de brindar asesoría y apoyo técnico en la identificación de nuevos proveedores en la pequeña industria costarricense; además de otras instituciones como la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Tecnológico Nacional (ITEC) (PROCOMER, 2021).

Actualmente en Costa Rica, el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) y el gusano de harina (*Tenebrio molitor*) son reconocidos como especies exóticas ornamentales², que faculta la producción y comercialización de productos derivados (Díaz, 2021; PROCOMER, 2021).

Las especies de insectos más consumidas a nivel mundial son escarabajos (coleópteros), orugas (lepidópteros), abejas, avispas y hormigas (himenópteros) (FAO, 2013; O'neal Coto, 2019). Cada una tiene ciclos de vida diferentes que podrían repercutir sobre el proceso y los costos de producción, aunque los sistemas se caracterizan por mantener unidades uniformes.

Otro de los aspectos que faculta la producción de insectos en Costa Rica es la dedicación de áreas pequeñas para el establecimiento de las granjas, que se promueven en estructuras verticales y mejoran el rendimiento por unidad de terreno (Quesada, 2020). No obstante, y al igual que en cualquier sistema de producción pecuaria, se deben mantener condiciones óptimas de temperatura, humedad y disponibilidad de alimento y agua, para no afectar el correcto desarrollo de los animales y alargar innecesariamente el ciclo productivo.

Por las razones expuestas anteriormente y ante la falta de información precisa y oportuna sobre la producción de insectos comestibles en sistemas controlados, en esta investigación se plantea un modelo de costos de producción del grillo doméstico y el gusano de harina con el método de costeo por procesos. Los resultados de esta investigación tienen como finalidad fortalecer y promover el establecimiento de sistemas agropecuarios no tradicionales que se proyectan con una alternativa para la diversificación económica y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Realizar un modelo de costos para la producción y el procesamiento de polvo de grillo doméstico (*Acheta domesticus*) y gusano de harina (*Tenebrio monitor*), en un sistema de rotación de micro-lote, en Costa Rica.

² Resolución SENASA-DG-R0026-2021 del Servicio de Salud Animal (SENASA).



2.2. Objetivos específicos

- a) Estimar el costo de producción desde el establecimiento de la granja hasta el procesamiento y empaclado de grillo doméstico y gusano de harina.
- b) Proyectar los costos de producción y los ingresos generados por la venta de polvo de insectos de exportación en un horizonte de cinco años naturales.

3. Marco teórico y revisión de literatura

Al consumo de insectos por los seres humanos se le conoce como entomofagia, que contribuye a la seguridad de alimentos y piensos para hacer frente al crecimiento demográfico y la urbanización (FAO, 2013).

Los insectos tienen altas tasas de reproducción, crecimiento y conversión de piensos, con bajos impactos ambientales negativos durante su ciclo de vida, aportan altos contenidos de proteínas y minerales, pueden criarse aprovechando flujos de residuos alimenticios y se consumen enteros o procesados (FAO, 2013).

Los insectos tienen una eficiencia de conversión de los alimentos a masa corporal hasta de 50%, es decir, un kilogramo (kg) de alimento propicia un aumento de 0,5 kg de masa corporal; este es un indicador alto en comparación con el ganado, que requiere 4 kg de alimento (FAO, 2013).

Además de las características mencionadas en el apartado introductorio, otra de las ventajas ambientales es el aprovechamiento de los residuos biológicos en un entorno de economía circular para la elaboración de abonos orgánicos (FAO, 2013). En lo que respecta a los beneficios sociales, la producción de insectos comestibles representa un bajo nivel de riesgo para la transmisión de enfermedades zoonóticas, ofrece nuevas oportunidades para la diversificación productiva y fortalece la generación de empleos (Cruz & Peniche, 2018; FAO, 2013).

Uno de los puntos críticos en el procesamiento, la conservación y el almacenamiento de insectos, al igual que en cualquier otro tipo de alimento, es garantizar la seguridad microbiana, la palatabilidad, y la ausencia de componentes inorgánicos y sustancias tóxicas y alérgicas que, si bien cierto, pueden formar parte del mismo organismo, tales como la quitina del exoesqueleto (Medina-Milian, 2020).



3.1. Grillo doméstico (*Acheta domestica*)

Es una especie que pertenece a la familia de Ortópteros, con metamorfosis incompleta que consta de las etapas de huevo, ninfa y adulto (Kobe & Murillo-Hiller, 2021; I. Pérez, 2018).

Sus características biológicas permiten al macho fecundar cerca de 30 hembras diferentes en un mismo ciclo y la hembra puede poner 30-40 huevos por puesta, dentro de uno a dos días después del apareamiento (Ayala, 2019; Kobe & Murillo-Hiller, 2021; Vaca, 2020).

La incubación del huevo puede tardar dos semanas, la fase de crecimiento hasta alcanzar la etapa adulta se extiende durante siete semanas (siete mudas de piel), mientras que el ciclo de vida total se prolonga de dos a tres meses dependiendo de las condiciones ambientales (Medina-Milian, 2020; Portillo-Rivera, 2017).

Este insecto puede alcanzar una longitud promedio de 1,6 a 2,1 centímetros (cm), requiere de sustratos húmedos para depositar los huevos y se recomienda sustituir constantemente los grillos reproductores para reducir la endogamia (Medina-Milian, 2020; I. Pérez, 2018; Portillo-Rivera, 2017).

3.2. Gusano de harina (*Tenebrio monitor*)

El gusano de harina es un insecto de orden Coleoptera en el estadio de larva del escarabajo molinero, mide aproximadamente 1,8 cm de largo y 0,4 cm de ancho (Sarmiento, 2018).

El ciclo de vida del gusano de harina se conforma por varios estadios que, en condiciones de cría bajo ambientes controlados, se prolongan durante 3 o 5 meses de la siguiente manera (López et al., 2018; Pérez, 2021; Sarmiento, 2018):

- a) Fase de huevo e incubación, tarda de 10 días.
- b) Periodo larval, se prolonga durante 10 semanas, con 9 mudas de piel aproximadamente. Esta es la etapa con mayor importancia alimenticia y económica, ya que aporta la mayor cantidad de proteína.
- c) Fase de ninfa o pupa, se extiende por 20 días.
- d) Fase de escarabajo, que a su vez se divide en joven y adulto, y tiene una esperanza de vida de 20 a 30 días. En la etapa adulta los escarabajos son sexualmente maduros.

El periodo de ovoposición de la hembra varía entre 25 y 140 días, y son insectos que evitan la luz, con preferencia por lugar tranquilos y oscuros (Sarmiento, 2018)



3.3. Establecimiento de una granja de insectos comestibles

En este apartado se considera las condiciones básicas necesarias para establecer un sistema de producción de grillo doméstico y gusano de harina en Costa Rica, según la declaración de especie exótica ornamental y la similitud en los ciclos productivos. Cabe destacar que el criador debe llevar bitácoras de alimentación, limpieza y del estado general de los grillos, los nidos, los comederos y bebederos, la temperatura, la ventilación, la humedad y la presencia de plagas (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015).

