

VIABILIDAD TÉCNICO-FINANCIERA DE LA BIOMASA DE GRILLO COMÚN *ACHETA DOMESTICUS* COMO SUSTITUTO DE LA TORTA DE SOYA EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA PRODUCCIÓN PECUARIA

TECHNICAL-FINANCIAL VIABILITY OF THE BIOMASS OF THE COMMON CRICKET *ACHETA DOMESTICUS* AS A SUBSTITUTE FOR SOYBEAN MEAL IN THE PRODUCTION OF BALANCED FEEDS FOR LIVESTOCK

ÓSCAR EDUARDO ORDÓÑEZ FRANCO³⁶
JAIRO ARBOLEDA ZUÑIGA³⁷

Resumen

Como resultado del crecimiento demográfico a nivel mundial se incrementan de manera proporcional las necesidades alimentarias y por tanto la presión sobre los recursos se hace cada vez más notoria. Esta situación obliga a los sectores productivos a identificar alternativas que les hagan más eficaces en la utilización de los medios disponibles y apunten a la sostenibilidad.

36 Zootecnista; Especialista en Finanzas; Candidato a Magister en Administración Universidad Pontificia Bolivariana; Seccional Palmira; Colombia oscar.ordonez@upb.edu.co

37 Ingeniero Industrial; Magister en Ingeniería Industrial, Docente tiempo completo – Ing. Industrial y MBA. Universidad Pontificia Bolivariana; Seccional Palmira; Colombia jairo.arboleda@upb.edu.co

En este marco, la proteína es sin duda uno de los pilares nutricionales más relevantes y con mayor costo de obtención, razón por la cual en el presente documento se aborda una perspectiva de utilización de una fuente proteica de uso histórico y amplia distribución a nivel mundial, que en la actualidad se desarrolla en países latinoamericanos como Brasil, Argentina y México, mientras que en Colombia solo ha mostrado pálidos avances.

Esta fuente proteica corresponde a los insectos y en este caso particular a la especie *Acheta domesticus*, la cual es sin duda alguna la que mayor interés científico y práctico posee a nivel mundial entre los grillos por su enorme rango de distribución, eficiencia en la utilización de los nutrientes, prolificidad y rápido crecimiento.

En este ejercicio además de identificar las variables de interés general que pueden afectar su desarrollo a nivel local, se espera identificar la viabilidad financiera de su utilización como sustituto para la torta de soya en la elaboración de alimentos balanceados, siendo que esta se configura como la materia prima importada de mayor relevancia en la región.

Palabras clave: *fuentes proteicas alternativas; biomasa grillo; Acheta domesticus; viabilidad financiera; viabilidad técnica*

Abstract

As a result of population growth worldwide, food needs increase proportionately and therefore the pressure on resources becomes increasingly noticeable. This situation forces the productive sectors to

identify alternatives that make them more effective in the use of the available resources and aim at sustainability.

In this context, protein is undoubtedly one of the most relevant nutritional pillars and with the highest cost of obtaining, which is why this document addresses a perspective of use of a protein source of historical use and wide distribution worldwide, which is currently being developed in Latin American countries such as Brazil, Argentina and Mexico, while in Colombia it has only shown pale progress.

This protein source corresponds to insects and in this particular case to the species *Acheta domesticus*, which is undoubtedly the one that has the greatest scientific and practical interest worldwide among crickets for its enormous range of distribution, efficiency in the use of nutrients, prolificacy and rapid growth.

In this exercise, in addition to identifying the variables of general interest that may affect its development at the local level, it is expected to identify the financial viability of its use as a substitute for soybean meal in the preparation of balanced feed, being that this is configured as the imported raw material of greater relevance in the region.

Key words: *alternative protein source; Cricket biomass; Acheta domesticus; financial viability; technical viability*

Introducción

El presente documento está basado en el reconocimiento a nivel local de una alternativa tecnológica de bajo impacto ambiental, que se ha desarrollado con prolificidad en el continente asiático como par-

te integral de su cultura y que hasta hace apenas algunos años ha suscitado interés en occidente como una respuesta para la creciente demanda de bienes alimenticios y en especial bienes proteicos que puedan sustentar el acelerado crecimiento demográfico.

Este escenario también implica que la disponibilidad de información asociada con este sistema de producción en Colombia, e incluso en Latinoamérica, es muy limitado y por ende en el presente trabajo se ha recopilado principalmente información secundaria que permita delinear la estructura de costos con diferentes niveles de tecnificación, de la especie de mayor utilización a nivel mundial como fuente proteica y de esta manera poder comparar su viabilidad como un sustituto para la torta de soya que se ubica como la principal materia proteica importada por parte de la industria de los alimentos balanceados para el cluster de los monogástricos en Colombia.

El principal objetivo, entonces, será identificar la viabilidad financiera de la producción de *Acheta domesticus*, como materia prima a nivel industrial para su utilización como fuente proteica en la elaboración de alimentos balanceados, teniendo en cuenta que la calidad nutricional de esta materia prima puede darse por descontada, a partir de la gran cantidad de información disponible al respecto, siendo que su principal utilización es la alimentación humana directa o como parte de suplementos.

De igual manera, se espera poder identificar los factores de nivel macro que influyen sobre el desarrollo de este sector económico, teniendo en cuenta que a nivel nacional no está legislada de manera directa su utilización, como sucede en otras latitudes, a pesar de su amplia

utilización en la alimentación humana, como es el caso de Asia. En Europa, por su parte, los avances en la materia son muy significativos y algunos países en ausencia de una normativa unificada han avanzado de forma independiente siguiendo en ejemplo de Bélgica, con la finalidad de gestionar de manera adecuada este recurso.

