Propuesta De Alternativas De Producción De Proteína Para Alimentación Animal A Partir De Insectos En Colombia

Ana María Rodríguez Chacón

Tutora:

Claudia Patricia Lemos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Tecnología de Alimentos

Julio, 2020

… a nuestro querido planeta tierra

que espero sepamos preservar

para las generaciones futuras

Tabla de contenido

Resumen 5
Abstract 6
Introducción 7
Planteamiento del Problema 8
Justificación 9
Objetivos 12
Objetivo general: 12
Objetivos específicos: 12
Capítulo 1 Marco Teórico y Antecedentes 13
1.1. Marco Teórico 13
1.1.1. Proteínas 13
1.1.2. Alimentación Animal 15
1.1.3. Metabolismo y Síntesis de Proteínas en los Animales de Abasto 16
1.1.4. Consumo Proteico en Animales de Abasto 17
1.1.5. Insectos como Fuente de Proteína 23
1.2. Antecedentes 32
1.2.1. Inicios de la Producción de Insectos como Fuente de Proteína para Alimentación Animal 32
1.2.2. Producción de Insectos como Fuente de Proteína para Alimentación Animal 32
Capítulo 2 Marco Legal 35
Capítulo 3 Propuesta de Alternativas de Producción de Proteína para Alimentación Animal a Partir de Insectos en Colombia 36
3.1. Insectos que se Producen a Nivel Mundial para la Alimentación Animal 36
3.1.1. Larva de la Mosca Soldado Negra (Hermetia illucens) 36
3.1.2. Larva de la Mosca Común (Musca domestica) 38
3.1.3. Gusano de la Harina (Tenebrio molitor) 40
3.1.4. Gusano de Seda (Bombyx mori) 42
3.1.5. Grillo Doméstico (Acheta domestius) 43
3.1.6. Tabla Resumen de las Características de los Insectos más Importantes Producidos a Nivel Mundial para la Alimentación Animal 45
3.2. Correspondencia entre Tipos de Insectos y su Especificidad para Alimentar Animales de Abasto 45

3.2.1. Larva de la Mosca Soldado Negra (Hermetia illucens) 47
3.2.2. Larva de la Mosca Común (Musca domestica) 48
3.2.3. Gusano de la Harina (Tenebrio molitor) 49
3.2.4. Gusano de Seda (Bombyx mori) 50
3.2.5. Grillo Doméstico (Acheta domesticus) 51
3.2.6. Otros Insectos Utilizados como Fuente de Proteína para Alimentación Animal 52
3.2.7. Tabla Resumen de la Correspondencia entre Tipo de Insecto y Alimentación de Animales de Abasto 52
3.3. Propuesta de alternativas de producción de insectos para alimentación animal en Colombia 54
Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones 59
4.1. Conclusiones 59
4.2. Recomendaciones 60
Bibliografía 61
Anexos 71

Resumen

En el presente documento se presenta la revisión bibliográfica hecha para identificar insectos de alto valor proteínico que puedan ser producidos en Colombia como fuente alternativa a las fuentes convencionales de proteína para la alimentación de animales de abasto, los cuales ofrezcan también una alternativa a los altos costos de la proteína convencional (especialmente la harina de soya y de pescado) y contribuyan a reducir las tensiones medioambientales generadas por la creciente demanda de productos de origen animal de una población mundial cada vez más numerosa. Se documentaron las principales características de la Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), la Mosca común (*Musca domestica*), el Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), el Gusano de seda (*Bombyx mori*) y el Grillo doméstico (*Acheta domesticus*), así como las condiciones de su reproducción y la correspondencia entre estos insectos y su adecuación para alimentar distintos animales de abasto. Se encontró que los cuatro primeros insectos nombrados podrían ser aptos para la cría en Colombia, en zonas tropicales.

***Palabras clave*:** Alimentación, Insectos, Proteínas, Proteico, Piensos, Ganado, Micro granjas

Abstract

This document presents a bibliographic review made with the aim to identify insects of high protein value that can be produced in Colombia as an alternative source to conventional sources of protein for animal feed, offer an alternative to the high costs of conventional protein (especially soy and fishmeal) and contribute to reduce the environmental tensions generated by the growing demand for animal products from an increasingly large world population. The main characteristics of the black soldier fly (*Hermetia illucens*), the common fly (*Musca domestica*), the mealworm (*Tenebrio molitor*), the silkworm (*Bombyx mori*) and the domestic cricket (*Acheta domesticus*) were documented as well as the conditions of their reproduction and the correspondence between these insects and their suitability to feed different livestocks. The first four named insects were found to be suitable for breeding in tropical areas of Colombia.

***Key words*:** Food, Insects, Proteins, Protein, Feed, Livestock, Mini-farms

Introducción

En la actualidad, la soya es la principal fuente de proteína para la alimentación animal en todo el mundo. El cultivo de soya está desplazado, especialmente en América, a otros cultivos y empujando la frontera agropecuaria hacia áreas de alta biodiversidad. La harina de pescado también es usada intensamente en la piscicultura y la alimentación de los animales de abasto, habiendo un crecimiento permanente de su demanda y de la competencia por proteína entre la alimentación de los humanos y de los animales de abasto, lo que afecta tanto su precio como la disponibilidad de ésta. La producción de insectos en micro granjas puede ser una solución alternativa y sostenible a las fuentes convencionales de proteínas para alimentar animales de abasto, reduciendo la presión sobre áreas de cultivo, así como otras tensiones medioambientales. En Colombia aún no se ha explorado la importancia económica que tienen los insectos como fuente de proteína para alimentación animal, motivo por el cual se consideró oportuno hacer una revisión bibliográfica de la documentación disponible para identificar qué insectos podrían ser producidos en Colombia con el fin de ser utilizados como fuente de proteína para alimentación animal (y eventualmente plantear a futuro una opción de producción de insectos para consumo humano), identificando así una solución alternativa y sostenible a las fuentes de proteínas convencionales.

Planteamiento del Problema

¿Qué insectos podrían ser aprovechados en Colombia para ser utilizados como fuente de proteína en productos destinados a la alimentación animal?

Los insectos son un componente natural de la dieta de animales, incluyendo peces, aves, reptiles y mamíferos. Dichos insectos se alimentan de madera, cereales o desperdicios en general, y tienen un contenido proteico entre medio y muy alto (Martínez *et al*, 2016). Los insectos poseen un potencial inmediato para la producción de piensos a gran escala.

De acuerdo con el artículo *Bichos a la carta, ¿la mejor solución para el medioambiente?* de la revista Semana (2018), en Colombia aún no se conoce la importancia económica que tienen los insectos como fuente de proteína para la alimentación animal. En el país se identifica la iniciativa de producción de insectos Emerge (en etapa de desarrollo) la cual aprovechará el valor alimenticio de los insectos en la alimentación de animales. Por su parte, Bichopolis es otra iniciativa identificada en la que actualmente se produce un tipo de insecto para combatir plagas en cultivos de flores y la compañía Arthrofood cría hoy día insectos para producir harina de grillo para combatir la desnutrición infantil (Semana, 2018) (Rincón, 2017). Se observa que en Colombia el renglón de producción de insectos para alimentación de animales de abasto no está desarrollado.

Por lo anterior, se considera oportuno hacer una revisión bibliográfica de la documentación disponible para identificar qué insectos podrían ser producidos en Colombia con el fin de ser utilizados como fuente de proteína para alimentación animal, lo que podría contribuir a estructurar una solución alternativa y sostenible a las fuentes de proteínas convencionales.

Justificación

El continuo aumento de la población mundial trae consigo un incremento significativo de la demanda global de productos de origen animal, demanda que, a su vez, genera una mayor demanda de alimentos y piensos para la cría de los animales de abasto para suplir, de forma adecuada, sus requerimientos proteicos. Se precisa así el uso de mayores extensiones de tierra para el cultivo de alimentos y piensos destinados al consumo animal, lo que implica el cambio en el uso de la tierra y la consecuente afectación en los ecosistemas agrícolas y el medio ambiente; esto se ve reflejado, entre otras, en la falta de agua, deforestación, afectación del ciclo nutritivo, mayores demandas de energía no renovable y uso de organismos modificados genéticamente (Martínez *et al*, 2016). De otra parte, la elaboración de la harina de pescado, fuente importante de proteína en la alimentación de animales de abasto, compite con la pesca destinada al consumo humano, agravando el problema de la pesca excesiva (con el consecuente agotamiento de la biodiversidad acuática), y genera incertidumbre respecto a la inocuidad de los productos de origen animal debido al contenido de metales pesados acumulados en los peces por transmisión de metales a través de la cadena trófica (FIS, 2016). Como se observa, se hace necesario revisar las fuentes actuales de proteína para animales (en especial la soya y la harina de pescado) e identificar fuentes alternativas y sostenibles que contribuyan a reducir la dependencia de las fuentes tradicionales (Schultz, 2016).

Los insectos son un componente natural de la dieta de animales, incluyendo peces, aves y mamíferos. Se alimentan de madera, cereales o desperdicios en general, y tienen un contenido proteico entre medio y muy alto (Martínez *et al*, 2016). Como son animales ectotermos (de sangre fría), no gastan energía para mantener su temperatura corporal constante; esta energía la invierten en crecimiento y desarrollo y, por lo tanto, requieren mucho menos alimento para producir la misma cantidad de proteínas que los vacunos, ovejas y porcinos y pollos y la digestibilidad de estas proteínas es más alta que la mayoría de las proteínas de origen vegetal (Selaledi *et al*, 2019). Los insectos tienen una alta tasa de conversión de alimentos: convierten eficientemente muchos sustratos de desecho en biomasa, emitiendo menos gases de efecto invernadero y amoníaco que el ganado convencional (Martínez *et al*, 2016). La ganadería convencional aporta el 18% de las emisiones de gases con efecto invernadero (en equivalente de CO_2), mientras que, entre los insectos, solo cucarachas, termitas y escarabajos producen metano, mientras que las demás emisiones son más bajas que las de los cerdos y el ganado vacuno, en un factor aproximado de 100 (FAO, 2013). Al

emitir una reducida cantidad de gases con efecto invernadero como metano y amoníaco y de estiércol, generan una menor contaminación, además de que, al ser descomponedores de desechos, contribuyen a la devolución de nutrientes a la tierra (CCOO SERVICIOS, 2017). Así, los insectos poseen un potencial inmediato para la producción de alimento para animales a gran escala.

La harina de insectos se ha propuesto como fuente de proteína para alimentación animal y empieza a estar disponible comercialmente en los mercados del mundo (Schultz, 2016). La producción de insectos puede llegar a ser una fuente de alimentos económicamente asequible, cuando se logra un balance adecuado entre productividad, costos de mantenimiento y de mano de obra e insumos. Además, como en la cría de insectos se utilizan residuos orgánicos de bajo grado proteico para la obtención de un alto contenido de proteínas de buena calidad, su producción resulta un proceso amigable con el medio ambiente (nutriNews, 2018). De todas maneras, es importante tener en cuenta que factores como la oferta, disponibilidad, coste y valor nutricional son determinantes en la aceptación de esta fuente de proteína por parte de los posibles productores de insectos (Schultz, 2016). La producción de insectos puede llegar a ser una fuente de alimentos más económica cuando hay un adecuado balance entre productividad, costos de mantenimiento y de mano de obra e insumos (agriNews, 2018).