3.3.1. Infraestructura

La ubicación de la granja debe estar alejada de áreas industriales que puedan afectar la calidad del aire y el agua, o bien, de zonas agrícolas con altos riesgos de contaminación por aplicación de agroquímicos (Hanboonsong & Durst, 2020).

Se recomienda crear galpones con techo adecuado que proteja a los insectos del sol y la lluvia, las paredes deben permitir el movimiento del aire y el piso se prefiere de concreto para facilitar la limpieza, la higiene y minimizar la presencia de plagas (Hanboonsong & Durst, 2020).

También se debe disponer de lavatorios y zonas de desinfección de calzado para ingresar a la planta, así como estantes sellados para el almacenamiento de los alimentos y los utensilios (Hanboonsong & Durst, 2020; Medina-Milian, 2020).

3.3.2. Jaulas

En granjas de pequeña y mediana escala se pueden utilizar cajas plásticas, de cartón, madera o vidrio, y a gran escala se recomiendan piletas de concreto sólido, con sistemas de ventilación en el techo o las paredes que permitan la aireación, para lo cual se utiliza malla metálica de aluminio o malla antiofídica (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

Dependiendo del material utilizado (específicamente madera y cartón), es necesario colocar cinta adhesiva lisa o una placa metálica con un ancho mínimo de 10 cm alrededor del interior de la jaula, para evitar escapes de insectos (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015).

Las jaulas deben ser aptas para controlar la humedad y facilitar la limpieza de sustratos, comederos y bebederos (Medina-Milian, 2020). Otra de las recomendaciones es la identificación por lotes para evitar una mezcla inapropiada de insectos en diferentes etapas de crecimiento (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; F. Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 28 de octubre de 2021).



La densidad de insectos que se albergan dentro de una jaula se mide en función de la capacidad de litros o el área del piso. Una caja con capacidad de 75 litros puede albergar entre 2 000 y 7 000 grillos domésticos adultos (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021). Mientras que la densidad del gusano de harina puede ser inclusive de 10 000 insectos por metro cuadrado (m²) (González, 2019)

En el caso de los gusanos de harina, es indispensable mantener una capa de sustrato en el piso de la jaula para facilitar las etapas de puesta de huevos, incubación y reproducción de los insectos (Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

3.3.3. *Bebederos, comederos y escondites*

En el caso de la producción de grillos, los bebederos y comederos deben ser amplios, preferiblemente de fondo plano y baja altura para que los insectos puedan acceder fácilmente al agua y el alimento (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015).

Se recomienda colocar esponjas o trozos de tela en el recipiente durante el crecimiento temprano de los insectos para evitar que mueran ahogados (Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021). Sin embargo, se debe controlar la limpieza para evitar que se transformen en reservorios de bacterias (Hanboonsong & Durst, 2020).

Las jaulas deben contener una cantidad suficiente de escondites, que usualmente se elaboran con materiales de cartón, estos proporcionan un hábitat seguro y cómodo donde los insectos pueden crecer y deshacerse de los exoesqueletos durante la muda (Hanboonsong & Durst, 2020; Medina-Milian, 2020). Es importante que los escondites queden por debajo de un tercio de la altura de la jaula para evitar el escape de insectos (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015).

El cartón comercial para empaque de huevos ha sido ampliamente utilizado como escondites, por su eficiencia, bajo costo y facilidad para colocarlos (Hanboonsong & Durst, 2020). Estos se disponen de manera vertical, uno al lado del otro y con las crestas y valles entrelazados, para facilitar el establecimiento de escondites, la circulación del aire y permitir que los desechos biológicos (insectos muertos, mudas, heces y residuos de nutrientes) caigan al fondo de la jaula (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

Para la producción de gusanos de harina no es necesario disponer recipientes para alimentación. Usualmente se alimentan de productos como zanahoria, que se distribuyen en trozos pequeños en la



jaula, de los cuales adquieren el contenido hídrico necesario para crecer (Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

3.3.4. *Nidos y ponederos*

En el caso de los grillos domésticos, es necesario disponer de un recipiente separado para los ponederos con capacidad de 8 a 25 onzas o 15 cm de diámetro, con sustrato húmedo que atraiga a las hembras para el depósito de los huevos fertilizados y una cubierta de malla metálica que permita la puesta e impida que los huevos sufran daños ocasionados por otras hembras o machos (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Hanboonsong & Durst, 2020; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

El sustrato puede tener una profundidad de 3 a 5 cm y se pueden utilizar diferentes subproductos, tales como vermiculita, arena marina o de río, tierra para plantas ornamentales, ceniza de cáscara de arroz y piedra porosa volcánica, entre otros, siempre y cuando hayan pasado por un proceso de esterilización (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Hanboonsong & Durst, 2020).

Para el establecimiento de una nueva granja se recomienda al criador comprar los huevos iniciales a otros productores, con una debida elección de procesos de calidad y registro de la producción (Hanboonsong & Durst, 2020). Una vez que se ha establecido la granja, la crianza se puede hacer autosuficiente en la producción y fertilidad de huevos para nuevos lotes de producción.

También es recomendable que en la etapa de incubación se cubran los ponederos con bolsas plásticas u otros materiales como sacos de yute o tela para aumentar la temperatura, o bien, colocando una bombilla eléctrica dentro de la jaula o contenedor; esta se puede mantener permanentemente para regular la temperatura (Hanboonsong & Durst, 2020; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021)

3.3.5. *Temperatura*

En el caso del grillo doméstico y el gusano de harina, la temperatura ideal para el adecuado crecimiento oscila entre 20 a 35 °C, Paniagua-Rodríguez (comunicación personal, 2021) recomienda un rango de variación menor que oscila de 28 a 32 °C. Mientras que la humedad se debe mantener entre 40-70%, para lo cual es necesario disponer de sistemas de calefacción que permitan la regulación de las condiciones (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Hanboonsong & Durst, 2020;



Kobe & Murillo-Hiller, 2021; Medina-Milian, 2020; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021; Portillo-Rivera, 2017).

Siempre se debe evitar la exposición directa y continua a la humedad, los rayos del sol y el frío, porque podría ocasionar una muerte masiva (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Sarmiento, 2018).

3.3.6. Alimentación

En granjas productivas se pueden utilizar concentrados para animales domésticos y de producción pecuaria altos en proteína, principalmente en las etapas de iniciación (15 primeros días de crecimiento), siempre y cuando exista disponibilidad *Ad libitum* para evitar canibalismo³ (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Erens et al., 2012).