Desde el punto de vista investigativo, los insectos se reconocen como especie zotécnica por su utilización en la alimentación animal de especies entomófagas como serpientes y lagartos, encontrando literatura técnica de mediados del siglo XX con relación a su producción controlada, sin embargo, a partir de finales de este periodo y comienzos del actual siglo se ha desarrollado un amplio interés sobre esta alternativa para satisfacer los requerimientos de la especie humana de forma masiva e industrializada. Esto último, teniendo en cuenta que en la totalidad del globo existen antecedentes de consumo de insectos como fuente proteica para los seres humanos, pero en la gran mayoría de los casos su obtención era extractiva y por ende limitada por la disponibilidad en el ecosistema y la necesidad de mano de obra derivada de la recolección.

En la actualidad, esta situación ha cambiado mucho y se pueden observar en occidente grandes inversiones efectuadas para la producción industrial de diferentes especies de insectos, con un mercado global con rápido crecimiento, que se estimaba en alrededor de los 35 millones de dólares en 2016, mientras que para el año 2019 superó los 500 millones de dólares y se espera un crecimiento anual a una tasa compuesta (CAGR) del 6,7% hasta 2027 de acuerdo con la firma Coherent Market Insights (2020), lo cual es consecuente con una proyección del

6% realizada para ese mismo indicador por parte de Goldstein Market Intelligence (2021).

Metodología

La investigación tiene una naturaleza exploratoria, puesto que a pesar del amplio interés que suscita la producción a nivel mundial de insectos como fuente de alimentación, la información secundaria asociada con la variable de interés en las condiciones locales es muy limitada y esto impide describir o caracterizar de alguna manera los resultados.

A su vez, el diseño será no experimental transeccional, teniendo en cuenta que la variable objeto de estudio no será sometida a manipulación, sino que será comparada en sus condiciones propias ante un referente.

En el presente caso de estudio, se puede entender la viabilidad financiera de la biomasa de Grillo en comparación con otra materia prima, en un momento y condiciones temporales y económicas específicas, que no podría caracterizarse como una constante.

Para la determinación del impacto de las variables en los costos de producción, en primera instancia se tendrá como base la información técnica reportada en la literatura para la construcción de un escenario con un horizonte de diez años, en el cual se pueda determinar la participación cuantitativa de cada aspecto requerido para la obtención del bien final.

De otra parte, con base en dicho escenario y el costo de venta del producto sustituto se establecerá la TIR de implementación del proyecto,

mientras que la evaluación técnica de la viabilidad será desarrollada a través de un análisis tipo PESTEL que permita comprender la incidencia de las variables externas sobre su desarrollo.

Marco teórico

La especie *Acheta domesticus*

De acuerdo con Portillo (2017) citado por Medina (2020), este género de que se conoce como grillo de casa o jardín es originario del suroeste de Asia, pero este ha sido distribuido por el hombre. Se reproducen normalmente para ser usados como alimentos para mascotas, usualmente en reptiles. A continuación, se presenta su clasificación taxonómica:

Dominio: Eukarya

Orden: Orthoptera

Familia: Gryllidae

Género: *Acheta domesticus*

Especie: *Acheta domesticus* Linnaeus

De acuerdo con el Instituto de Alimentación y Ciencias Agrícolas de la Universidad de Florida, los grillos domésticos tardan de dos a tres meses en completar su ciclo de vida cuando se crían entre 80 y 90 ° F. No tienen una etapa especial de hibernación, pero sobreviven al clima frío en los estados del norte y Canadá dentro y alrededor de edificios y vertederos, donde el calor de la fermentación puede sostenerlos. Los huevos se depositan en cualquier sustrato húmedo que se proporcione,

por ejemplo, arena o turba. Los juveniles se parecen a los adultos excepto por ser más pequeños y sin alas (Walker, 1999).

El grillo doméstico es de color marrón amarillento claro de 16 a 21 mm de largo, con alas que cubren el abdomen. Tiene tres bandas transversales oscuras en la parte superior de la cabeza y entre los ojos. Todos los grillos domésticos tienen alas traseras largas cuando se vuelven adultos, pero a veces las mudan más tarde (Walker, 1999).

En Colombia no se han encontrado referencias a producción tecnificada industrial de dichas especies, con excepción del conocido caso de la empresa ArthroFood, desarrollado por emprendedores en la ciudad de Bogotá que han recibido diversos reconocimientos por innovación de protocolos para la obtención de proteína con destino a la alimentación humana a partir de harina de grillo.

De acuerdo con Gorochoy y Llorente (2001), *Acheta domesticus* es una especie de enorme distribución a nivel mundial. Es una especie sinántropa que generalmente vive en las casas y que ha sido transportada por el hombre incluso hasta regiones polares. El área primitiva de esta especie se encontraba, probablemente, en los límites del área actual de otras especies del género *Acheta* F., es decir, desde las regiones áridas del África Septentrional y Oriental y del mediterráneo europeo hasta el Uzbequistán y las regiones áridas de la India (el centro de la diversidad es la Península Arábiga).

Valor biológico en la alimentación animal

Uno de los principales aspectos sobre los cuales se fundamenta la presente investigación, corresponde al valor biológico de la utilización de los insectos en la alimentación humana y en la alimentación ani-

mal, lo cual a la fecha se encuentra ampliamente documentado y por ende se asumirá como un hecho científico que no requiere comprobación en el marco del presente estudio.