Debido a que este renglón no está aún desarrollado en Colombia se considera oportuno hacer una revisión bibliográfica de la documentación disponible para identificar qué insectos podrían ser producidos en Colombia con el fin de ser utilizados como fuente de proteína para alimentación animal (y eventualmente plantear a futuro una opción de producción de insectos para consumo humano), identificando así una solución alternativa y sostenible a las fuentes de proteínas convencionales para la alimentación animal.

La problemática que se abordará se enmarca en la Línea de Investigación de la Cadena de Formación en Alimentos, así:

Ingeniería en procesos de alimentos y biomateriales	La problemática planteada para la Monografía se enmarca en la línea de investigación de la cadena de formación en alimentos ***Ingeniería en procesos de alimentos y biomateriales***, respondiendo a su Objetivo y una de sus Temáticas. (**Objetivo:** "Proponer, diseñar desarrollar e implementar proyectos de adecuación, transformación, estandarización y optimización de procesos de alimentos, productos biológicos y subproductos de la industria alimentaria que solucionen problemas específicos del sector agroindustrial en las diferentes regiones del país". **Temática:** "*Evaluación y calidad de las materias primas y productos*: A partir de esta temática se pretende contribuir con el conocimiento de los productos y de las materias primas, de origen animal, vegetal y microbiológico, de las diferentes regiones del país, a través de una evaluación de sus características, puesto que dependiendo de la naturaleza fisicoquímica y microbiológica de las materias primas, se destina su uso para un mayor aprovechamiento e inocuidad (evaluación del riesgo) del producto terminado, y además se puede contribuir con la innovación tecnológica en la formulación de nuevos usos, para las materias primas y por lo tanto la obtención de nuevos productos.". (UNAD, 2019)

Tabla 1 - Línea de investigación de la cadena de formación en alimentos
Fuente: Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - UNAD

Objetivos

Objetivo general:

Identificar qué insectos podrían ser aprovechados en Colombia para ser utilizados como fuente de proteína en la elaboración de productos destinados a la alimentación animal.

Objetivos específicos:

- Elaborar, con base en la revisión de masas documentales, un listado de los insectos que se producen a nivel mundial para la producción de productos destinados a la alimentación animal.

- Establecer la correspondencia entre el tipo de proteína de los insectos y su especificidad para alimentar diferentes tipos de animales.

- Proponer los insectos que podrían ser aprovechados en Colombia, en granjas de producción de insectos, para ser destinados a la alimentación de animales.

Capítulo 1 Marco Teórico y Antecedentes

1.1. Marco Teórico

1.1.1. Proteínas

De acuerdo con Simes y Brich (2015) y Feduchi *et al* (2014), las proteínas son uno de los tipos de moléculas que constituyen a los seres vivos junto con los hidratos de carbono, lípidos y ácidos nucleicos.

Las unidades estructurales que conforman las proteínas son los aminoácidos, cuya estructura está compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y que además puede contener azufre, fósforo, hierro, magnesio, entre otros elementos. De forma más detallada, dicha estructura incluye un carbono α (-C-) unido a un grupo amino (-NH2) y a un grupo carboxilo o ácido (-COOH); esta estructura se satura mediante la unión con un hidrógeno (-H) y con un radical variable (-R) (Figura 1) (Simes *et al*, 2015) (Feduchi *et al*, 2014).

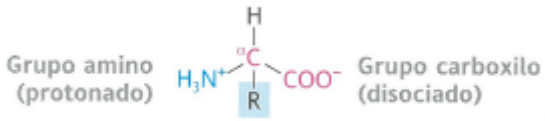


Figura 1 - Estructura de aminoácidos
Fuente: Feduchi et al (2014)

De acuerdo con el radical -R característico que se une al -C- se distinguen 20 aminoácidos diferentes, los cuales forman parte de las proteínas (Feduchi *et al*, 2014). Las unidades de aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos y las cadenas largas de aminoácidos forman las proteínas (Figura 2) (Feduchi *et al*, 2014).

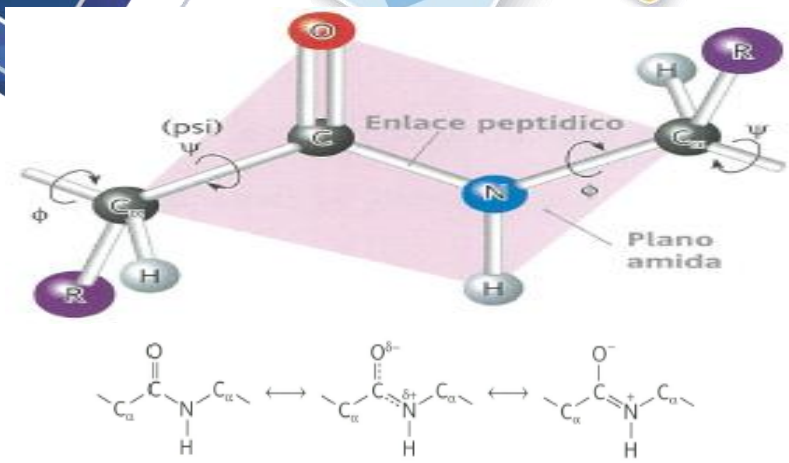


Figura 2 - Enlace peptídico
Fuente: Feduchi et al (2014)

La unión de más de 50 aminoácidos, plegados en cadenas de estructura tridimensional, da lugar a las proteínas (Feduchi *et al*, 2014). La estructura química central de todas las proteínas es una cadena lineal de aminoácidos y la secuencia específica de aminoácidos, presente en la cadena, da lugar a las diferentes proteínas (Feduchi *et al*, 2014). Las proteínas se agrupan entre ellas mismas o con otros grupos de biomoléculas para formar estructuras supramoleculares (Feduchi *et al*, 2014).

La mayor parte del peso de las células está conformada por proteínas, las cuales se encuentran en todos los órganos y tejidos cumpliendo diversas funciones vitales (Simes *et al*, 2015). Las proteínas intervienen en los procesos metabólicos, la herencia (a través del ADN), la deposición del músculo, la formación de hormonas, inmunoglobulinas y fluidos (sangre, enzimas, etc.) (Beyli *et al*, 2012). Son el principal componente de los músculos y la sangre de los animales, siendo una de las sustancias más importantes para estos organismos (Mendoza y Ricalde, 2015).

Los animales ingieren de los alimentos las grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales que requieren para su mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción y, mediante un proceso de transferencia de componentes químicos (nutrientes), éstos son asimilados en el cuerpo animal (Nutrición Animal, 2016).

1.1.2. Alimentación Animal

La cría de animales está sujeta al potencial genético de la raza, a la alimentación suministrada para hacer posible la expresión de su potencial y a las condiciones del entorno en el que se desarrollan (Palladino *et al*, 2012). La alimentación representa uno de los aspectos más importantes que determina la rentabilidad de las empresas que se dedican a la producción y reproducción animal. De acuerdo con Ramírez *et al* (2011), la alimentación supone entre el 50% y el 80% de los costos de producción, razón por la cual es importante identificar materias primas de alto valor nutritivo y a precios adecuados.

El suministro diario de alimentos que se proporciona a los animales debe contener un correcto valor nutritivo (Nutrición Animal, 2016). Ese valor se determina según el porcentaje de nutrientes de los alimentos que utilizan los animales, lo cual depende del contenido de nutrientes de los alimentos disponibles y de su digestibilidad (Nutrición Animal, 2016). El volumen de alimentos requerido diariamente depende de las características fisiológicas de cada especie, de la edad, del entorno y del propósito de crianza (Nutrición Animal, 2016).

Mediante la alimentación ingerida, tanto de material sólido como líquido, los animales satisfacen sus requerimientos nutricionales (Nutrición Animal, 2016). Como ya se dijo, los nutrientes que requieren son proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, los cuales son fuente de energía y son indispensables para la subsistencia, el crecimiento y la reproducción. Mediante el proceso de digestión el alimento se fracciona en partículas más pequeñas para que los nutrientes de los alimentos puedan ser absorbidos por los animales (Nutrición Animal, 2016).

De acuerdo con el Instituto Nacional Tecnológico (Nutrición Animal, 2016), los hidratos de carbono se transforman en fuente de energía para el cuerpo y el cerebro y ayudan a mantener la temperatura corporal; los lípidos conforman el cuerpo de la membrana celular y las hormonas, ayudan en la absorción de vitaminas liposolubles y también se convierten en material para generar energía; las proteínas, por su parte, hacen parte fundamental de la estructura de músculos, plumas, tejidos, enzimas, hormonas, etc., mientras que las vitaminas regulan las funciones del cuerpo y contribuyen a que carbohidratos, lípidos y proteínas trabajen eficientemente. Los minerales se encargan de catalizar las reacciones químicas y regular la presión osmótica, son elementos constituyentes de huesos y dientes, ayudan a la regulación de

la temperatura corporal, son componentes de enzimas y hormonas y son imprescindibles en el mantenimiento funcional de músculos y nervios.

1.1.3. Metabolismo y Síntesis de Proteínas en los Animales de Abasto

Las proteínas son una parte esencial en la formulación de la dieta animal, puesto que como se ha señalado anteriormente, son un nutriente imprescindible para el normal crecimiento y desarrollo de las funciones vitales de los animales de abasto (Schultze, 2019), ya que hacen parte fundamental de la estructura de músculos, tejidos, enzimas, hormonas, etc. Se recuerda que las proteínas que los animales consumen en los alimentos son degradadas por el organismo a aminoácidos, luego éstos son absorbidos en forma de péptido amino, para ser resintetizados finalmente como nuevas proteínas en el cuerpo. Estas síntesis y reacciones químicas se conocen como metabolismo, el cual sucede en dos etapas: catabolismo (descomposición de los materiales orgánicos de alta a baja complejidad molecular, proteínas a aminoácidos, con producción de energía) y anabolismo (síntesis de materiales orgánicos proteicos a partir de aminoácidos, usando energía) (Nutrición Animal, 2016).

En los animales la proteína se metaboliza por la acción de enzimas proteolíticas, descomponiéndola en péptidos y aminoácidos de bajo peso molecular, los cuales se absorben en el intestino delgado (Nutrición Animal, 2016). Los aminoácidos absorbidos son transportados a los tejidos, para ser sintetizados en las células de los tejidos en proteínas y conformar los músculos (Nutrición Animal, 2016).

Desde el punto de vista nutricional los aminoácidos se clasifican en aminoácidos esenciales y no esenciales (Nutrición Animal, 2016). Los aminoácidos esenciales son aquellos que los organismos monogástricos (hombre, porcinos, aves de corral, conejos y una amplia variedad de peses) no pueden producir por sí mismos y que por lo tanto los deben obtener de la dieta que consumen (Nutrición Animal, 2016). Los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos), animales poligástricos, no necesitan consumir aminoácidos esenciales ya que los microorganismos que se encuentran en el rumen (primer estómago) están en capacidad de sintetizar estos aminoácidos a partir de nitrógeno no proteico (NPN) para producir proteína bacteriana (Nutrición Animal, 2016).