Posterior a los 15 días de eclosión se pueden incorporar dietas mixtas con concentrado y materiales verdes (vegetales o frutas) que favorecen el sabor percibido por los consumidores (Hanboonsong & Durst, 2020). Las proporciones pueden ser variadas e inclusive se podría suministrar únicamente concentrado durante toda la etapa de crecimiento, aunque se recomienda suministrar una dieta exclusivamente de calabaza fresca dos o tres días antes de que se realice la cosecha de insectos, esto eliminará los olores indeseables derivados de piensos comerciales y mejorará el sabor de los grillos (Hanboonsong & Durst, 2020).

En algunos casos es usual alimentarlos con residuos orgánicos para reducir los costos de producción, pero se recomienda cuando el destino es la elaboración de subproductos para alimento animal y no humano (Cruz & Peniche, 2018).

En lo que respecta al agua, esta puede ser suministrada en forma líquida, evitando la presencia de agentes contaminantes, o por medio de la ingesta del contenido hídrico de frutas y vegetales frescos como manzana, pera, melón, sandía, naranja, mandarina, zanahoria, lechuga y remolacha (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Ayala, 2019).

3.3.7. Cosecha y recolección de insectos

Una vez que los insectos alcancen el punto óptimo de recolección (depende la especie y las condiciones de alimentación y hábitat controlado), la primera actividad consiste en retirar los recipientes de alimentación, luego se deben apartar los escondites para facilitar la recolección

³ Esto se puede presentar cuando hay mezclas de insectos en diferentes etapas de crecimiento.



(Hanboonsong & Durst, 2020). Una persona puede recolectar entre 80 y 100 kg de grillos en una hora, pero depende de las condiciones y el tipo de jaulas que se utilizan (Hanboonsong & Durst, 2020).

Antes de realizar el proceso de sacrificio se recomienda un tiempo de cuatro horas previas sin disponibilidad de alimento, con la finalidad de que los insectos realicen el proceso de digestión (Portillo-Rivera, 2017).

3.3.8. *Procesamiento de polvo de insectos*

El procesamiento y envasado de los insectos y subproductos debe realizarse en un lugar separado de las jaulas de cría, con la debida desinfección y limpieza (Hanboonsong & Durst, 2020).

Las actividades que comprenden el procesamiento de polvo de insectos son sencillas y están bien definidas, aunque pueden varían según el criterio del productor. Generalmente se resumen en: sacrificio, escaldado, deshidratación, molienda y empaquetado (Pérez, 2018).

El sacrificio puede variar tanto en tiempo como en forma. En algunos casos se recomienda un proceso de congelación durante una hora para entrar en el proceso de adormecimiento o diapausa (Medina-Milian, 2020), contrario a lo que indica Ayala (2019), quien recomienda una congelación a -5 °C durante 15 minutos. Esto depende de la potencia y eficiencia de los equipos.

Posteriormente se colocan en agua hervida (95-100 °C) para reducir la carga microbiana y eliminar posibles patógenos (Medina-Milian, 2020).

El orden de las etapas anteriores puede variar, como es el caso de Hanboonsong & Durst (2020), quienes recomiendan hervir los insectos durante cinco minutos previo a la deshidratación o la congelación para evitar la liberación de histamina⁴ y necrosis en caso que los insectos requieran ser trasladados. Además de los beneficios de la esterilización, Paniagua-Rodríguez (comunicación personal, 2021) hace hincapié en la necesidad de hervir los grillos antes de congelarlos para evitar procesos de necrosis ocasionados por la congelación que, en dado caso, disminuirían el atractivo visual y provocarían cambios en la contextura del insecto.

Después del escaldado se retira el exceso de agua con un colador para agilizar la deshidratación (Medina-Milian, 2020). La deshidratación también depende de la eficiencia del equipo utilizado. En

⁴ Sustancia que puede provocar reacciones alérgicas en algunas personas.



algunos casos se ha realizado a 60 °C en ocho horas continuas, 150 °C durante seis horas o de 85 a 95 °C durante 8-1 minutos, sin que alterar su aspecto y textura (Medina-Milian, 2020; Portillo-Rivera, 2017)

En las últimas etapas se realiza la molienda de los grillos secos con cernido del polvo resultante para eliminar partículas grandes y facilitar un polvo homogéneo (Ayala, 2019; González, 2019). Finalmente, se empaqueta el polvo en el recipiente más adecuado para su conservación e inclusive, se pueden colocar aditivos como antioxidantes, aunque no son del todo necesario (A. M. Quirós, comunicación personal, 2021).

3.3.9. Limpieza, desinfección y deposición de residuos

Las jaulas deben desinfectarse con cloro diluido al 5%, las bandejas de cartón utilizados como escondite deben cepillarse y secar al aire libre, y las que se encuentren dañadas o enmohecidas necesitan ser reemplazadas (Hanboonsong & Durst, 2020). Este mismo procedimiento se debe realizar para los comederos, bebederos, ponaderos y cualquier equipo o herramienta utilizado en la producción, cada tres o cuatro días máximo (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

Una buena práctica de cría de insectos incluye la eliminación y el reciclaje de productos de desecho para minimizar y evitar perjuicios ambientales (Hanboonsong & Durst, 2020). Los residuos biológicos pueden pasar por un proceso de compostaje para ser utilizado como abono orgánico dentro de la misma finca o en jardinería.

3.4. Costos de producción y rentabilidad de las granjas

Es común clasificar los costos de producción como costos de manufactura, que corresponden a la conversión de las materias primas en productos terminados, y costos operativos, que cubren las áreas de mercadeo, ventas y administración (Cuevas, 2010).

Los costos de manufactura se componen de: a) materiales directos, que forman parte integral del bien; b) mano de obra directa, que representan los costos labores asignados a la producción y que se pueden seguir sin incurrir en costos adicionales; y c) costos indirectos, que son todos aquellos que no se incluyen en las categorías anteriores y no son fáciles de identificar en el producto final (Cuevas, 2010).



Los costos también se clasifican por su naturaleza en: costos variables, que cambian según el nivel de producción; costos fijos, que no dependen los cambios en el nivel de producción; y costos mixtos, que se comportan como variables o fijos según el nivel de producción (Cuevas, 2010).

Existen diferentes metodologías de costeo que se adaptan según las características de la actividad productiva. Una de estas es el costeo por procesos, que se refiere a las actividades de producción de unidades similares de manera masiva, en la cual, los costos se acumulan por procesos (Cuevas, 2010).

En lo que respecta al costeo de producción de insectos comestibles, la literatura es escasa, principalmente en el ámbito latinoamericano.

Recientemente, en El Salvador se realizaron dos costeos para la producción de polvo de grillo doméstico. El primero consideró un ciclo productivo de tres meses, donde el costo de establecimiento representó el 50% de los costos totales, la alimentación 29% y la mano de obra directa 21% (Portillo-Rivera, 2017). La segunda investigación indica que el costo de producción de 0,45 kg (equivalente a una libra) de polvo de grillo doméstico, se ve afectado principalmente por concepto de mano de obra a razón de 58%, 9% para la dieta de los insectos y el 33% sobre costos de establecimiento (Medina-Milian, 2020).