No obstante, se presentan a continuación algunas referencias bibliográficas que permitirán al lector contrastar esta información y ampliar su conocimiento al respecto:

Dossey, Tatum y McGill (2016), citados por Morales-Ramos et al (2020), establecen que la especie *Acheta domesticus* posee un nivel de desarrollo muy alto en los últimos años, entre los insectos con potencial industrial: “El grillo doméstico, *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae) es una de las especies más importantes de especies industrializadas en los Estados Unidos. Se estima que los diez mayores productores de grillo doméstico superan las 1.300 toneladas de grillos vivos por año.

Ahora bien, Rumpold y Schutler en 2013, dejan claro que, para la industria de la alimentación animal, los insectos pueden incluso llegar a tener un mayor valor nutricional desde el punto de vista proteico, lo cual normalmente representa el principal factor en los costos de producción de alimentos balanceados.

“Los insectos tienen un gran potencial como alimento, especialmente tomando en cuenta su valor nutricional, bajo requerimiento de espacio y la gran aceptación en avicultura y peces, así como en reptiles siendo que los insectos hacen parte de su dieta en su hábitat natural. Adicionalmente, los insectos usados como alimento pueden ser criados en desechos orgánicos, estiércol y residuos de pescado sin ocasionar repulsión y problemas éticos”.

En el documento de Sun-Waterhouse (2016), se realiza una amplia revisión de la utilización de insectos como fuentes de biomasa proteica, dentro de lo cual se destaca el análisis que demuestra la importancia de este segmento en la industria de los piensos y alimentos balanceados.

“Los insectos son productores eficientes de proteína, grasas insaturadas y otras sustancias bioactivas importantes como carbohidratos, minerales, antioxidantes y vitaminas. Los insectos generalmente tienen contenidos más altos de proteína (hasta el 50-80%) que la mayoría de las plantas o muchos productos animales, tales como huevos y carne”.

En la revisión de literatura efectuada por Miranda (2019) dentro de su trabajo de grado de Maestría en ciencia animal, en el cual se evalúa la viabilidad de la utilización de la harina de insecto como sustituto de otras fuentes proteicas en pollos de engorde, resume algunas consideraciones con relación al tema, así:

“Según la FAO (2012) el sector de mayor expansión, en la producción de proteína de origen animal, es la piscicultura, y la mayoría de los estudios realizados con la introducción de proteína de insectos en la alimentación animal fue en este sector, ya que los insectos ya forman parte de la cadena alimentaria de estos animales (Van Huis et al., 2015). En la sustitución del 25 al 50% de la harina de pescado por dos insectos diferentes, en las dietas de trucha arco iris se observó menor ganancia de peso (Pimentel et al., 2004). En otro estudio con salmón, donde se reemplazó el 100% de la harina de pescado con diferentes insectos en la dieta, no hubo diferencias en el aumento de peso y el rendimiento animal” (Lock et al., 2016).

En uno de los documentos referentes de la industria de los insectos como parte de la alimentación, la FAO en 2013, socializó un compendio derivado del concejo mundial de expertos, en el cual deja claros los siguientes aspectos:

“Los insectos tienen un mercado similar al de la harina de pescado; se emplean como pienso en acuicultura y ganadería y también se utilizan en la industria de las mascotas. La alta demanda reciente y los altos precios de la harina de pescado, junto con la creciente presión de producción sobre la acuicultura, ha llevado a la investigación sobre el desarrollo de proteínas de insectos para la acuicultura y la ganadería (que eventualmente podría suplementar la harina de pescado). Mientras tanto, la acuicultura está creciendo y la harina de pescado está disminuyendo rápidamente como fuente de alimento debido a la disminución de los suministros de pescado capturado industrialmente y a cuotas más estrictas, controles adicionales sobre la pesca no reglamentada, y un mayor uso de sustitutos dietéticos de harina de pescado más rentables” (FAO, 2012b).

La producción de la especie en cautiverio

Como ya se ha indicado en este documento, el consumo de grillos de diferentes especies es habitual en Asia, por ende, también lo es su producción en cautiverio e incluso su cacería en estado silvestre.

En 2010, FAO dio comienzo a la elaboración de un estándar regional para los grillos comestibles y sus productos, con base en su experiencia técnica en Indonesia. En este documento, se resume el sistema de producción de la siguiente manera:

“Los grillos de jardín (*Acheta domesticus* Linnaeus, Familia Gryllidae, Orden Ortóptil) se crían generalmente en tanques cilíndricos de cemento cubiertos con mosquiteros para mantener a los grillos y depredadores fuera. El hábitat de crianza (cama) a menudo se hace de una capa de cáscara de arroz, pero algunos criadores no utilizan ninguna Material. Cartones de cartón se pueden utilizar para proporcionar grillos un lugar para esconderse. Los grillos son por lo general alimentado con alimento comercial para pollos y unos días antes de la cosecha con calabazas o Verduras. Tan pronto como los grillos machos estridulan, los cuencos que contienen una mezcla de cáscara y arena son en el recinto de cría para permitir que los grillos pongan huevos. Después de unos días, los cuencos se trasladan a otro tanque de cría para la incubación y eclosión a una temperatura estable. Éste ciclo de reproducción se puede repetir 1-3 veces para cada generación. Después del período de apareamiento que ocurre entre los días 30-44 del ciclo de vida en condiciones climáticas normales (templadas), los grillos pueden ser recogidos” (2010).