Así, los rumiantes cuentan con una proporción mayor de aminoácidos disponible, originada en la proteína bacteriana sintetizada en el rumen (Unidad Integrada Balcarce, 2014). Estos animales utilizan otras fuentes de alimentos para sintetizar proteínas, debido a que los

microorganismos ruminales le permiten convertir alimento fibroso y de baja calidad (forrajes, rastrojos, subproductos industriales) y el NNP en aminoácidos que son esenciales para otras especies, los cuales sintetizan luego a proteínas (Unidad Integrada Balcarce, 2014).

Aminoácidos esenciales	**Especie**		
	Cerdo	**Humano**	**Aves**
Isoleucina	**X**	**X**	**X**
Leucina	**X**	**X**	**X**
Metionina	**X**	**X**	**X**
Triptófano	**X**	**X**	**X**
Fenilalanina	**X**	**X**	**X**
Treonina	**X**	**X**	**X**
Valina	**X**	**X**	**X**
Arginina	**X**		
Histidina		**X**	
Glicina			**X**

Tabla 2 - Aminoácidos esenciales
Fuente: Nutrición Animal (2016)

1.1.4. Consumo Proteico en Animales de Abasto

Las proteínas que consumen los animales de abasto, y que son la fuente para la síntesis de las proteínas de sus propios organismos, proceden de alimentos de tipo proteico y/o energético (Nutrición Animal, 2016). Tradicionalmente, los ingredientes más usados para proveer proteína a los animales de abasto son las harinas de pescado y soya, debido a que aportan proteína de muy buena calidad (Hidalgo y Rodríguez, 2015). Sin embargo, debido al elevado costo de éstas, éstos se han ido reemplazando, de forma parcial o total, por otros ingredientes, de origen muy diverso, los cuales, idealmente, se encuentran disponibles a nivel local, siendo éstos, en consecuencia, más baratos (Hidalgo y Rodríguez, 2015).

A continuación, se presentan las diversas fuentes de proteína disponibles para alimentación de animales de abasto:

1.1.4.1. Origen Vegetal.

1.1.4.1.1. Frutas, Verduras y Tubérculos Frescos.

Son excedentes de la producción frutihortícola, usualmente de descarte, que pueden ser usados como alimento. Tienen alto contenido de carbohidratos y proteínas y también aportan vitaminas y minerales (Beyli *et al*, 2012). Sin embargo, debido a su alto contenido de agua (70-90%) son poco nutritivos, razón por la cual no pueden ser usados como única fuente de proteína (Beyli *et al*, 2012).

1.1.4.1.2. Granos.

Los granos de cereales también son ricos en carbohidratos y proteínas y suministran adicionalmente lípidos (Nutrición Animal, 2016). La soya, por ejemplo, es rica en proteínas, mientras que el maíz, el trigo, la cebada, el arroz, el garbanzo y el sorgo son más ricos en almidón (energéticos). Por su parte el girasol y las semillas de ajonjolí son ricos en lípidos (Nutrición Animal, 2016). Estos alimentos ocupan volúmenes pequeños y, en general, ofrecen buena digestibilidad y buen valor nutritivo (Nutrición Animal, 2016).

La soya es una de las fuentes de proteína vegetal más importantes en la dieta de animales de abasto y se suministra en forma de harina de soya (Campabadal, 2009) (Schultze, 2019). De acuerdo con Schultze (2019), la soya es la principal fuente de proteína en la alimentación animal en todo el mundo, porque contiene más cantidad de proteína que otros productos. Sin embargo, el cultivo extensivo de ésta está desplazado en América otros cultivos, e incluso a la misma ganadería, y está empujando la frontera agropecuaria hacia áreas de alta biodiversidad (Brown, 2014). Así, la satisfacción de la actual demanda de soya requiere el uso de mayores extensiones de tierra para cultivo, lo que implica el cambio en el uso de la tierra y la consecuente afectación en los ecosistemas agrícolas y el medio ambiente, lo que se ve reflejado, entre otras, en la falta de agua, deforestación, afectación del ciclo nutritivo, mayores demandas de energía no renovable y uso de organismos modificados genéticamente (Martínez *et al*, 2016).

1.1.4.1.3. Pastos, Forrajes y Residuos Agrícolas.

Constituyen el principal alimento que se proporciona, en general, a los animales rumiantes, debido a que, como ya se dijo, estos animales tienen la capacidad de sintetizar proteínas a partir de alimentos fibrosos y de baja calidad, mediante la acción de los microorganismos que se encuentran en el rumen (Nutrición Animal, 2016) (Unidad Integrada Balcarce, 2014).

- Pastos: son plantas gramíneas y leguminosas que se cultivan en potreros (Nutrición Animal, 2016). Los pastos jóvenes ofrecen alta digestibilidad y valor nutritivo (en materia seca); cuando espigan y florecen disminuyen estos parámetros en tallos y hojas de pastos y los nutrientes se almacenan en el fruto (Nutrición Animal, 2016).

- Forrajes o piensos: plantas gramíneas y leguminosas cortadas, suministradas al ganado verdes, secas (heno) o procesadas (silo) (Manual de Pastos y Forrajes, 2016).

- Forrajes arbóreos y arbustivos: son árboles y arbustos fijadores del nitrógeno (N) atmosférico (Cabrera *et al*, 2019). Almacenan el N en forma de proteína cruda en su hojas, pecíolos, tallos tiernos y frutos y además suministran otros elementos indispensables para los animales (Cabrera *et al*, 2019). Tienen un mayor contenido de proteína comparado con las gramíneas (Cabrera *et al*, 2019). Algunos tienen frutos que también pueden utilizarse en la alimentación animal, por sus buenas características nutricionales (Cabrera *et al*, 2019).

Matarratón (*Gliricidia sepium*) y Pízamo (*Erythtrinafusca*) son ideales para bovinos, mientras que Nacedero (*Trichantheragigantea*) y Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) están indicados para ganado ovino, porcino, cunícola (conejos) y aves de corral (Gómez *et al*, 2002). En general, no reemplazan a la proteína de la soya pero disminuyen la dependencia de este cereal (Campabadal, 2009).

- Residuos agroindustriales: son residuos obtenidos de actividades industriales agrarias tales como la cáscara de cacao, la pulpa del café, el bagazo de caña de azúcar, la paja de arroz, la levadura de cerveza y harinas de algodón, cacahuate, coco, linaza y gluten

de maíz (Nutrición Animal, 2016) (Henao *et al*, 2012). En general, son poco digestibles y ofrecen bajo valor nutritivo (Nutrición Animal, 2016) (Henao *et al*, 2012).

1.1.4.2. Origen Animal.

Son productos que cuentan con un contenido proteico alto y un buen balance aminoacídico, incluyendo aminoácidos esenciales (Beyli *et al*, 2012). Se utilizan en bajas cantidades, en especial para su aporte de aminoácidos esenciales (Beyli *et al*, 2012). Entre ellos se cuenta con:

1.1.4.2.1. Harinas de Animales.

Carne, huesos, sangre, plumas, despojos, etc. provenientes de distintas especies como bovinos, porcinos, aves y pescado son procesados como harinas (Campabadal, 2009) (Beyli *et al*, 2012).

La harina de pescado es la fuente de proteína animal que contiene el mejor balance de nutrimentos, debido a su perfil de aminoácidos; sin embargo, dependiendo de la porción ingerida por los animales, le puede dar a la carne sabor a pescado (Campabadal, 2009). La harina de pescado se usa intensamente en la piscicultura y la alimentación de los ganados y del sector avícola, habiendo un crecimiento permanente en la demanda, lo que afecta tanto precios como disponibilidad de ésta (Visbal *et al*, 2013).

Aunque la harina de carne y hueso tiene un alto contenido de proteínas (40-42%), es más utilizada como fuente de calcio y fósforo (Campabadal, 2009). La harina de sangre es una buena fuente de proteína y aminoácidos esenciales, pero es de difícil digestión (Campabadal, 2009).

Para la alimentación proteica de conejos se ha experimentado con el uso de harina de lombriz, obteniéndose buenos resultados desde el punto de vista de costos (no desde el punto de vista de la conversión, en comparación con la alimentación a base de concentrados comerciales) (Nieves *et al*, 2001).

En Colombia, la Resolución 991 de 2001 del Instituto Colombiano Agropecuario prohíbe el uso de harinas de carne, de sangre, de hueso (vaporizadas), de carne y hueso y de despojos de mamíferos para la alimentación de rumiantes, exceptuando las harinas de hueso calcinadas o también denominadas cenizas de hueso obtenidas mediante el método de calcinación, puesto que no contienen proteínas (ICA, 2001).

1.1.4.2.2. Subproductos de la Leche – Suero de Queso.

Utilizados frecuentemente en la alimentación de cerdos, en forma seca o líquida, para suministro de caseína y lisina (aminoácido esencial), siendo el contenido de sal, dependiendo del tipo de queso de donde provenga, un limitante para su uso (Campabadal, 2009). No puede constituir el único alimento para los animales; se suministra como suplemento dietario (Beyli *et al*, 2012).

1.1.4.2.3. Subproductos Sanguíneos.

Representados en plasma porcino y células sanguíneas. Se utilizan como complemento a las proteínas vegetales (Campabadal, 2009).

1.1.4.3. Concentrados.

Pueden ser de origen animal, vegetal o mixto (Nutrición Animal, 2016) (Bermúdez *et al*, 2012). Se suministran como suplemento alimenticio sólido, energético y proteico; también como suplemento de minerales y vitaminas (Nutrición Animal, 2016) (Bermúdez *et al*, 2012). Suelen prepararse a base de melaza, gallinaza, urea (nitrógeno no proteico), cal, minerales, sal común, harinas de animales y subproductos del procesamiento de granos y/o frutos, afrecho, harina de hojas, heno molido y/o alimentos producidos en la finca que aporten nutrientes a la preparación (Nutrición Animal, 2016) (Bermúdez *et al*, 2012).

Estos alimentos ocupan volúmenes pequeños y, en general, ofrecen buena digestibilidad y valor nutritivo (Nutrición Animal, 2016).

1.1.4.4. Residuos Industriales – Residuos de Panadería y Pastelería (Galletas, Chocolates, Turrones y Golosinas).

Tienen un alto contenido de carbohidratos y, dependiendo del producto, pueden contener entre 10-12% de proteína (Beyli *et al*, 2012). Se utilizan como suplemento dietario, no como único alimento (Beyli *et al*, 2012).

1.1.4.5. Tabla Resumen.

En la *Tabla 3 Consumo proteico de animales de abasto* se presenta el resumen de la información anteriormente presentada indicando los diversos tipos de alimentos proteicos que se suministran a los animales de abasto.

Origen	Alimento	Animales de Abasto				
		Poligástricos (rumiantes)	Monogástricos			
		Bovinos, Ovinos, Caprinos	Cerdos	Aves de Corral	Conejos	Peces
Vegetal	Frutas, verduras y tubérculos	X	X		X	
	Granos	X	X	X	X	X
	Pastos	X	X			X
	Forrajes	X		X	X	
	Forrajes arbóreos y arbustivos	X	X	X	X	
	Residuos agroindustriales	X	X	X	X	X
Animal	Harinas animales mamíferos		X	X		
	Harinas animales no mamíferos	X	X	X		X
	Gallinaza	X				
	Subproductos leche		X			
	Subproductos sanguíneos		X			
Animal y/o Vegetal	Concentrados	X	X	X	X	X
Insectos	Harina			X		X

Tabla 3 - Consumo proteico en animales de abasto
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, vale la pena señalar que el alimento proteico de los animales requiere el suministro de proteína de buena calidad, entendida como aquélla que proporciona la mayor cantidad de los aminoácidos indispensables para el animal, en las cantidades mínimas

requeridas (Cabrera, 2014). En la actualidad, se cuenta con disponibilidad de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, triptófano y treonina), los cuales son suministrados en las raciones de los animales (Cabrera, 2014).