En Colombia se realizó un costeo para la producción de gusano de harina y, al igual que en el caso anterior, el elemento con mayor representatividad sobre los costos totales fue la mano de obra (76%), seguido por la alimentación (21%), otras materias primas y costos indirectos (3%) (López et al., 2018).

Estos resultados difieren significativamente con Hanboonsong et al. (2014), quienes indican que el costo principal es la dieta para los insectos y representa alrededor de dos tercios de los costos totales de producción. Durst & Hanboonsong (2015) enfatizan que, con un ciclo de producción de 35 a 45 días en Tailandia y Laos, el alimento es el elemento de mayor costo en la cría de grillos domésticos y representa hasta la mitad de los costos totales de producción.

Los altos costos de producción en pequeñas granjas de insectos se explican por los bajos niveles de mecanización y se pueden optimizar con dietas complementarias a base de verduras (Hanboonsong et al., 2014; Niyonsaba et al., 2021). Las fuentes de información sobre procesos de costeo se precisan con mayor detalle en países asiáticos como Tailandia, que tiene un mercado estable, una industria más avanzada y economías de escala que favorecen la disminución de los costos unitarios; contrario



a países latinoamericanos (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Hanboonsong et al., 2014; Nakagaki & Defoliart, 1991).

A pesar de lo anterior, la producción de insectos comestibles y su industrialización en productos derivados, se proyectan con un alto valor de mercado que favorece la viabilidad financiera, principalmente por las condiciones de demanda que prevalecen en el mercado mundial, con especial énfasis en el continente europeo y Estados Unidos de América, que se caracterizan por el alto poder adquisitivo de su población (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015).

Hanboonsong et al. (2014) enfatizan que la ganancia neta para cada ciclo de cosecha se aproxima al 50% del ingreso bruto si los agricultores venden directamente a compradores mayoristas, con mejoras sustanciales conforme se integren en los canales finales de la cadena de valor. A su vez, el ciclo de producción tan corto permite un rápido retorno financiero de la inversión (Cruz & Peniche, 2018; Durst & Hanboonsong, 2015).

La viabilidad técnica y financiera puede diferir de un país a otro, entre escalas de producción y capacidad de financiamiento. Al ser una actividad relativamente nueva en Costa Rica, esa viabilidad se puede ver afectada mayoritariamente por los costos de producción y la demanda interna, pero existe la posibilidad de exportar a mercados más rentables.

El sistema de costeos por procesos es ampliamente aplicado cuando se producen unidades similares de forma masiva, tales como el procesamiento de alimentos, en las cuales se precisan los departamentos productivos, periodos de tiempo y costos unitarios (Cuevas, 2010). En ese sentido, cuando existen varios departamentos, los costos se transmiten continuamente según la dependencia de los mismos (Cuevas, 2010).

El procedimiento básico para el costeo por procesos depende de lo siguiente (Cuevas, 2010):

- a) Acumular los tres elementos del costo (materiales, mano de obra y costos indirectos) para cada departamento.
- b) Seguir el flujo de producción.
- c) Determinar unidades equivalentes y el costo unitario de cada elemento por departamento.
- d) Asignar y transferir los costos en cada departamento.



4. Metodología

Se realizó un modelo de costos por procesos para una granja de insectos a mediana escala en Costa Rica, en la que se lleva a cabo la producción del grillo doméstico y el gusano de harina, y su posterior procesamiento en polvo de insecto para comercializar en el mercado europeo.

Inicialmente se identificaron las principales etapas para la producción con base en revisión bibliográfica y consulta a expertos en el área de producción y procesamiento. El costeo considera los siguientes elementos:

- a) Labores de mano de obra.
- b) Insumos y materiales de producción en granja y planta de procesamiento.
- c) Gastos de operación y administrativos.
- d) Herramientas y equipos menores.

Estos elementos se pueden ver afectados por costos fijos y variables, y se pueden representar en una ecuación matemática de la siguiente manera:

$$CT = MO + MP + CI + HE \quad (1)$$

Donde, CT es el costo total de producción; MO es el costo de las labores de mano de obra; MP es el costo de insumos y materiales requeridos para la producción; CI es el costo indirecto de producción; HE representa el desembolso en equipos, herramientas y utensilios menores necesarios para la producción, que se consideran como costos anuales dependiendo de las características.

También se estimó la utilidad anual bruta del sistema productivo por medio de la ecuación (2):

$$UB = IT - CT \quad (1)$$

Donde, IT representa los ingresos totales por la venta de polvo de insectos; CT es el costo total de producción.

Se realizó un diagrama de flujo estandarizado que comprende las etapas desde el establecimiento de la granja hasta el empaquetado de polvo de insectos comestibles en unidades equivalentes a una libra de peso (medida usual en la Unión Europea).

Se estimó el costo unitario para la elaboración de un kilogramo de polvo de insectos comestibles a partir de la producción de grillo doméstico y gusano de harina. Para las principales etapas de



producción se identificaron los tres principales componentes del costo: mano de obra directa, materiales directos y costos indirectos. Estos costos se acumularon y trasladaron entre los diferentes departamentos del costeo.

Los parámetros utilizados se respaldan en información secundaria recopilada a través de una revisión de literatura exhaustiva pertinente al entorno latinoamericano. Esta información se contrastó con el criterio del señor Federico Paniagua-Rodríguez (comunicación personal, 2021), responsable del mantenimiento e investigación experimental en las granjas del Museo de Insectos, y la señorita Ana María Quirós (comunicación personal, 2021) del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), ambas unidades pertenecientes a la Universidad de Costa Rica.

Se llevó a cabo un proceso de cotización directa, vía telefónica, presencial y en línea, con proveedores de equipos, materiales y artículos necesarios para llevar a cabo el establecimiento de la granja. Esta recopilación de información se realizó entre las fechas 8 y 30 de noviembre del 2021. En este caso no se consideró un costo de transporte o envío para cada artículo cotizado, ya que dependerá del monto de compra y la localización de la granja.

Se utilizó el método de depreciación en línea recta, así como los años de vida útil sugeridos por el Ministerio de Hacienda de Costa Rica (2009). También se utilizó el salario de un trabajador en ocupación calificada (TOC) del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por las condiciones y el conocimiento necesario para un sistema de producción no convencional (MTSS, 2021).

Se proyectaron en un periodo de cinco años plazo los costos de producción, así como los ingresos generados por la venta y comercialización de polvo de insectos. En este caso se utilizaron tasas de crecimiento, la tasa de inflación y otros indicadores macroeconómicos cuando fue posible.