Resultados

Costos de Producción

A continuación, se presentan algunos de los principales parámetros técnicos que han sido tenidos en consideración para el desarrollo de la matriz de costos y su proyección durante el horizonte de evaluación:

Tabla 1. *Parámetros técnicos para la producción de biomasa de grillo doméstico*

PARÁMETRO	VALOR	FUENTE
Duración del ciclo de vida	49 días	Halloran et al (2017)
FCR (Food Consume Ratio)	1.47:1	Lundy & Parella (2015)
Ciclos de producción por año	8,5 – 11	Halloran et al (2017)
Producción de biomasa por metro cuadrado	7,3 kg – 15,4 kg	Apolo-Arevalo y Iannacone (2015)
Producción de biomasa por metro cúbico	> 60 kg	Apolo-Arevalo y Iannacone (2015)
Materia Seca del grillo	26-31%	Halloran et al (2017), Arellano & Velásquez (2017),
Porción utilizable del cuerpo del grillo	100%	Halloran et al (2017)
Contenido de proteína en la materia seca (DM)	60-63%	Portillo (2017), Halloran et al (2017), Arellano & Velásquez (2017), Apolo-Arevalo y Iannacone (2015)
Digestibilidad de la proteína	77 - 98%	Ramos-Elorduy et al (1997) citado por Belluco et al (2013)
Peso unitario grillo adulto	600 – 700 mg	Medina (2020), Tyree et al (1976), Medina y Rivas (2020)
Huevos por postura	30-60	Chavez & Ubidia (2015)
Madurez Sexual	5 semanas	Arellano & Velásquez (2017)
Relación Hembra:Macho	10:1	Portillo (2017), Arellano & Velásquez (2017)

Con base en la información disponible se han desarrollado dos escenarios de producción, que cumplan con el criterio definido por parte de la FAO (2013) como una producción industrial masiva, es decir la obtención de al menos una tonelada/día. No obstante, pueden existir muchos escenarios alternativos, superiores o inferiores, en términos de inversión y costos de funcionamiento, pero en este ejercicio se

propone un modelo de menor inversión inicial y menor tecnificación, frente a un escenario con una inversión inicial que puede generar un producto de mejor calidad y múltiples ventajas logísticas en términos de la utilización del espacio y la comercialización.

Para cada uno de los escenarios se han establecido de manera separada los costos de inversión y los costos de operación, de tal manera que pueda realizarse una comparación lógica de los resultados.

Así las cosas, a continuación, se presentan las diferencias propuestas en ambos escenarios, en materia de la inversión inicial:

Tabla 2. Características técnicas de los escenarios de evaluación de costos de producción.

Escenario	Escenario A (menor inversión inicial)	Escenario B (mayor inversión inicial)
Material de piso	Piedra/Cemento	Cemento/riel localizado
Material de paredes	Muro tendinoso	Estructura metálica
Sistema de separación (insectos)	Módulos	Caja de plástico
Sistema de separación vertical	NA	Estructura metálica
Sistema de alimentación	Carreta/operario	Contenedor de riel/operario
Sistema de procesamiento	Cocción	Cocción

Lo anterior significa que en el escenario A vamos a encontrar costos de inversión inicial más bajos, como por ejemplo un sistema de cría en piso, similar al que se emplea para la ceba de pollo Broiler, sin estratos o niveles, lo que permite minimizar los costos de los equipos que se aplicarán para el escenario de contraste (escenario B), en el cual por su parte, la producción se lleva a cabo con un sistema de estratos con organizadores metálicos y cajas plásticas en las cuales se adelanta la cría de los insectos. También se propone en el escenario A la construcción de una estructura rústica con materiales de menor costo,

como guadua y la técnica de muro semitendinoso, en contraposición de una estructura metálica y muro de ladrillo en el escenario B, lo cual sin duda alguna representará una diferencia significativa frente a su vida útil y la necesidad de su reposición.

También se pueden incluir variaciones relacionadas con el procesamiento y el nivel de agregación de valor del producto obtenido, con lo cual naturalmente cada uno de los escenarios cambiaría y se acentuarían las diferencias en materia de la inversión inicial, partiendo de la posibilidad de liofilizar los insectos en lugar de aplicar procesos sencillos de cocción y congelación. Esto permitiría incrementar sustancialmente la vida útil del producto y su calidad nutricional, gracias a la reducción de las pérdidas proteicas. Pero es muy importante considerar que una inversión de este tipo podría aplicarse de acuerdo con el mercado objetivo y el costo de comercialización final que obtenga el bien, puesto que, como se verá más adelante, en la sustitución de la torta de soya el costo final se convierte en un factor determinante para la viabilidad de su implementación.

Los dos casos supuestos, implican también diferencias relevantes en términos de la intensidad de la utilización de la mano de obra, puesto que los recorridos diarios y los tiempos y movimientos para la operación están definidos como producto de las condiciones de cada modelo. En el primero de los casos, la distribución de la alimentación se realiza a través de un recorrido que se estima aproximadamente en 2,5 km por día, mientras que en el segundo caso la distancia recorrida es de 0,6 km por día, sin embargo la magnitud de la operación en este segundo caso incluye operaciones de apertura de cajas, limpieza y llenado de

bandejas, con lo cual se equiparan en términos absolutos las necesidades de mano de obra, siendo que para el escenario A se requieren aproximadamente 2,9 jornales por día, mientras que para el caso del escenario B se requieren 2,2.

En general se puede establecer que cada escenario presenta particularidades que deben ser tenidas en cuenta de acuerdo con los objetivos de la implementación del proyecto y con la disponibilidad de los recursos, previo a la determinación de su conveniencia.