1.1.5. Insectos como Fuente de Proteína

1.1.5.1. Insectos.

De acuerdo con Zumbado y Azofeifa (2018): “los insectos incluyen las mariposas diurnas y nocturnas, las polillas, los abejones o escarabajos, las luciérnagas, los carbunclos, los picudos, los gorgojos, las avispas, abejas y hormigas, las moscas, tábanos, mosquitos, bocones y purrujas o jejenes, las crisopas, las hormigas león, los juanpalos o mariasecas, las mantis o mula del diablo, los chapulines, casipulgos, grillos, langostas y esperanzas, las termitas o comejenes, las cucarachas, las libélulas, las chicharras, las machacas y los chinches, las pulgas y niguas, y los piojos. También las orugas o “gusanos”, los jogotos, los tórsalos, los pulgones, las escamas, los trips, las queresas, y muchos otros.”

Los insectos pertenecen al Reino Animal y a su vez al Phylum Arthropoda (junto con los crustáceos (cangrejos, camarones, langostas y otros), los miriápodos (ciempiés y milpiés), los arácnidos (arañas, escorpiones, garrapatas, ácaros y otros), las arañas de mar y las cacerolas de mar) (Zumbado *et al*, 2018). Los artrópodos son organismos invertebrados provistos de antenas, partes bucales, alas y patas en números pares y articulados; su cuerpo está conformado por segmentos fusionados y especializados y poseen un esqueleto externo que soporta los músculos y que deben mudar varias veces durante su desarrollo para poder crecer (Zumbado *et al*, 2018). Ese exoesqueleto o caparazón está compuesto principalmente por quitina (Zumbado *et al*, 2018).

Los insectos se diferencian de los demás artrópodos porque su cuerpo se divide en tres regiones bien diferenciadas (Zumbado *et al*, 2018):

- Cabeza: órganos sensoriales (un par de antenas, los ojos compuestos y partes bucales).
- Tórax: locomoción (tres pares de patas articuladas y frecuentemente dos pares de alas).
- Abdomen: sistemas digestivo y reproductor.

Un sistema de tráqueas les permite la respiración, pero los insectos acuáticos obtienen el oxígeno presente en el agua mediante agallas (Zumbado *et al*, 2018).

Los insectos son animales ectotermos (sangre fría), razón por la cual no gastan energía para mantener su temperatura corporal constante, teniendo la temperatura exterior un gran impacto en su crecimiento y desarrollo (von Hackewitz, 2018). La energía que ahorran la invierten en crecimiento y desarrollo (Selaledi *et al*, 2019).

Los insectos sufren cambios sucesivos durante su desarrollo, desde el huevo hasta la edad adulta, proceso llamado metamorfosis (Zumbado *et al*, 2018) (von Hackewitz, 2018). Unos insectos sufren una metamorfosis incompleta (del huevo nace un insecto similar al adulto sin alas ni aparato reproductor funcional y, a través de mudas sucesivas, llega al estado adulto, capaz de reproducirse y volar) y otros sufren una metamorfosis completa (del huevo nace una larva, muy diferente en forma y estructura al adulto, la cual, a través de varias mudas crece y se convierte en pupa, para luego sufrir grandes transformaciones que la convierten en adulto) (Zumbado *et al*, 2018) (von Hackewitz, 2018). En los insectos de metamorfosis completa la fase larvaria es la más larga y es cuando ocurre la alimentación en gran volumen, la cual permite la conversión de los nutrientes ingeridos en proteína de alto valor (Zumbado *et al*, 2018) (von Hackewitz, 2018). Esa proteína del insecto es la que se aprovecha para la alimentación animal (Zumbado *et al*, 2018) (von Hackewitz, 2018).

El ciclo de vida de los insectos está determinado por condiciones adecuadas de temperatura, humedad relativa y alimentación (Zumbado *et al*, 2018). Temperaturas cálidas, sin ser extremas, favorecen el crecimiento y desarrollo; las temperaturas extremas ocasionan el crecimiento lento (y hasta que éste se detenga) o causan la muerte (Zumbado *et al*, 2018).

1.1.5.2. Cualidades Nutritivas y Funcionales de los Insectos.

Los insectos son un componente natural de la dieta de animales, incluyendo peces, aves, reptiles y mamíferos (Martínez *et al*, 2016).

Los insectos se alimentan de madera, cereales o desperdicios en general, con una gran eficiencia de conversión de masa ingerida a masa corporal (Martínez *et al*, 2016) (Palop *et al*, 2018). Presentan importantes cualidades nutritivas, tales como alto porcentaje de proteína, alto

contenido de ácidos grasos (mono y poliinsaturados), aporte de micronutrientes representados en minerales (principalmente cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc) y algunas vitaminas (riboflavina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico) (Martínez *et al*, 2016) (Palop *et al*, 2018). Muchas especies de insectos presentan un contenido mayor de lípidos cuando están en la etapa larval que en la edad adulta; en estos casos, cuando son suministrados como alimento a los animales de abasto, suele removerse la grasa para garantizar una mayor digestibilidad de la proteína (Schiavone y Gasco, 2019).

La proteína de los insectos es considerada buena en cantidad y calidad y también en digestibilidad; incluye todos los aminoácidos esenciales, pero, en ocasiones, ofrece cantidades bajas de metionina, cistina, treonina y arginina, en comparación con las requeridas por los animales de abasto (Palop *et al,* 2018).

De acuerdo con la IPIFF (International Platform of Insects for Food and Feed, 2019), en su documento "*Building bridges between the insect production chain, research and policymakers*" (Creando puentes entre la cadena de producción de insectos, la investigación y los formuladores de políticas), los insectos pueden ofrecer un refuerzo inmunológico en los animales de abasto debido a su contenido de componentes bioactivos tales como el ácido láurico, los péptidos antimicrobianos y la quitina. De otra parte, pueden ofrecer también un efecto prebiótico, previniendo enfermedades, debido a la presencia de oligosacáridos y/o inmunosacáridos. El contenido de ácido láurico en las larvas de los insectos presumiblemente les confiere propiedades antivirales y antibacterianas. Vale la pena señalar que parece que el alimento derivado de insectos no causa alergias en mascotas ni en animales de abasto. En los insectos se encuentra la mayor diversidad de péptidos antimicrobianos, los cuales pueden promover la digestibilidad, así como la salud intestinal, y mejorar la inmunidad y el rendimiento de crecimiento.

1.1.5.3. Cría de Insectos como Fuente de Proteína.

De acuerdo con la revisión bibliográfica adelantada, se observa que los insectos que más suministran en la alimentación animal son:

- Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)
- Mosca común (*Musca domestica*)

- Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*)
- Gusano de seda (*Bombyx mori*)
- Grillo doméstico (*Acheta domesticus*)

Estos insectos se pueden caracterizar de la siguiente manera:

1.1.5.3.1. Mosca Soldado Negra (Hermetia Illucens).

Figura 3 - Mosca soldado negra
Fuente: Chia et al, 2018

Taxonomía: pertenece al orden de los *Dipteros* y a la familia *Stratiomydae* (Zumbado *et al*, 2018).

Morfología: en su estado de larva presenta una longitud entre 10 y 40 mm y tiene color blanquecino opaco que cambia a marrón oscuro o negro durante las mudas; es de cabeza pequeña con piezas bucales; en estado adulto tiene un tamaño de 15 a 20 mm de longitud, es de color negro, con cabeza reducida, antenas largas y ojos con bandas (Zumbado *et al*, 2018). Tiene dos alas largas, translúcidas, y patas de color blanco, desde la mitad de la longitud hacia el extremo, con tres almohadillas en el extremo (Zumbado *et al*, 2018). Se asemeja a la abeja, pero no tiene aguijón (Reinoso, 2016).

Ciclo de vida: la mosca soldado negra sufre una metamorfosis completa; la hembra pone alrededor de 600 huevos, los cuales requieren de 3 a 4 días para pasar al estado larvario (Segura, 2014). La larva madura en un período entre 13 y 18 días, haciendo de 6 a 7 mudas,

para convertirse en pupa (Segura, 2014). El estado de pupa dura aproximada de 10 días (Segura, 2014). Los adultos sólo tienen de 5 a 8 días para aparearse y desovar (Segura, 2014).

Localización y hábitat: la mosca soldado negra se encuentra distribuida a nivel global por todo el mundo (Zumbado *et al*, 2018) (FAO, 2013). Puede ser encontrada en diversos hábitats en donde haya materia vegetal en descomposición; las larvas son descomponedoras de materia orgánica (estiércol, desechos vegetales, subproductos agroindustriales y despojos de pescado), pero no comen plantas ni vegetales vivos (Zumbado *et al*, 2018) (FAO, 2013).

En el estado adulto la mosca soldado negra se alimenta del néctar de las flores, no pica ni transmite enfermedades, pues no tiene ningún tipo de parásitos (Reinoso, 2016).

1.1.5.3.2. Mosca común (*Musca domestica*)

Figura 4 - Mosca común
Fuente: Zumbado et al, 2018

Taxonomía: pertenece al orden de los *Dipteros* y a la familia *Muscidae* (Zumbado *et al*, 2018).

Morfología: las larvas son de color pálido y tienen una longitud de 3 a 9 mm y no cuentan con patas (Zumbado *et al*, 2018). En su estado adulto son de tamaño variable (5 a 8 mm de longitud), de coloración gris en su tórax y abdomen amarillo; todo su cuerpo está cubierto de vellos (Zumbado *et al*, 2018). Sus ojos son compuestos y de color generalmente rojo (Zumbado *et al*, 2018).

Ciclo de vida: la mosca común sufre una metamorfosis completa; la hembra pone entre 100 y 150 huevos y de ellos salen las larvas en el transcurso de un día (Ochipinti *et al*, 2009). Después de seis días las larvas se convierten en pupas (Ochipinti *et al*, 2009). Al cabo de una semana las pupas se convierten en moscas adultas (Ochipinti *et al*, 2009). Tres días después comienza a poner huevos, con lo que empieza el ciclo de nuevo (Ochipinti *et al*, 2009).

Localización y hábitat: es la mosca más común en todo el mundo, aunque se desarrolla principalmente en ambientes tropicales (Zumbado *et al*, 2018) (Heuzé y Tran, 2015). Las larvas son mayormente saprófagas y coprófagas, desarrollándose en diversos sustratos (excrementos, carroña, hongos en descomposición, basura, materia vegetal fresca o en descomposición, desagües, barros y nidos de aves y animales) (Zumbado *et al*, 2018) (Heuzé y Tran, 2015).

Esta mosca tiene un rol ecológico como descomponedora de materia orgánica, participando en el reciclaje de nutrientes (Zumbado *et al*, 2018) (Heuzé y Tran, 2015). En su estado adulto es una plaga y un importante vector de enfermedades como el cólera, disentería, salmonelosis y otras más, ya que se alimentan de estiércol y desechos orgánicos en descomposición (Zumbado *et al*, 2018) (Heuzé *et al*, 2015).