5. Resultados

5.1. Proceso productivo

Con base en la revisión de literatura y la consulta a expertos (Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021), se definen tres etapas generales:

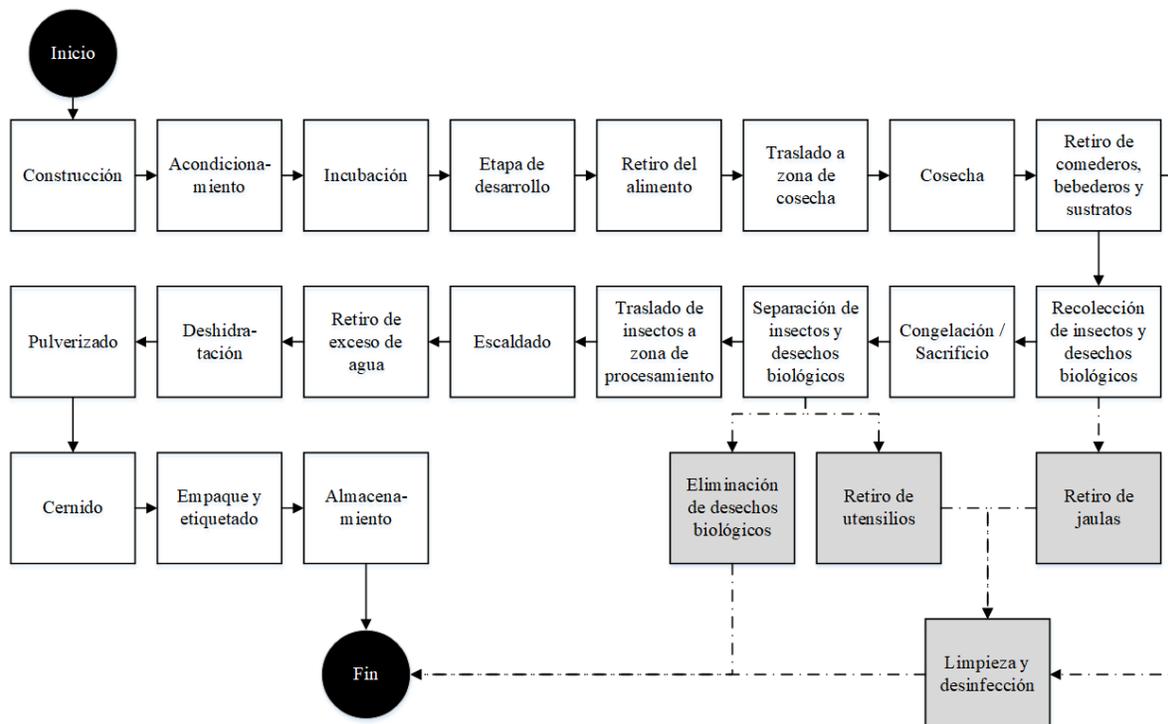
- a) La etapa de establecimiento, que se ve afectada por la construcción y el acondicionamiento de los habitáculos.
- b) La etapa de producción, que abarca desde la incubación de los insectos hasta la cosecha y el sacrificio.

- c) La etapa de procesamiento, posterior al sacrificio de los insectos, que conlleva los procesos de desinfección a través del escaldado hasta el almacenamiento de producto terminado.

Los puntos críticos en el ciclo productivo se resumen en el tiempo de crecimiento de los insectos, que se prolonga por más de 2,5 meses en el caso del gusano de harina, y el tiempo de deshidratación. Cabe destacar que en cada etapa y subactividad es necesario mantener todas las condiciones de inocuidad necesarias en el procesamiento productos alimenticios de consumo humano. Además, la etapa de procesamiento no conlleva atraso superior a un día si se planifica adecuadamente según la disponibilidad de equipos y recursos.

En la Figura 1 se muestra el flujo de procesos general para la producción de insectos, que en algunas actividades puede cambiar dependiendo del insecto que se esté produciendo, principalmente en los métodos de cosecha.

Figura 1. Diagrama de flujo general para el establecimiento y producción de una granja de insectos comestibles en Costa Rica





5.2. Requerimientos, condiciones y supuestos básicos del modelo de costos

5.2.1. Producción de grillo doméstico:

- a) Se plantea un sistema para la producción de 654 kg de polvo de grillo doméstico, para lo cual se requieren cerca de 4,5 millones de grillos anuales, con rotación de micro-lotes de 10 según el ciclo de vida productivo en habitáculos con capacidad para 10 400 grillos en etapa adulta. Cabe destacar que las estimaciones se ajustan al requerimiento de insectos reproductores para mantener estable la producción.
- b) La cosecha se realiza en la novena semana desde la incubación de huevos. Se asume una tasa de mortalidad de 11% en ninfas y 10% en grillos adultos (Ayala, 2019; Kobe & Murillo-Hiller, 2021).
- c) La dieta se dispone *ad libitum* según la capacidad de los recipientes y se suministra concentrado de desarrollo para producción avícola, ayote en la última semana antes de la cosecha y agua.

5.2.2. Producción de gusano de harina:

- a) En el caso del gusano de harina, se establece un rendimiento anual de 445 kg de polvo, con un requerimiento de 11,7 millones insectos en etapa de larva, en rotación de micro-lotes de dos habitáculos. Las estimaciones incorporan los requerimientos de escarabajos reproductores para mantener estable la producción.
- b) La cosecha se realiza aproximadamente en 11 semanas, que incluye el tiempo de incubación de los huevos. Se asume una tasa de mortalidad de 5% en etapa adulta y 10% en pupas (González, 2019).
- c) La dieta se dispone *ad libitum* a base de zanahoria y agua, aunque esta puede ser extraída de la verdura por las características fisiológicas del insecto (Paniagua-Rodríguez, comunicación personal, 2021).

5.2.3. Condiciones generales del sistema productivo

- a) Se proveen todos los requerimientos de insumos y mano de obra necesarios para mantener un sistema productivo adecuado y acorde con las recomendaciones de Paniagua-Rodríguez, comunicación personal (2021) y las obtenidas de la revisión de literatura, desde la fase reproductiva hasta la cosecha.



- b) Se dispone de una infraestructura de 94 m² aproximadamente, que se destina a la producción y el procesamiento de los insectos comestibles. Esta se divide en tres aposentos principales que incluyen: el galpón para la producción primaria, un cuarto de cosecha y congelación y un cuarto de procesamiento.

En el Anexo 1 se presenta una distribución preliminar de una posible granja de insectos, que incluye también un área administrativa, bodegas, servicios sanitarios y patios de maniobra, apegándose a las indicaciones de la Ley 7600 de la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.