Con base en la proyección de los costes requeridos en cada caso, se estableció el impacto de cada una de las variables frente al costo global de producción, lo cual generó los resultados siguientes:

Tabla 3. Resumen de los costos de inversión de los diferentes escenarios técnicos y análisis horizontal de participación.

Columna1	ESCENARIO A	PARTICIPACIÓN	ESCENARIO B	PARTICIPACIÓN
TERRENO	\$ 200.000.000,00	20,04%	\$ 40.000.000,00	3,81%
INFRAESTRUCTURA	\$ 747.754.800,00	74,94%	\$ 241.813.128,00	23,04%
EQUIPOS	\$ 50.075.000,00	5,02%	\$ 767.896.000,00	73,15%
SUBTOTAL INVERSIÓN	\$ 997.829.800,00	100,00%	\$ 1.049.709.128,00	100,00%
MATERIA PRIMA	\$ 376.226.200,45	63,97%	\$ 334.487.930,77	62,82%
MANO DE OBRA	\$ 58.144.702,44	9,89%	\$ 51.451.805,82	9,66%
TRANSPORTE	\$ 85.507.674,01	14,54%	\$ 81.084.490,89	15,23%
SERVICIOS	\$ 68.228.587,16	11,60%	\$ 65.400.398,00	12,28%
SUBTOTAL OPERACIÓN	\$ 588.107.164,06	100,00%	\$ 532.424.625,47	100,00%
TOTAL FUNCIONAMIENTO	\$ 1.585.936.964,06		\$ 1.582.133.753,47	

En el escenario A podemos encontrar, como se indicó al comienzo, un nivel tecnológico inferior asociado con una menor inversión en materiales y equipos, lo cual significa un manejo menos detallado para los insectos y también un mayor desgaste en términos de mano de obra para la realización de labores de alimentación.

En cuanto a los costos de inversión, se puede observar que cerca del 75% del total están dispuestos para edificaciones e infraestructura, lo cual puede considerarse como algo positivo, puesto que es un activo fijo que puede respaldar desde el punto de vista financiero la ejecución de la actividad, pero en este caso, se ha proyectado la utilización de materiales como guadua y muro tendinoso para minimizar la inversión inicial, teniendo en cuenta el alto requerimiento de área construida requerido en este sistema.

El terreno representa un 20% de la inversión en este escenario y los equipos tan solo un 5%, debido a que las divisiones estarán elaboradas de manera estática mediante sistemas de muro semitendinoso, para minimizar los costes, teniendo en cuenta que la resistencia que requieren dichas divisiones es mínima.

Dentro de la infraestructura el costo más significativo corresponde a la construcción del piso, el cual representa un área de 7.500 m². En este sistema es indispensable el piso de cemento al interior de las divisiones para garantizar que las labores de lavado y desinfección se realicen de manera adecuada, mientras que al exterior permitirá la movilización del alimento, teniendo en cuenta que los recorridos lineales son del orden de los 2.560 metros lineales por día.

En cuanto a los costos variables, se puede observar que el componente con mayor participación corresponde a la materia prima, dentro de la cual se incluyen los insumos para la alimentación, los insumos requeridos para la retención de la humedad (cama) y un último insumo que para la simplificación del cálculo corresponde a los grillos de 15 días, que iniciarán el proceso de ceba y que representan en sí mismos

otra matriz de costeo independiente, debido a que es indispensable disponer de un pie de cría que sea acorde con la necesidad diaria de producción. En este escenario, se requiere una media superior al millón cien mil individuos para alcanzar la meta productiva establecida, con base en lo cual se ha determinado el costo unitario de producción y se incluye dentro de este rubro, teniendo en cuenta que será un insumo que se consumirá durante el proceso.

Este elemento, a su vez, es el que mayor peso específico representa entre los insumos, con un 40% del total, seguido de los costos de alimentación con 39,3%.

Después de los insumos, el mayor peso específico en los costos de operación está dado por el transporte con un 14,5%, dentro del cual se incluye el transporte de las materias primas e insumos hasta las instalaciones del lugar de producción y posteriormente el transporte del producto terminado hasta el lugar de su disposición y procesamiento.

Desde el punto de vista de la operación, los costos aparentemente son muy similares, sin embargo, existen diferencias. En el caso del suministro del alimento, por ejemplo, el recorrido diario efectuado por parte de los operarios es de solo 600 metros lineales, sin embargo, las operaciones unitarias de apertura de los contenedores, retiro de los excedentes de alimento, disposición de nuevo alimento y cierre, requieren mucho más tiempo que en el caso del escenario anterior.

En la operación, la materia prima tiene una participación muy similar, del orden del 62,8%, encontrando que la principal variación está asociada con la cantidad requerida de material de cama, puesto que en los contenedores el uso de este es mucho más eficiente.

El transporte, a su vez, consume cerca del 15% de los recursos, mientras que los servicios representan el 12,2%.

No obstante, como ya se había mencionado, la distribución de los recursos en ambos modelos es muy diferente, puesto que en el escenario A se prioriza la infraestructura y se requiere una mayor superficie, mientras que en el escenario B, se optimiza el uso de la tierra y se prioriza la inversión en materiales y equipo. De igual manera es necesario tener en cuenta la vida útil de dichas inversiones en cada caso, puesto que en el escenario A se han utilizado algunos materiales de bajo coste como el muro semitendinoso para disminuir el costo de inversión, sin embargo, esto también significa la necesidad de programar nuevas inversiones en adecuaciones en un periodo de alrededor de diez años.