1.1.5.3.3. Gusano de la Harina (Tenebrio Molitor).

Figura 5 - Gusano de la harina
Fuente: Siemianowska et al, 2013

Taxonomía: pertenece al orden *Coleoptera* y a la familia *Elateridae* (Zumbado *et al*, 2018).

Morfología: las larvas son de color amarillo-marrón, cuentan con pequeñas patas toráxicas, pesan entre 130 y 160 mg y tienen entre 2,0 cm y 3,2 cm, mientras que los escarabajos adultos miden 2 cm de largo o menos, siendo estos últimos de cuerpo negro, alargado, aplanado, con extremos redondeados y antenas cortas (Zumbado *et al*, 2018). En su estado adulto el gusano de la harina (escarabajo) no vuela (Zumbado *et al*, 2018).

Ciclo de vida: el gusano de la harina sufre una metamorfosis completa; la hembra pone entre 400 y 500 huevos que eclosionan en larvas a los 5-6 días a temperatura entre 25 y 35°C

(SAMSA) (Tran *et al*, 2019). Las larvas del gusano de la harina pasan entre 8 y 20 mudas durante un período de 3 a 4 meses y puede durar hasta 18 meses cuando la temperatura es muy baja (SAMSA) (Tran *et al*, 2019). A temperatura de 25°C la pupa se transforma entre 7 y 9 días en un escarabajo de entre 1,25 y 1,8 cm de largo; a temperaturas más bajas esta fase puede durar hasta 20 días (SAMSA) (Tran *et al*, 2019). Un escarabajo vive de 2 a 3 meses (Tran *et al*, 2019).

Localización y hábitat: está extendido prácticamente por todo el planeta, en áreas en las que está ligado al hombre (Zumbado *et al*, 2018) (Tran *et al*, 2019). Se encuentran entre piedras y troncos o en almacenes de grano, cuando se encuentra en libertad (Zumbado *et al*, 2018) (Tran *et al*, 2019). Son insectos descomponedores que en estado silvestre se alimentan de insectos muertos o heces, aparte de plantas, cereales, semillas y hojas caídas, así como de productos animales como carne y plumas (Zumbado *et al*, 2018) (Tran *et al*, 2019).

Debido a que los escarabajos adultos no vuelan, no hay riesgo de que se conviertan en plagas razón por la cual es más segura su cría (Zumbado *et al*, 2018). Sin embargo, tanto larvas como adultos, puede llegar a ser una plaga de granos, harina y tiendas de productos alimenticios (Tran *et al*, 2019).

1.1.5.3.4. Larva del Gusano de Seda (Bombyx Mori).

Figura 6 - Gusano de seda
Fuente: Walker, 2019

Taxonomía: pertenece al orden *Lepidoptera* y a la familia *Bombycidae* (Fiallo *et al*, 2007) (Heuzé *et al*, 2017).

Morfología: los huevos son ovalados y de color amarillo claro; pasan por coloración grisácea, violeta y verde en el proceso de eclosión; son de 1 a 1.5 mm de largo y pesan 0,5 g (Fiallo *et al*, 2007) (Heuzé *et al*, 2017). En su etapa larval el gusano alcanza una longitud de hasta 8 cm y 10 g de peso, siendo la oruga de color blanco o amarillo claro con 12 segmentos separados y 8 pares de patas (Fiallo *et al*, 2007) (Heuzé *et al*, 2017). Para transitar por la etapa

pupal, la oruga fabrica alrededor de su cuerpo un capullo de hilo de seda de color blanco, amarillo, naranja o rosado el cual se solidifica al contacto con el aire (Fiallo *et al*, 2007) (Heuzé *et al*, 2017). En la etapa adulta es una mariposa de color beige, que cuenta con dos pares de alas cubiertas con escamas y tiene 4 cm de envergadura; su cuerpo está recubierto de pelo (Fiallo *et al*, 2007) (Heuzé *et al*, 2017).

Ciclo de vida: el gusano de seda sufre una metamorfosis completa (Fiallo *et al*, 2007). La hembra pone alrededor de 120 huevos de color amarillo claro que requieren entre 3 y 10 días de incubación (Fiallo *et al*, 2007). La etapa larval dura entre 28 días y 8 semanas y comprende cuatro mudas; la larva se conoce con el nombre de oruga (Fiallo *et al*, 2007). La etapa de pupa, en la que la oruga permanece dentro del capullo (crisálida), dura entre 10 y 20 días, dependiendo de la temperatura, después de los cuales surge la mariposa (Fiallo *et al*, 2007). En ocasiones, la fase de pupa también puede suceder sin que la oruga haya fabricado el capullo, entonces la metamorfosis se realiza al descubierto, pero con menor probabilidad de supervivencia (Fiallo *et al*, 2007). Su etapa adulta tiene una duración entre tres a quince días. Su ciclo de vida dura entre 50 y 60 días (Fiallo *et al*, 2007).

Localización y hábitat: se cría en muchas regiones del mundo, siendo originario del norte de la India, China, Corea, Japón y oriente de Rusia (Heuzé *et al*, 2017). No se encuentra en estado salvaje porque en su domesticación las polillas perdieron la capacidad de volar, de tal manera que la conservación de este insecto depende de las explotaciones de seda y los laboratorios científicos y de colegios (Heuzé *et al*, 2017). Es un insecto herbívoro que consume únicamente, durante la etapa larval, hojas de árboles del género *Morus* (morera) y ocasionalmente puede comer lechuga y ortiga (Heuzé *et al*, 2017).

Los capullos que fabrica la oruga, al ser sumergidos en agua tibia se descomponen en filamentos finos de los cuales se obtiene la seda (Fiallo *et al*, 2007).

1.1.5.3.5. Grillo Doméstico (Acheta Domesticus).

Figura 7 - Grillo doméstico
Fuente: Jacobson, 2014

Taxonomía: pertenece al orden *Ortoptera* y a la familia *Gryllidae* (Kulzer, 1998) (Ceibal).

Morfología: de color café oscuro, tiene forma cilíndrica y su longitud está entre los 16 y los 30 mm, siendo los machos más pequeños (Kulzer, 1998) (Ceibal). Cuenta con dos pares de alas, que le sirven para volar: las traseras son más largas que su cuerpo y parecen una cola (Kulzer, 1998) (Ceibal). En los machos, la fricción del primer par de alas genera un sonido que atrae a las hembras. Los dos primeros pares de patas son caminadores y el último le sirve para saltar (Kulzer, 1998) (Ceibal). Sus antenas pueden tener la misma longitud que su cuerpo (Kulzer, 1998) (Ceibal).

Ciclo de vida: el grillo doméstico sufre una metamorfosis incompleta (Figura 8) (Kulzer, 1998) (Ceibal) (von Hackewitz, 2018). La hembra deposita en promedio 30 huevos y entre 11 y 15 días después nacen las ninfas (estado juvenil de los insectos con metamorfosis incompleta: similares a los adultos, aunque más pequeños que éstos y con órganos en desarrollo) (Kulzer, 1998) (Ceibal) (von Hackewitz, 2018). La ninfa requiere entre 6 y 8 semanas hasta convertirse en un grillo adulto, pasando por entre 7 y 10 mudas (Kulzer, 1998) (Ceibal) (von Hackewitz, 2018).

Figura 8 - Metamorfosis incompleta
Fuente: Torrens, 2018

Localización y hábitat: nativo del sudoeste asiático, se expandió inicialmente por el sur de Europa, norte de África y resto de Asia, y en la actualidad se encuentra disperso por todo el mundo (Kulzer, 1998) (Ceibal) (von Hackewitz, 2018). Se alimenta de hojas, tallos e insectos y habita en jardines o en cuevas que cava en el suelo, o vive bajo piedras, troncos y hojas (Kulzer, 1998) (Ceibal) (von Hackewitz, 2018).

Se cría con el fin de alimentar mascotas, reptiles, aves, anfibios y artrópodos insectívoros (Ceibal).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Inicios de la Producción de Insectos como Fuente de Proteína para Alimentación Animal

Como ya se dijo, los insectos son un componente natural de la dieta de animales, incluyendo peces, aves, reptiles y mamíferos. Gatos y perros cazan y comen insectos (Martínez *et al*, 2016). Los insectos son también fuente de alimento para pequeños gatos salvajes (Martínez *et al*, 2016). Los insectos son fuente natural de alimento para muchos peces y aves de corral; los pollos buscan gusanos y larvas para alimentarse cuando se encuentran a campo abierto y los gusanos son usados como cebo en la pesca (FAO, 2013).

La cría de insectos como fuente de proteína para alimentar animales se inició con la producción de insectos para la obtención de proteína destinada a la nutrición de mascotas exóticas, tales como erizos y dragones barbudos, los cuales necesitan comer insectos como parte de su dieta (agriNews, 2017). Los insectos también se empezaron a criar como solución de suministro de proteína en las explotaciones de peces y aves (Ferrer, 2017).

1.2.2. Producción de Insectos como Fuente de Proteína para Alimentación Animal

Los insectos tienen cada vez mayor presencia en la cadena agroalimentaria y son usados en la producción de piensos a gran escala (Martínez *et al*, 2016).

1.2.2.1. Unión Europea.

El Reglamento de la Unión Europea UE 2015/2283 estimuló la cría de insectos y el aprovechamiento de productos derivados, mientras que el Reglamento de la Unión Europea UE 2017/893 modificó los Reglamentos CE 999 de 2001 y UE 142 de 2011, haciendo posible la obtención de proteína animal destinada a la alimentación animal procedente de los insectos (Ferrer, 2017). La explotación de insectos destinada a la alimentación animal permite el aprovechamiento de las propiedades nutritivas de aquellos y redunda en un bajo impacto ecológico y económico en el proceso de producción (Palop *et al,* 2018).

Ferrer, en *Los insectos podrán emplearse como fuente de proteína para alimentación animal* (2017), señala que las especies de insectos que actualmente se crían y cumplen los criterios de seguridad establecidos para la producción de insectos destinados a la alimentación animal en la UE son:

- Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)
- Mosca común (*Musca domestica*)
- Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*)
- Escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*)
- Grillo doméstico (*Acheta domesticus*)

1.2.2.2. Otros Países.

Investigadores brasileños y de Camerún sustituyeron parte de las raciones a base de soya de la alimentación de pollos, bovinos, porcinos, caprinos y ovinos, por insectos, comprobando que es posible sustituir gradualmente la dieta a base de harina de pescado y salvado de soya por una apoyada con insectos (agriNews, 2018). Su estudio permitió corroborar que el perfil de aminoácidos de la harina de insectos es similar a la de la harina de pescado (agriNews, 2018).

Productores en China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos están criando grandes cantidades de moscas para la acuicultura y piensos de aves de corral a través de la bioconversión de residuos orgánicos (Martínez *et al*, 2016).

A nivel mundial se llevan a cabo múltiples intentos y estudios con el propósito de sustituir en la alimentación de los animales de abasto, total o parcialmente las proteínas tradicionales de las dietas por insectos.