Cabe destacar que el valor de la granja se actualizó a través del Índice de Precios a la Construcción (BCCR, 2021) con base en las tipologías constructivas y agropecuarias VC02, BA01, VC02, DS01, GG01 Y BE01 del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (2013, 2015). Además, se incluyó el costo de acondicionamiento de pisos cerámicos en el área de procesamiento y cosecha, y el sistema eléctrico para la calefacción de los habitáculos

- c) Existe disponibilidad de insumos, mano de obra y equipos para la producción.
- d) Se vende todo lo que se produce de polvo de insecto, con base en escenarios de exportación a la Unión Europea.
- e) Se vende unidades de una libra a un precio estimado 14 424 colones según cotización en línea. A pesar de que existen en el mercado productos con precios más elevados, se asume un precio conservador. El precio aumenta a razón de 3% anual por efecto de la inflación.
- f) Se estiman los costos de producción hasta el empaclado del polvo de insectos. No se consideran costos de transporte internos e internacionales para la exportación.
- g) El tipo de cambio (colones/USD) se cotiza en 639 USD.
- h) Los costos de insumos, materiales, equipos y herramientas, incrementa con respecto a la tasa meta de inflación anual del Banco Central de Costa Rica (BCCR, 2021).
- i) Los gastos administrativos representan el 5% del margen de utilidad entre los ingresos, el costo de los insumos y el costo de mano de obra.
- j) Los trabajadores disfrutan sus derechos labores con el pago de cargas sociales exigidas por Ley. Se toman en cuenta todas las cargas sociales exigidas por ley para el pago de salarios de los trabajadores y un incremento salarial anual de 2,09% (MTSS, 2021a, 2021b).
- k) Los utensilios y equipos menores se consideran como costos anuales dependiendo de su naturaleza y uso.



- l) Se dispone de los permisos exigidos por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) y otras instituciones para el establecimiento de sistemas pecuarios.
- m) De acuerdo a consulta con el Laboratorio Nacional de Servicios Veterinarios de SENASA (LANASEVE), no se poseen por el momento, análisis microbiológicos y físico-químicos para estos sistemas de producción, sin embargo, se cotizaron los análisis homólogos similares para estimación de este rubro, por consideración del experto estos estudios deberían ser muy similares, este costo se asume por lote de producción que, para ambas especies de insectos, suman 70 lotes anuales, este costo se estima en 11 252,50 colones por lote.

5.3. Costos de producción según etapa de producción

En la Tabla 1 se presenta la estimación de los costos de producción para el primer año. Cabe destacar que no se realizó una separación entre el grillo doméstico y el gusano de harina, por la monotonía de las labores.

En el Anexo 2 (archivo en formato Excel) se presenta en detalle el costeo para cada año del horizonte de evaluación, considerando aumentos en los costos y los salario.

En términos generales, el costo de producción se ve afectado mayoritariamente por la etapa de producción primaria (granja de insectos) con una representatividad del 41% sobre los costos totales, seguido por gastos indirectos, principalmente por efecto de las depreciaciones y gastos administrativos (30%), y costos de procesamiento (23%).

El costo de procesamiento es relativamente menor al costo de producción primario, ya que el polvo no requiere aditivos para su conservación y las etapas de transformación son relativamente sencillas de realizar si se cuenta con los conocimientos necesarios.

Cabe destacar que no se incluyen costos de transporte internos y de comercio internacional. Por lo que, los usuarios de esta investigación deben considerarlos a la hora de tomar una decisión sobre una posible inversión.

La inversión en equipos e infraestructura se realiza antes de la puesta en marcha del proyecto, y en los costos se considera la depreciación de los activos según los años de vida útil.

Bajo las condiciones establecidas en esta investigación, el costo de producción de polvo de insecto en Costa Rica asciende a 11 455,13 colones aproximadamente, que se traduce en 5 196,35 colones por libra. Según el nivel de producción esperado (654 kg de polvo de grillo doméstico y 445 kg de



polvo de gusano de harina), al prorratar el costo unitario del polvo de grillo doméstico se prevé un costo por libra de 3 177,81 colones y 2 078,54 colones en el caso del gusano de harina. No obstante, estas estimaciones requieren de un análisis más detallado según los requerimientos técnicos de cada insecto.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los costos y los ingresos esperados para el sistema productivo de polvo de insectos. Se estimó un precio por libra de 14 424 colones aproximadamente y no se prevén aumentos en la producción.

Tabla 1. Costos de producción por etapa en el año 1 para una granja de insectos comestibles en Costa Rica, 2021

PRODUCCIÓN PRIMARIA	Costo total (CRC)	Costo total (USD)	Participación relativa
Mano de obra	₡ 1 545 233,05	\$ 2 429,61	12,28%
Huevos fertilizados	₡ 180 000,00	\$ 283,02	1,43%
Alimento	₡ 1 069 468,25	\$ 1 681,55	8,50%
Electricidad	₡ 313 168,83	\$ 492,40	2,49%
Sustrato para ponederos	₡ 722 876,40	\$ 1 136,60	5,75%
Otros materiales	₡ 240 853,80	\$ 378,70	1,91%
Subtotal	₡ 4 071 600,33	\$ 4 886,59	32,36%
Cargas sociales	₡ 726 259,53	\$ 1 141,92	5,77%
Subtotal con cargas sociales	₡ 4 797 859,87	\$ 6 028,51	38,14%

PROCESAMIENTO Y EMPAQUE	Costo total (CRC)	Costo total (USD)	Participación relativa
Mano de obra	₡ 840 903,41	\$ 1 322,18	6,68%
Insumos y materiales para procesamiento y empaque	₡ 1 229 751,75	\$ 1 933,57	9,78%
Agua	₡ 3 570,48	\$ 5,61	0,03%
Electricidad	₡ 300 609,56	\$ 472,66	2,39%
Subtotal	₡ 2 374 835,20	\$ 3 734,02	18,88%
Cargas sociales	₡ 395 224,60	\$ 621,42	3,14%
Subtotal con cargas sociales	₡ 2 770 059,80	\$ 4 355,44	22,02%

GASTOS DE OPERACIÓN Y ADMINISTRATIVOS	Costo total (CRC)	Costo total (USD)	Participación relativa
Gastos indirectos de mantenimiento y otros	₡ 619 034,36	\$ 973,32	4,92%
Análisis microbiológico y fisicoquímico por lote	₡ 787 675,00	\$ 1 238,48	6,26%
Certificado Veterinario de Operación (CVO) y regencia	₡ 41 527,00	\$ 65,29	0,33%



Regencia de biólogo	₡	336 000,00	\$	528,30	2,67%
Depreciaciones de equipo e infraestructura	₡	1 159 033,74	\$	1 822,38	9,21%
Gastos administrativos	₡	1 367 656,53	\$	2 150,40	10,87%
Subtotal	₡	4 310 926,62	\$	6 778,19	34,27%

HERRAMIENTA Y EQUIPOS		Costo total (CRC)		Costo total (USD)	Participación relativa
Comederos y bebederos	₡	117 600,00	\$	184,91	0,93%
Ponederos	₡	37 290,00	\$	58,63	0,30%
Equipos menores, herramientas y utensilios	₡	546 624,51	\$	859,47	4,35%
Subtotal	₡	701 514,51	\$	1 103,01	5,58%

COSTO TOTAL	₡	12 580 360,81	\$	17 643,72	100,00%
--------------------	---	----------------------	----	------------------	----------------