En cuanto a los costes de la tierra, existen diferencias muy marcadas en ambos sistemas de producción, lo que no significa que uno sea superior al otro, puesto que en la actualidad ambos se desarrollan en diferentes latitudes con resultados económicos adecuados, pero en general puede interpretarse que la elección de uno u otro sistema estará influenciada por una combinación de variables, donde principalmente el coste de la tierra y el de la mano de obra serán determinantes. En la región suroriental del Valle del Cauca, por ejemplo, donde la concentración de la tierra es muy elevada, sería conveniente desarrollar modelos que intensifiquen el uso de dicho recurso.

Viabilidad Financiera

De acuerdo con los dos escenarios descritos en el numeral 8, se adelantó una proyección en un horizonte de diez años, para determinar

el flujo de caja de cada periodo y a través de este establecer la Tasa Interna de Retorno de la inversión.

Teniendo en cuenta que el objeto de la presente investigación corresponde a comparar las posibilidades de utilización de la biomasa del grillo *Acheta domesticus* como sustituto de la torta de soya, se determinó a partir del costo comercial de esta última materia prima, el costo de venta que debería ser empleado como referencia.

Es necesario entender que el contenido de materia seca (MS) y Proteína Bruta (PB) de ambas materias primas es diferente y que el propósito de utilizar una u otra en la elaboración de una mezcla balanceada depende del aporte que esta pueda llegar a efectuar en términos de dicho nutriente.

Para la determinación del costo de venta del producto se tuvieron en cuenta los parámetros siguientes:

Tabla 5. *Parámetros técnicos y económicos para la determinación del costo de venta del bien final obtenido.*

	Torta de Soya	Biomasa Integral de Grillo
% de Materia Seca (MS)	89%	31%
% de Proteína Bruta (PB)	48%	60%
Proteína por kilogramo de materia fresca	42,7%	18,6%
Precio del Kg (\$)	1.844,2 ³⁸	

De acuerdo con dicha información, se puede establecer que el porcentaje de proteína bruta por kilogramo de Torta de Soya asciende a 42,7%, teniendo en cuenta que los nutrientes únicamente se encuentran en la fracción seca de los alimentos. En otras palabras, se puede

38 Tomado de: <https://www.fenalce.org/archivos/costosdeimportacion.pdf>; fecha de consulta: 08 de febrero de 2021; precio de referencia del dólar: \$3.571 COP

decir que el 11% que no corresponde a Materia Seca está compuesto únicamente por agua y que en esta fracción no existe proteína.

Aplicando el mismo criterio para la Biomasa Integral de Grillo, se encuentra que a pesar de tener un contenido proteico muy alto, este se ve afectado de forma significativa por el contenido de humedad del producto, por lo cual encontramos que en un kilogramo de esta materia prima, solo alcanzaríamos un 18,6% de proteína.

Como ya se ha indicado en este mismo numeral, el interés de utilización de esta materia prima está dado por su aporte proteico al momento de formular una ración, sin desconocer que la Biomasa del Grillo posee perfiles de aminoácidos de alta calidad equiparables a los cárnicos, así como aportes significativos de vitaminas y minerales y un perfil de ácidos grasos de alto interés para la dieta humana, pero para efectos prácticos del análisis se tendrá en cuenta únicamente el contenido de proteína. Como ejemplo de las ventajas nutricionales de la Biomasa de Grillo se pueden citar: FAO (2012), Apolo-Arévalo y Iannacone (2015), Hidalgo (2005), Belluco et al. (2013), entre muchos otros que se encuentran disponibles.

Una vez aclarado lo anterior, para la estimación del costo de venta final del producto se puede indicar que el costo por kilogramo de proteína en el caso de la torta de soya será igual a \$4.316,9 pesos, teniendo en cuenta que:

$$\text{Costo por kilogramo de proteína} = \$1.844,2 / (0,89 * 0,44) = \$4.316,9$$

En el caso de la proteína derivada de la biomasa de *Acheta domestica*, para equiparar el costo del bien obtenido al bien sustituto, realizamos el cálculo siguiente:

$$\text{Costo por kilogramo de proteina} = \$4.316,9 / (1 / 0,1866) = \$805,5$$

En otras palabras, se necesita comprar 2,34 kilogramos de Torta de Soya con un costo de \$1.844,2 para obtener un kilogramo de proteína, siendo que su contenido neto de este nutriente es del 42,7%. En el caso de la Biomasa de Grillo, se hace necesario comprar 5,3 kilogramos, con un costo de \$805,5 cada uno y un contenido neto de proteína del 18,6% para obtener el mismo kilogramo de proteína y el mismo costo en el mercado.

Una vez aplicado este valor de venta por kilogramo de producto en fresco, se obtiene un resultado negativo para cada periodo evaluado, con base en lo cual no tendría sentido establecer una Tasa Interna de Retorno a la inversión, puesto que el resultado no ofrecerá ningún elemento de juicio, bajo el entendido que a primera vista se puede observar que la ejecución del proyecto no permitiría recuperar la inversión efectuada.

Con base en lo anterior se puede establecer con claridad que el proyecto no es viable desde el punto de vista financiero y que no es recomendable su ejecución.

Ahora bien, lo anterior no significa que la producción de esta materia prima no se considere en sí misma como una actividad que pueda llegar a ser rentable y sostenible, puesto que el escenario propuesto corresponde a su comparación frente a un subproducto de otra actividad industrial, razón por la cual su costo comercial es significativamente bajo. Lo anterior hace necesario evaluar su viabilidad frente a otros escenarios, como la utilización en la nutrición humana.