1.2.2.3. Colombia.

En Colombia, Juan Pablo Ospina es el creador de la iniciativa Emerge, en Caldas, iniciativa que aún está en etapa de desarrollo (Semana, 2018). Con ella se pretende aprovechar el valor alimenticio de los insectos en la alimentación de animales (Semana, 2018). En Colombia no se identifican más emprendimientos de este tipo, exceptuando el emprendimiento Bichopolis, en Cundinamarca, que cultiva un tipo de insecto para combatir plagas que afectan a los cultivos de flores en la Sabana de Bogotá y Arthrofood, también en Cundinamarca, que produce harina de grillo como iniciativa encaminada a combatir la desnutrición en población infantil (Semana, 2018).

Capítulo 2 Marco Legal

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es el encargado de controlar la elaboración, comercialización y uso de alimentos, aditivos y sales mineralizadas, utilizados en la alimentación animal, con el objeto de que los productores cuenten con comestibles de buena calidad y prevenir problemas zoosanitarios en las especies animales, así como garantizar la inocuidad del producto final.

De acuerdo con la revisión bibliográfica adelantada en el portal del ICA, en Colombia, mediante la Resolución 991 de 2001 del ICA, se prohíbe el uso de harinas de carne, de sangre, de hueso (vaporizadas), de carne y hueso y de despojos de mamíferos como materia prima para la alimentación de rumiantes. Sin embargo, no se encontró ninguna autorización o restricción legislativa en el uso de proteínas de insectos para la elaboración, comercialización y uso de alimentación animal.

Cabe señalar que en muchos países desarrollados está prohibido alimentar con residuos, estiércol líquido o desechos alimentarios a los animales, incluidos los insectos, sin considerar que estos sustratos son fuente normal en la alimentación de los insectos (FAO, 2013), lo que afecta directamente las condiciones de producción de insectos.

Capítulo 3 Propuesta de Alternativas de Producción de Proteína para Alimentación Animal a Partir de Insectos en Colombia

3.1. Insectos que se Producen a Nivel Mundial para la Alimentación Animal

A continuación, se presentan los resultados de la revisión bibliográfica de publicaciones recientes con relación a la producción, valor proteico y uso de insectos cultivados mundialmente y descritos en la sección 5 de ese documento *Marco Teórico y Antecedentes*, así como las ventajas y desventajas que se pueden presentan cuando son criados para alimentar animales de abasto.

3.1.1. Larva de la Mosca Soldado Negra (Hermetia illucens)

Producción: el estado más aprovechable de la mosca soldado negra para la alimentación animal es el estado larvario (Tran *et al*, 2015). Las larvas de la mosca soldado negra se crían en sustratos de materia orgánica (estiércol de cerdo, aves de corral, etc., desechos vegetales, subproductos agroindustriales como pulpa de café y despojos de pescado) (Tran *et al*, 2015). Cada larva consume de 25 a 500 mg de sustrato al día (Tran *et al*, 2015). En 1 kg de estiércol crecen aproximadamente 1000 larvas de mosca soldado negra (FAO, 2013), las cuales son capaces de digerir más de 15 kilogramos por día por metro cuadrado de superficie de alimentación del sustrato en cuestión (Reinoso, 2016). El sustrato debe ofrecer una estructura suficiente (viscosidad) que permita el desplazamiento entre ésta, el fácil consumo, así como el suministro adecuado de oxígeno (Tran *et al*, 2015). El rango óptimo de temperatura está entre 29 y 31ºC y de humedad relativa entre 50 y 70%. (Tran *et al*, 2015)

Las instalaciones de cría utilizan un depósito en el que se encuentra el sustrato; en un extremo del depósito se cuenta con una rampa a la que las larvas trepan hasta llegar al borde superior (en su estado de prepupa las larvas buscan un lugar seco para completar su metamorfosis), para finalmente terminar en un recipiente de recolección ubicado al final de la rampa (Tran *et al*, 2015). Este sistema es conocido como sistema de auto cosecha (Tran *et al*, 2015).

En un invernadero se mantiene una colonia de moscas adultas reproductoras, el cual debe contar con temperaturas entre 24 y 40°C y humedad relativa entre 30 y 90%, óptimas para el apareamiento y la oviposición (Tran *et al*, 2015).

En condiciones adecuadas de alimentación, temperatura y humedad, un ciclo de engorde toma 15 días, cosechándose larvas de 0,25 g y el sustrato se reduce hasta un 70% (base de materia seca) (Tran *et al*, 2015).

Las larvas de la mosca soldado negra también pueden ser alimentadas con despojos de pescado para aumentar el contenido de lípidos y de ácidos grasos omega-3 (Veldkamp *et al*, 2012) (Makkar *et al*, 2014).

Valor proteico: el análisis nutricional de la larva de la mosca soldado negra, base en peso seco, indica un contenido de proteína entre 37 y 57% y 35% de lípidos (Martínez *et al*, 2016) (Reinoso, 2016).

Uso en alimentación animal: la harina de las larvas de la mosca soldado negra es utilizada como componente de la dieta alimenticia de bovinos, cerdos, pollos y gallinas, peces (trucha, tilapia, bagre y salmón) y crustáceos (langostino de agua dulce), aprovechándose como proteína baja en grasa (Zumbado *et al*, 2018) (FAO, 2013) (Makkar *et al*, 2014). Las larvas se usan vivas o secas, enteras o picadas, y molidas en presentación de harina (Zumbado *et al*, 2018) (FAO, 2013) (Makkar *et al*, 2014).

Ventajas que representa:

- Se encuentra distribuida a nivel global alrededor del mundo (Zumbado *et al*, 2018), lo que refuerza su potencial para ser tenida en cuenta en la producción de insectos para la alimentación animal.
- Solución a múltiples problemas ambientales: las larvas de la mosca soldado negra son descomponedoras de materia orgánica (Martínez *et al*, 2016), lo que contribuye al procesamiento biológico de residuos orgánicos, siendo el compost resultante un abono rico en nutrientes. En el estiércol reduce el contenido de fósforo (P) entre 61 y 70% y el de nitrógeno (N) entre 30 y el 50% (FAO, 2013), con lo cual se puede reducir la contaminación de tierras y aguas. Adicionalmente, elimina las bacterias patógenas del estiércol y contribuye a la reducción o eliminación de los malos olores producidos por la descomposición de éste (FAO, 2013).

- Contribuye a fortalecer la microbiota intestinal de la trucha arcoíris mediante el aporte de bacterias probióticas y tiene efectos antibacterianos contra *Dstreptococci* en cerdos (IPIFF, 2019).
- Cuando se prensan las larvas de la mosca soldado negra para extraerles la grasa (con el fin de suministrar proteína baja en grasa a los animales de abasto), la grasa resultante puede ser usada como biodiesel (Zumbado *et al*, 2018).
- La mosca soldado negra adulta no es atraída por los hábitats y alimentos humanos, razón por la cual no representa una molestia para el ser humano (FAO, 2013), además de que no pica ni es portadora de enfermedades (Tran *et al*, 2015).
- Ellas reducen entre el 94 y 100% el número de moscas domésticas y previene el crecimiento de sus colonias (Reinoso, 2016) (FAO, 2013) (Veldkamp *et al*, 2012).

Desventajas que representa:

- Las larvas de mosca soldado negra presentan deficiencia de aminoácidos esenciales (metionina y cistina y treonina), razón por la cual éstos deben ser suplementados en las dietas que así lo requieran (Makkar *et al*, 2014).
- En zonas de estaciones climáticas o de temperaturas no muy cálidas, la cría de la mosca soldado negra puede consumir mucha energía, por la necesidad de garantizar temperaturas óptimas que aseguren ciclos de vida eficientes (Tran *et al*, 2015).
- Para que el uso de larvas de mosca soldado negra sea más apta para la alimentación de animales de abasto se requiere una tecnología de cosecha de las larvas más sofisticada que la auto cosecha, mediante la cual se consiga hacer de manera eficiente la cosecha en un estado anterior al de prepupa, en el que el cuerpo de la larva no tenga un alto contenido de quitina, pues ésta es de difícil digestión para los animales (Maquar *et al*, s.f.).

3.1.2. Larva de la Mosca Común (Musca domestica)

Producción: el estado más aprovechable de la mosca común para la alimentación animal es el estado larvario (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014). Las larvas de la mosca común ponen los huevos en sustratos húmedos (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014). Se usa como sustrato el estiércol de aves de corral, pero también se usa el salvado de trigo, el estiércol de cerdo, sangre de ganado con contenido ruminal o intestinal, tripas de pescado con

mezcla de huevo, desechos de origen animal con salvado de trigo (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014). 450 gramos de estiércol fresco pueden alimentar a 1500 larvas (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014). La temperatura óptima para el desarrollo de las larvas está en el rango de 25 a 30°C y el rango de humedad varía entre 60 y 75% (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014).

Para la cría se llenan tanques con estiércol y se riega regularmente con agua para mantener el estiércol húmedo y atraer a las moscas (Heuzé *et al*, 2015). Los gusanos se cosechan por flotación (el estiércol se mezcla con agua; las larvas flotan y se recolectan con un tamiz) o por detección (el estiércol se extiende en una capa delgada sobre un tamiz colocado sobre un recipiente bajo la luz; las larvas intentan escapar de la luz a través de un filtro y caen al recipiente) (Heuzé *et al*, 2015). Las larvas cosechadas se lavan (mueren en agua tibia o caliente), se secan y muelen (Heuzé *et al*, 2015).

Valor proteico: las larvas de la mosca común tienen un contenido de 54% de proteína, en peso seco, pero éste puede variar entre el 40 y el 60% (FAO, 2013) (Makkar *et al*, 2014). Su contenido de lípidos varía entre el 9 y el 26% (Makkar *et al*, 2014). Las larvas mayores presentan menor contenido de proteínas y mayor de lípidos (Makkar *et al*, 2014).

Uso en alimentación animal: las larvas de mosca doméstica son utilizadas como fuente de proteína en la nutrición de aves de corral, peces y crustáceos (FAO, 2013). Generalmente se suministran secadas al sol o en horno y molidas, en presentación de harina; también pueden suministrarse frescas a aves de corral y peces, bien sea enteras o picadas (Heuzé *et al*, 2015) (Makkar *et al*, 2014).

Ventajas que representa:

- Las larvas de la mosca común son útiles para convertir desechos en biomasa valiosa rica en proteínas y grasas (Zumbado *et al*, 2018).
- Se reproducen y desarrollan predominantemente en ambientes tropicales (FAO, 2013).
- Cantidades relativamente pequeñas de sustrato sirven para obtener grandes poblaciones de moscas (Heuzé *et al*, 2015).
- La inclusión de harina de larva de mosca doméstica en la dieta de cerdos contribuye a disminuir cuadros de diarrea (IPIFF, 2019).

- La producción de larvas de mosca común puede contribuir a procesar masas de estiércol acumuladas, lo que representa una posible solución para el manejo de desechos en explotaciones en donde se producen animales de abasto (FAO, 2013) (Heuzé *et al*, 2015).

Desventajas que representa:

- Las larvas de la mosca común presentan una alta variabilidad de la composición nutricional, debido, en parte, al procesamiento que se haga de ellas (vivas, secadas al sol o en horno, molidas, picadas, etc.) (Makkar *et al*, 2014).
- La mosca común adulta es un importante vector de enfermedades como el cólera, disentería, salmonelosis y otras más (Zumbado *et al*, 2018), lo que implica que su producción se realice bajo condiciones muy controladas que prevengan una plaga indeseada (Veldkamp *et al*, 2012). Separar la cría de las larvas de la de la mosca adulta resuelve este inconveniente (Veldkamp *et al*, 2012).
- Debido a lo anterior, existen inquietudes bacteriológicas y micológicas para la inclusión de la harina de sus larvas en dietas animales (FAO, 2013).