<i>Costo por kg</i>	₡	<i>11 455,13</i>	\$	<i>18,01</i>
<i>Costo por Libra</i>	₡	<i>5 196,35</i>	\$	<i>8,17</i>

Tabla 2. Requerimiento de inversión para una granja de insectos comestibles en Costa Rica, 2021

<i>INVERSIONES</i>	Unidad	Cantidad	Costo unitario (CRC)	Costo total (CRC)	Costo total (USD)
Estantes verticales	unidad	4.00	200 000.00	¢800 000.00	\$1 257.86
Infraestructura completa	metros cuadrados	94.05	192 494.04	¢18 104 064.24	\$28 465.51
Acondicionamiento de jaulas	horas	40.00	1 480.46	¢59 218.55	\$93.11
Cajas plásticas 104 L	unidad	98.00	19 990.00	¢1 959 020.00	\$3 080.22
Aspiradora	unidad	1.00	185 000.00	¢185 000.00	\$290.88
Estante para almacenamiento	unidad	2.00	73 744.92	¢147 489.84	\$231.90
Selladora	unidad	1.00	349 380.00	¢349 380.00	\$549.34
Báscula digital	unidad	2.00	10 790.01	¢21 580.02	\$33.93
Cocina industrial	unidad	1.00	345 609.03	¢345 609.03	\$543.41
Molino para café	unidad	1.00	350 300.00	¢350 300.00	\$550.79
Mesa de trabajo	unidad	3.00	210 000.00	¢630 000.00	\$990.57
Horno eléctrico	unidad	1.00	503 883.29	¢503 883.29	\$792.27
Termo higrómetro	unidad	1.00	241 345.40	¢241 345.40	\$379.47
Congelador horizontal	unidad	1.00	259 900.00	¢259 900.00	\$408.65
Carretilla	unidad	1.00	47 500.00	¢47 500.00	\$74.69
Medidor de temperatura y humedad	unidad	1.00	42 804.40	¢42 804.40	\$67.30
Subtotal				¢24 047 094.77	\$37 809.90



Tabla 3. Resumen de costos de producción e ingresos para una granja de insectos comestibles en Costa Rica en un horizonte de cinco años naturales, 2021

	INGRESOS AÑO 1		INGRESOS AÑO 2		INGRESOS AÑO 3		INGRESOS AÑO 4		INGRESOS AÑO 5	
Insectos comestibles	₡34 921 050,18	\$54 907,31	₡35 968 681,68	\$56 554,53	₡37 047 742,13	\$58 251,17	₡38 159 174,40	\$59 998,70	₡39 303 949,63	\$61 798,66

	COSTOS AÑO 1		COSTOS AÑO 2		COSTOS AÑO 3		COSTOS AÑO 4		COSTOS AÑO 5	
Producción primaria	₡4 797 859,87	\$6 028,51	₡4 735 725,08	\$5 885,35	₡4 856 694,24	\$6 028,73	₡4 980 851,42	\$6 175,72	₡5 108 283,06	\$6 326,41
Procesamiento y empaque	₡2 770 059,80	\$4 355,44	₡2 841 912,83	\$4 468,42	₡2 915 686,35	\$4 584,41	₡2 991 433,07	\$4 703,51	₡3 069 207,15	\$4 825,80
Gastos operativos y administrativos	₡4 310 926,62	\$6 778,19	₡4 389 661,53	\$6 901,98	₡4 461 457,93	\$7 014,87	₡4 535 377,04	\$4 829,04	₡4 611 481,88	\$7 250,76
Herramienta y equipos	₡701 514,51	\$1 103,01	₡-	\$-	₡722 559,95	\$1 136,10	₡-	\$-	₡-	\$-
Total	₡12 580 360,81	\$18 265,14	₡11 967 299,44	\$17 255,75	₡12 956 398,47	\$18 764,11	₡12 507 661,53	\$15 708,27	₡12 788 972,10	\$18 402,96

	UTILIDADES AÑO 1		UTILIDADES AÑO 2		UTILIDADES AÑO 3		UTILIDADES AÑO 4		UTILIDADES AÑO 5	
Utilidad antes de impuestos	₡22 340 689,37	\$36 642,17	₡24 001 382,24	\$39 298,78	₡24 091 343,67	\$39 487,05	₡25 651 512,87	\$44 290,44	₡26 514 977,53	\$43 395,70
Utilidad acumulada	₡22 340 689,37	\$36 642,17	₡46 342 071,61	\$75 940,95	₡70 433 415,28	\$115 428,00	₡96 084 928,14	\$159 718,44	₡122 599 905,67	\$203 114,14



6. Conclusiones y recomendaciones

La producción de insectos comestibles representa un alto potencial para el sector agropecuarios como sistemas alternativos. El mercado internacional se proyecta con un crecimiento prolongado y constante para los próximos años. Sin embargo, se debe crear mayor conciencia entre la población y las instituciones para promover este tipo de alternativas productivas.

Aumentar la investigación es indispensable para comprender mejor la dinámica de la producción de insectos. Se deben desarrollar protocolos para facilitar el cultivo de una gama más amplia de especies de insectos comestibles, y establecer y promover las mejores prácticas para el cultivo intensivo de insectos (incluidas prácticas para mejorar la seguridad alimentaria, la protección contra enfermedades y el desarrollo de alimentos mejorados a costos reducidos).

Para futuras investigaciones se recomienda estudiar con mayor detalle los precios internacionales para la exportación de polvo de grillo o, en su defecto, los precios de venta en el mercado nacional. También se recomienda separar los costos de producción según los requerimientos de los diferentes tipos de insectos cuando se utilizan sistemas de producción mixtos.