Viabilidad Técnica

Por último, a continuación se presentan los principales aspectos que han sido considerados dentro del análisis de PESTEL para determinar la viabilidad técnica de la implementación de un proyecto de dicha naturaleza:

Aspectos Políticos

ODS: Hambre cero; erradicación de la pobreza

Naciones Unidas (2020): 2014, 630 millones de personas desnutridas.

2019, 690 millones de personas desnutridas

En Colombia en 2008 se adopta una política de SAN y en el Valle en 2018 se adopta un Plan de SAN, **sin embargo no existe herramientas claras para su implementación.**

Aspectos Económicos

Fundes Strategy (2019) - Gobierno de Costa Rica: 460 millones de dólares anuales

Coherent Market Insights (2020): 500 millones de dólares anuales; CAGR 6,7%

Impacto sobre la importación local:

Solo la Torta de Soya en 2019 alcanzó un valor de importación de 66 millones de dólares CIF, siendo ITALCOL el primer importador en la región (Cámara de Comercio, 2020)

La implementación del proyecto es costosa y exige alta inversión en I&D

Aspectos Sociales

Wyman (2018): se espera que para el 2030 cerca del 8% de la población mundial (650 millones de personas) estará en condiciones de desnutrición. En este momento la participación de la agricultura en el PIB global es 1/3 de lo que era hace una década.

Presión sobre el suelo como factor de producción

Modelo de producción familiar campesino

Hábito de consumo local

Aspectos Tecnológicos

Principales actores del mercado global: Ynsect (Francia), Entomofarms (Canadá), Exoprotein (Estados Unidos), Cricket One (Tailandia), Protifarm (Holanda), Chapul Inc (U.S.)

Paquetes tecnológicos no adaptados ni validados para la región

Limitada disponibilidad de información y personal idóneo

Aspectos Ambientales

Sun-Waterhouse et al (2016), la obtención de proteína a partir de insectos significa una reducción de hasta 100 veces la cantidad de gases de efecto invernadero

Rumpold & Schutler (2013), citando los estudios de Huis (2010) y Mekonnen & Hoestra (2010), insectos tienen el primer lugar en la eficiencia en la conversión alimenticia (relación inversamente proporcional con huella hídrica)

Halloran et al (2017), *A. domesticus* tiene un consumo hídrico diez veces inferior a *T. molitor*.

Distribución Ecológica

Aspectos Legales

Reglamento de la Comunidad Europea 2283 de 2015

Reglamento de la Comunidad Europea 1069 de 2009

En Colombia la obtención mediante el modelo de Zoocría de la especie *Acheta domesticus* no puede adelantarse en los términos de la Ley 611 de 2000. Es indispensable una Licencia Ambiental

La CVC indica que la especie se considera “invasora”

Conclusiones y Recomendaciones

Con base en lo anterior se pueden establecer las siguientes consideraciones con relación a la posibilidad de utilizar la biomasa de *Acheta domesticus* como una fuente alternativa de proteína para la agroindustria de la alimentación animal:

- Una vez adelantada la revisión de los diferentes aspectos incluidos en el análisis PESTEL, se puede observar que la producción de insectos a nivel mundial viene creciendo de manera sostenida, sin embargo, hasta el momento el mercado objetivo corresponde principalmente a la utilización en la alimentación humana, como resultado de sus características nutricionales.

- Una de las principales limitantes técnicas para la viabilización de la producción industrial de biomasa de la especie *Acheta domesticus* en Colombia corresponde a la obligatoriedad de gestionar una licencia ambiental, debido a la connotación de "especie invasora" que se indica en concepto técnico de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC-.
- Los resultados obtenidos a partir de la modelación de costos de producción evidencian que el valor de comercialización del bien final no permite obtener resultados favorables en los flujos de caja proyectados y por tal motivo se entiende que no existe una Tasa Interna de Retorno (TIR) que haga que el Valor Actual Neto sea igual a cero.
- Como resultado de lo anterior y realizando una comparación con otro bien de consumo humano con similar valor proteico, se obtuvo una TIR superior al 39%, lo que permitiría inferir que la obtención del producto a nivel industrial, a pesar de no ser financieramente factible como sustituto para la torta de soya, sí puede ser explorada en otros escenarios comerciales.
- Es recomendable explorar en futuras investigaciones la normatividad vigente en Latinoamérica y Colombia frente a la utilización de la materia prima derivada de insectos como insumo para la alimentación humana, siendo que hasta la fecha no está legislado de forma adecuada. El antecedente de referencia es la situación actual del continente Europeo, en el cual, a pesar de los avances culturales en la producción y consumo de dichos bienes, solo hasta los últimos años se dispone de

parámetros claros de manejo, que incluso a la fecha actual aún presentan vacíos que son estudiados por las diferentes partes interesadas.