3.1.3. Gusano de la Harina (Tenebrio molitor)

Producción: como sucede en los casos de la mosca soldado negra y la mosca común, el estado más aprovechable del gusano de la harina, para la alimentación animal, es el estado larvario (Tran *et al*, 2019) (Mendaza, 2017). En las explotaciones de producción del gusano de la harina, la hembra pone los huevos en el sustrato que se encuentra en el fondo del recipiente donde se crían las larvas, las cuales se alimentan con salvado o harina de trigo, avena o maíz, a lo cual se le agregan frutas y verduras frescas para proporcionar humedad (Tran *et al*, 2019) (Mendaza, 2017). La dieta puede ser complementada con proteínas (harina de soja, la leche desnatada en polvo o levadura) para garantizar el contenido proteico adecuado, así como tasas adecuadas de aumento de peso, conversión alimenticia, tiempo de desarrollo y mortalidad (Tran *et al*, 2019) (Mendaza, 2017). Las condiciones óptimas para la producción del gusano de la harina son temperaturas entre 25 y 28ºC y humedad relativa entre 60 y 75% (Tran *et al*, 2019) (Mendaza, 2017).

En la producción del gusano de la harina frecuentemente se administra en el alimento una hormona juvenil para evitar que las larvas lleguen al estado adulto, para cosechar gusanos enormes de la harina con peso de hasta 300 mg (Tran *et al*, 2019).

Valor proteico: el contenido de proteínas del gusano de la harina es de 20% en peso fresco y del 53% en peso seco (Mendaza, 2017).

Uso en alimentación animal: las larvas se producen industrialmente para alimento de mascotas, animales de zoológico como peces tropicales, aves, reptiles, batracios y pequeños mamíferos insectívoros, así como para la acuacultura (bagre africano, dorada, trucha arcoíris, lubina europea) y la avicultura (Zumbado *et al*, 2018) (Tran *et al*, 2019) (FAO, 2017) (Makkar *et al*, 2014). Usualmente se suministran como alimento vivo y también se venden enlatados, secos o en harina (Tran *et al*, 2019).

Ventajas que representa:

- Los gusanos de la harina son fáciles de criar en cautiverio y tienen un valioso perfil de proteínas (Tran *et al*, 2019) (Mendaza, 2017).
- Pueden ser alimentados con desechos orgánicos vegetales, contribuyendo al aprovechamiento de desechos de las agroindustrias (Mendaza, 2017).
- Alto potencial para sustituir antibióticos en pollos de engorde al reducir significativamente la población de *E. coli* y *Salmonella* en el ciego (IPIFF, 2019).
- La inclusión de harina de gusano de la harina en la dieta de cerdos, así como la del gusano de la harina gigante, contribuye a disminuir cuadros de diarrea (IPIFF, 2019).
- No hay riesgo de que se conviertan en plagas que emigren a otros lugares, puesto que los escarabajos adultos no vuelan (Zumbado *et al*, 2018).
- El gusano de harina come plástico, razón por la cual puede ser una solución para la digestión de desechos (Jordan, 2015).

Desventajas que representa:

- La calidad de la proteína del gusano de harina es similar a la de la harina de soya, pero el contenido de metionina es limitante para aves de corral (Makkar *et al*, 2014).
- El contenido de calcio (Ca) también es bajo lo que implica un problema en las dietas avícolas (Makkar *et al*, 2014).
- En zonas de estaciones climáticas o de temperaturas no muy cálidas, la cría del gusano de la harina puede consumir mucha energía para garantizar temperaturas óptimas

que redunden en ciclos de vida cuya duración permita un proceso eficiente (Tran *et al*, 2015).

-

3.1.4. Gusano de Seda (Bombyx mori)

Producción: el gusano de seda es aprovechado en la alimentación animal en su estado larval y de crisálida (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017). La producción del gusano de seda se hace en cajas, siendo ésta la unidad de medida internacional (20.000 huevos en 12m^2) (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017). Los huevos son depositados en la caja; de ellos emergen a los 3 días las larvas de 3mm de longitud (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017). La larva se desarrolla óptimamente a temperaturas entre 23 y 32°C, humedad relativa entre 65 y 80%, consumiendo preferiblemente hoja de morera (300-500 kg de hojas de morera/caja de gusanos), aunque ocasionalmente puede comer lechuga y ortiga, habiendo también disponibles dietas artificiales concentradas (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017). Cuando la oruga se ha desarrollado completamente, a los 28 días, deja de comer y se dirige hacia los encapulladores o rodalinas que se encuentran localizados encima de las cajas; allí la oruga conforma el capullo con un filamento continuo de 1.000 a 1.500 m de longitud (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017). Una semana después de iniciada la etapa de pupa se cosechan las crisálidas, sin permitir que se termine el ciclo de vida total del gusano de seda, aprovechándose la pupa para la nutrición animal y el capullo para la obtención de la seda (Fiallo *et al*, 2007) (García, J., 1999) (Pizo, 2019) (Heuzé *et al*, 2017).

Valor proteico: de acuerdo con Rodríguez, Pino, Ángeles, García, Barrón y Callejas (2016) el contenido de proteínas en las pupas es de 64% en base seca, mientras que las larvas ofrecen 63% de proteína. El contenido de lisina y de metionina es más alto que el de otros insectos (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014) (Rodríguez *et al*, 2016).

Uso en alimentación animal: debido a su alto contenido proteico, la harina de pupas de gusano de seda es apta para la alimentación de aves de corral (pollos de engorde, gallinas ponedoras), cerdos, conejos, peces (carpa común, púa plateada, tilapia de Mozambique, salmón chum, barge asiático y bagre caminando, lubina japonesa) y crustáceos, así como para rumiantes (terneros, corderos) (Heuzé *et al*, 2017).

Ventajas que representa:

- El contenido de lisina y de metionina es más alto que el de otros insectos (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014) (Rodríguez *et al*, 2016).
- En Colombia es posible hacer entre 9 y 18 crías al año ya que hay disponibilidad de morera durante todo el año, a diferencia de los países de estaciones (Fiallo *et al*, 2007).
- Las pupas de gusanos de seda son material de desecho o subproducto de la producción de la seda, las cuales son aprovechadas como alimento para animales de abasto (Heuzé *et al*, 2017).
- Es un tipo de oruga que ofrece una relativa facilidad para la cría y las polillas que se producen no vuelan (Fiallo *et al*, 2007).

Desventajas que representa:

- En la etapa larval consume preferiblemente sólo hoja de morera (Heuzé *et al*, 2017).
- Se deduce que el uso de las larvas del gusano de seda para la alimentación animal trunca de manera prematura el ciclo de vida del gusano de seda desaprovechando su potencial para la producción de seda.
- Durante el proceso de degradación de las pupas de gusanos de seda se produce un olor desagradable, originado en la alimentación con la morera (Heuzé *et al*, 2017).
- Ya no se encuentra en estado salvaje; su conservación depende de las explotaciones de seda y los laboratorios científicos y de colegios (Heuzé *et al*, 2017).

3.1.5. Grillo Doméstico (Acheta domestius)

Producción: el grillo doméstico se aprovecha para la alimentación animal en su estado adulto, bien sea vivo o en harina (Apolo *et al*, 2015) (von Hackewitz, 2018). Después de aparearse, los grillos hembras ponen sus huevos en un área provista para la cría con un sustrato que puede ser vermiculita, arena marina o arena de río, tierra esterilizada comercial para plantas ornamentales o piedra porosa volcánica (Apolo y Iannacone, 2015). La cría se efectúa en jaulas provistas de bebedero, comedero, nidos para grillos y escondites, con los cuales se aumenta la capacidad de cada jaula para contener más grillos; la cantidad de grillos adultos que puede contener cada jaula depende de la capacidad en litros de cada jaula (Apolo *et al*, 2015). Se pueden criar aproximadamente 2.000 grillos domésticos en 1 m^2 (Makkar *et al*,

2014). En la fase de cosecha los adultos son seleccionados, transferidos a un recipiente que se ubica en un congelador con temperatura bajo cero durante dos días para matarlos y preservar su estructura (von Hackewitz, 2018). El grillo doméstico requiere alimento para pollos con alto contenido de proteínas, granos o concentrado específico formulado para grillos (sin medicamentos, hormonas, etc.), agua (líquida o en frutas y verduras frescas), vitaminas y minerales (Apolo *et al*, 2015) (von Hackewitz, 2018). También pueden alimentarse con ciertos tipos de desechos orgánicos (residuos de verduras y cereales y malezas, finamente rayados, molidos o pulverizados) (Apolo *et al*, 2015) (von Hackewitz, 2018).

Aunque el grillo doméstico puede criarse en temperaturas entre 20 y 35°C (Apolo *et al*, 2015), la etapa adulta de un día, momento en el cual cuenta con el mayor contenido de proteína, se alcanza más rápido a una temperatura de crianza entre 28 y 30°C (von Hackewitz, 2018). La humedad relativa para los grillos domésticos debe ser estar entre 50 y 60% (von Hackewitz, 2018).

Valor proteico: el grillo doméstico tiene un contenido de proteína entre 55 y 67%, en peso seco, uno de los más altos contenidos de proteínas de insectos criados para alimentación animal (von Hackewitz, 2018) (Makkar *et al*, 2014). El más alto contenido de aminoácidos y proteínas lo tiene el grillo adulto de un día (von Hackewitz, 2018) (Makkar *et al*, 2014).

Uso en alimentación animal: se utilizan principalmente como fuente de alimento para animales insectívoros en cautiverio (mascotas domésticas o animales en zoológicos reptiles y anfibios) (Lundry y Parrela, 2015). En la actualidad, está siendo estudiado su uso para alimentación de animales de abasto (Makkar *et al*, 2014).

Ventajas que representa:

- Es un animal prolífico, pacífico (a diferencia de otros grillos que son muy territoriales) y se cultiva con relativa facilidad (von Hackewitz, 2018).
- Su contenido de lípidos es menor que el de los insectos que sufren metamorfosis completa (variable entre 5% y 20%, en peso seco), al igual que el contenido de quitina comparado con el gusano de la harina (Lundry *et al*, 2015).

Debido a que el grillo doméstico sufre una metamorfosis incompleta, la composición de aminoácidos es bastante constante si se compara el contenido entre ninfas y adultos y entre ejemplares alimentados con diferentes dietas (von Hackewitz, 2018).

Desventajas que representa:

El *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) puede causar altas tasas de mortalidad en poblaciones de grillo doméstico, especialmente en la última etapa de ninfa y en los adultos jóvenes (von Hackewitz, 2018).

- El impacto ecológico de los grillos como fuente de proteína puede no ser menor que el de las formas convencionales de ganado (Lundry *et al*, 2015). Se ha identificado que la alimentación de grillos con dietas a base de granos tiene poca mejora en los rendimientos de producción en comparación con pollos de engorde alimentados con dietas similares, mientras que la alimentación basada en residuos orgánicos no contribuye adecuadamente al crecimiento y la supervivencia del grillo (Lundry *et al*, 2015).
- Cuando hay grandes cantidades de grillos, éstos pueden causar molestias por el ruido que hacen (canto) (Lundry *et al*, 2015).