7. Referencias bibliográficas

- Apolo-Arévalo, L., & Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, 17(17), 161-173.
- Ayala, E. L. (2019). *Desarrollo de un plan de exportación de harina de Acheta domesticus (grillo doméstico) hacia el mercado español* [Grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41391>
- BCCR (Banco Central de Costa Rica). (2021). *Principales Indicadores*. Indicadores Económicos. <https://www.bccr.fi.cr/SitePages/Inicio.aspx>
- CITA, (Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos). (2019). *Consumo de insectos y su aplicación en matrices alimentarias en Costa Rica: Retos y oportunidades de una estrategia potencial para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria nacional*. Universidad de Costa Rica. <http://www.cita.ucr.ac.cr/insectos>
- Cruz, P. D., & Peniche, C. (2018). La domesticación y crianza de insectos comestibles: Una línea de investigación poco explorada t con gran potencial para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 4(2), 66-70.
- Cuevas, C. F. (2010). *Contabilidad de costos. Enfoque gerencial y de gestión* (Tercera). Pearson Educación.
- Díaz, R. (2021, agosto 25). Costa Rica promoverá producción de alimentos con base en insectos. *El Observador*. <https://observador.cr/costa-rica-promovera-produccion-de-alimentos-con-base-en-insectos/>
- Durst, P. B., & Hanboonsong, Y. (2015). Small-scale production of edible insects for enhanced food security and rural livelihoods: Experience from Thailand and Lao People's Democratic Republic. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 25-31. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0019>
- Erens, J., Es van, S., Haverkort, F., Kapsomenou, E., & Luijben, A. (2012). *A bug's life: Large-scale insect rearing in relation to animal welfare*. Wageningen UR. <https://venik.nl/onewebmedia/Rapport-Large-scale-insect-rearing-in-relation-to-animal-welfare.pdf>
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/43148c54-4ac9-5510-84a1-79dba6fb6fef/>
- González, V. B. (2019). *Proyecto de una granja de insectos en el T.M. de Villamayor de Gállego (Zaragoza)* [Grado, Universidad Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/86848?ln=es>
- Hanboonsong, Y., & Durst, P. (2020). *Guidance on sustainable cricket farming: A practical manual for farmers and inspectors*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb2446en>
- Hanboonsong, Y., Jamjanya, T., & Durst, P. B. (2014). *Six-legged livestock: Edible insect farming, collection and marketing in Thailand*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3246e/i3246e00.htm>
- Kobe, A., & Murillo-Hiller, L. R. (2021). Potencial invasor del grillo eurasiático *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(2), 1-9. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3529>



- López, V. C., Vanegas, D. D., Jiménez-Alonso, G., & Ruiz-Urquijo, J. C. (2018). *Diseño de un sistema de costos para la producción de Tenebrio molitor (gusano de harina) en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico—CIDT- Tenjo, Cundinamarca, para la toma de decisiones estratégicas. Estudio de caso*. Entrelibros. <https://www.entrelibros.co/libros/ver/1500/>
- Medina-Milian, R. M. (2020). *Prototipo agroindustrial de harina de grillo Acheta domesticus (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano* [Grado, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/21254/>
- Ministerio de Hacienda de Costa Rica. (2009). *Directriz CN-001-2009: Valoración, revaluación, depreciación de propiedad, planta y equipo*. https://www.hacienda.go.cr/docs/5218af6c4f22c_DirectrizCN0012009PropiedadPlantayEquipo.pdf
- Ministerio de Hacienda de Costa Rica. (2013). *Manual de valores base unitarios por tipologías constructivas agropecuarias*. https://www.hacienda.go.cr/docs/5448291a97865_Manual%20tipologia%20agropecuaria.pdf
- Ministerio de Hacienda de Costa Rica. (2015). *Manual de valores base unitarios por tipologías constructivas*. https://www.hacienda.go.cr/docs/545ce523badcc_22.pdf
- MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). (2021a). *Lista de salarios mínimos por ocupación año 2021*. Lista de salarios. <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>
- MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). (2021b, octubre 25). *Consejo Nacional de Salarios aprueba aumento en salarios mínimos del sector privado*. Comunicados. https://www.mtss.go.cr/prensa/comunicados/2021/octubre/cp_27_2021.html
- Murrillo-Murillo, G., Quirós-Arroyo, M., & Venegas-Rojas, D. (2019). Actitudes hacia el consumo de insectos en Costa Rica. En *Encuesta Actualidades 2019*. Universidad de Costa Rica. <http://www.estadistica.ucr.ac.cr/index.php/es/encuestas/actualidades/informes>
- Nakagaki, B. J., & Defoliart, G. R. (1991). Comparison of Diets for Mass Rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a Novelty Food, and Comparison of Food Conversion Efficiency with Values Reported for Livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3), 891-896. <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>
- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Kooistra, J., Van der Fels-Klerx, H. J., & Meuwissen, M. P. M. (2021). Profitability of insect farms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 923-934. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0087>
- O'neal Coto, K. (2019, abril 22). *CITA-UCR impulsa la producción de alimentos a base de insectos en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica: Noticias. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/04/22/cita-ucr-impulsa-la-produccion-de-alimentos-a-base-de-insectos-en-costa-rica.html>
- O'neal Coto, K. (2020, enero 10). Usted, ¿se atrevería a consumir insectos enteros o procesados? *Diario El País*. <https://www.elpais.cr/2020/01/10/usted-se-atreveria-a-consumir-insectos-enteros-o-procesados/>
- Paniagua-Rodríguez, F. (2021, octubre 28). *Recomendaciones para el establecimiento y la producción de insectos comestibles en Costa Rica* [Personal: Museo de Insectos, UCR].



- Pérez, C. L. (2021). *Plan de negocio para producción y comercialización de invertebrados (tenebrios) como suplemento alimenticio en la cría de peces* [Posgrado, Universidad EAN]. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/10918>
- Pérez, I. (2018). *Caracterización de la harina de grillo común (Acheta domesticus) y el estudio de las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales al introducirla en una crema de cacao saludable* [Grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <http://dspace.umh.es/handle/11000/5339>
- Pino-Moreno, J. M., Aguilar-Piedra, H., & Paniagua-Rodríguez, F. (2014). Análisis preliminar de los insectos comestibles de Costa Rica: Status actual y perspectivas. *Entomología Mexicana*, 1(1), 1028-1033.
- Portillo-Rivera, E. O. (2017). *Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (Acheta domesticus), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador* [Grado, Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/>
- PROCOMER, (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). (2021, agosto 25). *Industria de insectos con potencial de comercialización ya está habilitada en el país*. Noticias: Comprados Internacional. <https://www.procomer.com/noticia/comprador-internacional-noticia/industria-de-insectos-con-potencial-de-comercializacion-ya-esta-habilitada-en-el-pais/>
- Quesada, G. (2020, febrero 8). *CITA-UCR fomenta la producción y exportación de polvo de grillo*. Diario El Norte Hoy. <https://elnortehoycr.com/2020/02/08/cita-ucr-fomenta-la-produccion-y-exportacion-de-polvo-de-grillo/>
- Quirós, A. M. (2021, noviembre 24). *Recomendaciones sobre el procesamiento del grillo doméstico* [Zoom].
- Sarmiento, A. P. (2018). *Establecimiento e implementación de un protocolo de cría de gusano de harina Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae), como apoyo al programa de conservación de la rana venenosa dorada Phyllobates terribilis (Anura: Dendrobatidae) en el Bioparque Wakatá, parque Jaime Duque* [Grado, UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia)]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17749>
- Urrejola, J. (2019, octubre 16). *México: El país líder de la revolución insectívora*. DW (Deutsche Welle). Actualidad: Ciencia y Ecología. <https://www.dw.com/es/m%C3%A9xico-el-pa%C3%ADs-l%C3%ADder-de-la-revoluci%C3%B3n-insect%C3%ADvora/a-50855360>
- Vaca, J. G. (2020). *Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (Acheta domesticus Linnaeus) para la obtención de harina en la granja experimental La Pradera-Chaltura* [Grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10548>



8. Anexos

Anexo 1. Diseño preliminar para una granja de insectos en Costa Rica