Bibliografía

- Alston, J. M., Beddow, J. M., & Pardey, P. G. (2009). Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*, 325, 1209-1210.
- Arellano, D. & Velasquez, S. (2017). Manual: cría de invertebrados para alimentación complementaria. Fundación Nacional de Parques Zoológicos y Acuarios; Gobierno Bolivariano de Venezuela.
- Booth, D. T., & Kiddell, K. (2007). Temperature and the energetics of development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of Insect Physiology*, 53(9), 950–953. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2007.03.009>
- Blank, L. & Tarkin, A. (1999) *Ingeniería Económica*. Cuarta edición.
- Cámara de Comercio de Palmira. (2019). Anuario Estadístico de Palmira. Apartado Comercio Exterior. Disponible en: https://ccpalmira.org.co/anuarios_estadisticos/palmira/anuario_2019/pdf/15%20comercio%20exterior.pdf
- Chavez, Alcibar; Bexci, Estefanía & Ubidia, Lugo; David, Josué. 2015. Elaboración y evaluación de la harina de Grillo (*Acheta domesticus*) como sustituto de harina de pescado en dos líneas de Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) durante la etapa de alevinaje. Tesis de pregrado de Ingeniería Agropecuaria. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador.

- Clercq, M. De, Vats, A., & Biel, A. (2018). Agriculture 4.0: the Future of Farming Technology. World Government Summit Report, February, 30.
- Coherent Market Insights. (2020). Edible Insects Market to reach US\$ 850 Million globally by end of 2027. Fecha de consulta: 05 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/22/2037713/0/en/Edible-Insects-Market-to-reach-US-850-Million-globally-by-end-of-2027-Coherent-Market-Insights.html>
- FAO/WHO. (2010) Development of regional standard for edible Crickets and their products. 1-9. ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCASIA/ccasia17/CRDS/AS17_CRD08x.pdf
- Fundes Strategy. (2019), Cadena de Valor de Insectos. <http://www.cita.ucr.ac.cr/sites/default/files/Cadena%20de%20Valor%20de%20Insectos.pdf>
- Goldstein Market Intelligence. (2021). Global Edible Insects Market Report: 2017-2030 (Edition 2021). Industry Research Outlook. Fecha de consulta: 05 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.goldsteinresearch.com/report/global-edible-insects-market-outlook-2024-global-opportunity-and-demand-analysis-market-forecast-2016-2024>
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83–94.

- House, J. (2018). Insects as food in the Netherlands: Production networks and the geographies of edibility. *Geoforum*, 94(June), 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.05.011>
- International Feed Industry Federation – Global Feed Statistics. (n.d.). Retrieved February 28, 2020, from <https://ifif.org/global-feed/statistics/>
- Kierończyk, B., Rawski, M., Józefiak, A., Mazurkiewicz, J., Świątkiewicz, S., Siwek, M., Bednarczyk, M., Szumacher-Strabel, M., Cieślak, A., Benzertiha, A., & Józefiak, D. (2018). Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 240(April), 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.002>
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R., Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., Bruun, S., Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Journal of Cleaner Production*, 156(2), 628–631. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>
- LeClerck, M.; Vats, A. & Biel, A. 2018. Agriculture 4.0: the future of farming technology. Documento técnico de apoyo para la Cumbre Mundial de Gobiernos. Disponible en: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html>
- Maciel-Vergara, G., & Ros, V. I. D. (2017). Viruses of insects reared for food and feed. *Journal of Invertebrate Pathology*, 147, 60–75. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.01.013>

- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds-ci.2014.07.008>
- Medina M., R. M. & Rivas F., A. W. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus*. *Agrociencia. Revista científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador*. Año III, Número 16.
- (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano
- Mekonnen, M. M, & Hoekstra, A. Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Disponible en: <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>
- Mesa, O., J. de J. (2013). *Evaluación Financiera de Proyectos: 10 casos prácticos resueltos en Excel*. ECOE Ediciones. Tercera edición.
- Mertens, E. (n.d.). 23–25 January 2012 , FAO , Rome , Italy *Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security*. li.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Dirección de Cadenas Productivas Agrícolas y Forestales. Soya. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales%20Soya.pdf>
- Morales P., L. A., Pachacama, S., V. H. & Gómez, H., F. S. (2016). *Contabilidad de Costos para Mipymes de Transformación*. Primera Edición Digital

- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., & Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): A holistic approach to develop optimized diets. *PLoS ONE*, 15(1), 1–30. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición electrónica. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2021). Informe sobre los progresos en el cumplimiento de los ODS. Edición electrónica. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/progress-report/>
- Orlando, E., Rivera Escuela, P., Panamericana, A., & Honduras, Z. (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. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6159/1/AGN-2017-024.pdf>
- Pali-Schöll, I., Binder, R., Moens, Y., Polesny, F., & Monsó, S. (2019). Edible insects—defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Critical Reviews*. En: *Food Science and Nutrition*, 59(17), 2760–2771. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1468731>

- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Sancho, D.; Álvarez G., M. J.; Fernández S., L. del R. (2015). Insectos y alimentación. Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L, un alimento de los pobladores de la Amazonía Ecuatoriana. En: *Entomotrópica*, Vol 30 (14).
- Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2019). Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144(January), 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.042>
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J., & Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89, 129–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>
- Van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P., (2013). *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*. FAO Forest. ed. FAO, United Nations, Rome. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
- Vázquez, J. I. R. (2006). Plan de negocio: Creación de una empresa productora de harinas de insecto. 1–24. <https://doi.org/D-P11708>

- Vélez, P. (2010). Decisiones de inversión. Quinta edición. Editorial Pontificia Universidad Javeriana
- Waithanji, E., Affognon D., H., King'ori, S., Diiro, G., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K. K. M. (2019). Insects as feed: Gendered knowledge attitudes and practices among poultry and Pond Fish farmers in Kenya. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, September, 100312. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100312>
- Walker, T. J. (2014). House Cricket – *Acheta domesticus* L. Universidad de la Florida; disponible en: <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/crickets/adomest.html>