3.1.6. Tabla Resumen de las Características de los Insectos más Importantes Producidos a Nivel Mundial para la Alimentación Animal

En la *Tabla 4 Características de los insectos más importantes producidos a nivel mundial para la alimentación animales de abasto* se presentan, de forma comparativa, las principales características de los insectos más importantes que se producen a nivel mundial para la alimentación de animales.

3.2. Correspondencia entre Tipos de Insectos y su Especificidad para Alimentar Animales de Abasto

De acuerdo con la bibliografía revisada, se describe a continuación el impacto que tiene, desde el punto de vista nutricional, el reemplazo o suplementación de proteínas tradiciones por fuentes de proteína provenientes de insectos, en dietas de animales de abasto.

Vale la pena advertir que se encontró escaza información (bien fuera de estudios de investigación o de experiencias de suministro) relacionada con el impacto que la sustitución o suplementación con proteína de insectos tiene en las dietas alimenticias de los rumiantes. Se intuye que poco se utiliza y/o estudia la proteína de insectos para alimentación de rumiantes debido, tal vez, a que como se explicó en el apartado *5.1.3. Metabolismo y síntesis de proteínas en los animales*, los rumiantes utilizan una mayor variedad de fuentes de alimentos.

Característica \ Insecto		Larva Mosca Soldado Negra	Larva Mosca Común	Gusano de la Harina	Gusano de Seda	Grillo Doméstico
Localización		Nivel Global	Nivel Global	Nivel Global	Nivel Global	Nivel Global
Característica Ciclo de Vida	# huevos por postura	600	100 a 150	400 a 500	120	30
	Eclosión (días)	3 a 4	1	5 a 6	3 a 10	11 a 15
	Fase larvaria (días)	13 a 18	6	3 a 4 meses	28	Ninfa: 6 a 8 semanas
Condiciones producción	Temperatura óptima (°C)	24 a 40°C	25 a 30°C	25 a 38°C	23 a 32°C	20 a 35°C (✓29°C)
	Humedad relativa óptima (%)	30 a 90°C	60 a 75%	60 a 75%	65 - 80%	50 a 60%
Contenido proteína (peso seco)		40%	54% (gran variación)	53%	63-64%	55 a 67%
Ventajas		Descomponedora materia orgánica, reduce contenido P y N y elimina bacterias patógenas estiercol y malos olores descomposción. Sirve obtención biodiésel. No es transmisora de enfermedades. Reducen población mosca doméstica.	Descomponedora materia orgánica. Requiere pequeñas cantidades de sustrato.	Descomponedores materia orgánica y plástico. Fácil producción. Alto valor protéico. No riesgo de ser plagas voladoras.	Adecuado contenido lisina y metionina. Harina de pupas de gusano de seda desgrasada mayor contenido de proteínas (76%) En Colombia se pueden tener hasta 18 crías al año. Economía circular: pupas desecho de industria de seda. Relativa facilidad de cría y polillas no vuelan.	Prolífico, pacífico y se cultiva con facilidad. Contenido de lípidos menor que en insectos de metamorfosis completa. Contenido de quitina menor que gusano de harina. Composición de aminoácidos bastante constante (ninfas-adultos, diferentes dietas.
Desventajas		Deficientes en metionina, cistina, treonina. Contenido de quitina.	Alta variabilidad nutricional. Estado adulto vector enfermedades. Inquietudes de su caidad bacteriológica y micológica.	Bajo contenido de metionina y Ca.	Se alimenta preferiblemente de morera. Uso de larvas para alimentación animal trunca ciclo de vida, desaprovechando potencial producción seda. Olor desagradable durante proceso de degradación de pupas. No se encuentra en estado salvaje (conservación depende: explotaciones de seda, laboratorios científicos y de colegios.	Deficiencia metionina y arginina. Acheta domesticus densovirus causa alta mortalidad en poblaciones del grillo. Impacto ecológico puede no ser menor que el de las formas convencionales de ganado. Cuando hay grandes cantidades de grillo pueden causar molestias por el ruido.

Tabla 4 – Características de los insectos más importantes producidos a nivel mundial para la alimentación animales de abasto
Fuente: Elaboración propia

que los monogástricos, pues los microorganismos ruminales le permiten convertir el alimento fibroso y de baja calidad (forrajes, rastrojos, subproductos industriales) y el NNP en proteína de alta calidad (Unidad Integrada Balcarce, 2014).

3.2.1. Larva de la Mosca Soldado Negra (Hermetia illucens)

Cerdos: la harina de larvas de la mosca soldado negra es adecuada para la alimentación de cerdos por su contenido de lípidos, calcio y aminoácidos, aunque, como ya se dijo, presenta deficiencia de aminoácidos, los cuales deben ser suplementados; su alto contenido de cenizas puede resultar inconveniente (Makkar *et al*, 2014).

De acuerdo con lo señalado por Makkar *et al* en el *Estado del arte sobre el uso de insectos como alimento para animales* (2014), el reemplazo parcial (50%) de plasma seco en la dieta de cerdos en crecimiento por harina de larvas de mosca soldado negra, muestra mejora en el rendimiento en cuanto a ganancia de peso y conversión de alimento. Sin embargo, el reemplazo del 100% no proporciona buenos resultados pues ambos rendimientos se reducen.

El uso de harina de larvas de mosca soldado negra en la alimentación de cerdos en crecimiento puede ser prometedor pero se requiere el desarrollo de técnicas que permitan eliminar la quitina del cuerpo de la prepupa (Makkar *et al* (2014).

Aves de corral: la sustitución total de la harina de soya por harina de larvas de mosca soldado negra en dietas de pollos en crecimiento proporciona mejoras significativas en la conversión de alimento, aunque no hay una modificación sustancial en la ganancia de peso (Makkar *et al*, 2014). Debido al alto costo de la harina de soya, la sustitución de ésta por harina de larvas de mosca soldado negra en dietas de pollos puede ser una oportunidad para la cría de esta mosca.

Rumiantes: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de rumiantes con larvas de mosca soldado negra.

Peces: de acuerdo con Makkar *et al* (2014) la sustitución parcial o total la harina de pescado con harina de larvas de mosca soldado negra en las dietas de pescado, frecuentemente enriquecidas con despojos de pescado, produce resultados satisfactorios, en los que el aroma ni el sabor se ven afectados. La alimentación de peces con larva de la mosca soldado negra presenta variabilidad en el rendimiento (peso, longitud, conversión de alimento,

desperdicio) dependiendo del sistema de cultivo de los peces (jaulas, tanques, etc.), del tipo de sustrato utilizado para criar las larvas, así como de la manera en que éstas se suministran en la dieta (larvas enteras o picadas, vivas o secas, molidas o picadas, etc.). En la actualidad se usan de manera exitosa las larvas de mosca soldado negra en la alimentación de bagre de canal, tilapia azul, trucha arcoíris y salmón común. Para el caso del rodaballo se ha encontrado que se requiere el desarrollo de técnicas que, como se indicó para los cerdos, permitan eliminar la quitina del cuerpo de la prepupa para evitar la reducción en el consumo de alimento y en la disponibilidad de nutrientes y, por ende, un menor rendimiento de crecimiento y utilización de nutrientes.

Crustáceos: los excrementos de larvas de mosca soldado negro se aprovechan como alimento para el cultivo de langostinos de agua dulce, mezclados con trigo de calidad media, reemplazando totalmente la dieta basada en bagre (FAO, 2013). El rendimiento obtenido es similar, con un mejor beneficio económico; los langostinos presentan un color más claro, sin cambios en sabor (FAO, 2013) (Makkar *et al*, 2014).

3.2.2. Larva de la Mosca Común (Musca domestica)

Cerdos: experiencias en países como Rusia, Tailandia y Nigeria muestran que la sustitución de la harina de pescado (10%) en una dieta a base de soya o de los desechos de trigo (10%) en una dieta a base de rumen seco, proporciona dietas isoenergéticas e isoproteicas, sin efectos negativos sobre el rendimiento (aumento de peso y eficiencia de conversión alimenticia) (Makkar *et al*, 2014).

Aves de corral: la harina de larvas de mosca común se incluye en dietas de engorde como reemplazo parcial o total de proteína convencional (harinas de pescado, soya o carne y huesos) y como complemento de la dieta, obteniéndose indicadores de ingesta y rendimientos adecuados (Makkar *et al*, 2014). La carne que se obtiene de pollos alimentados con esta dieta presenta cualidades organolépticas adecuadas (Makkar *et al*, 2014).

En gallinas de pastoreo, las larvas de mosca común vivas son un valioso suplemento de su dieta (Makkar *et al*, 2014). La suplementación con 30 a 50 g larvas vivas/día/ave genera mayor tasa de crecimiento y tamaño de nidada, peso del huevo, número de huevos eclosionados y peso del pollito (Makkar *et al*, 2014).

En cuanto a las gallinas ponedoras, el reemplazó la harina de carne y hueso por harina de larva de mosca común aumenta el rendimiento del huevo y la incubabilidad (Makkar *et al*,

2014). La sustitución del 50% de harina de pescado no afecta los niveles de producción ni la resistencia de la cáscara (Makkar *et al*, 2014).

Rumiantes: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de rumiantes con larvas de mosca común.

Peces: se ha incluido harina de larvas de mosca común como suplemento en la dieta de tilapia y bagre con resultados generalmente positivos; se ha identificado que la inclusión debe hacerse entre el 25 y el 30% para que el rendimiento de la producción no disminuya (Makkar *et al*, 2014).

Crustáceos: dietas que contienen harina de larva de mosca común suministradas a cultivos de camarón de patas blancas, camarón blanco chino y cangrejo azul proporcionan mejores tasas de aumento de peso y de crecimiento, longitud, índice de conversión alimenticia y supervivencia (Makkar *et al*, 2014). En el camarón de platas blancas el valor óptimo de reemplazo de harina de pescado por harina de larva de mosca común es de hasta de 60%, mientras que en los cultivos mixtos de camarón blanco chino y cangrejo azul la inclusión de harina de larvas de mosca común en la dieta debe ser del 38% (Makkar *et al*, 2014).

3.2.3. Gusano de la Harina (Tenebrio molitor)

Cerdos: la suplementación de la dieta de cerdos con harina de gusano de harina, en hasta un 6%, mejora la ingesta de alimento, el rendimiento del crecimiento y la digestibilidad de los nutrientes sin ningún efecto perjudicial sobre la palatabilidad (Xinghao *et al*, 2016).

Aves de corral: la harina de gusano de la harina es una fuente de proteína alternativa en las dietas de las explotaciones avícolas, en particular para reemplazar harina de soya o de pescado (Makkar *et al*, 2014). La harina del gusano de la harina puede usarse como reemplazo de la harina de soya en dietas de pollos de engorde (entre el 10 y el 25%) sin afectar el crecimiento, la conversión de alimento ni la palatabilidad de la dieta (Selaledi *et al*, 2019) (Makkar *et al*, 2014); se requiere que la metionina y el calcio sean suplementados para balancear la deficiencia de estos en el gusano de la harina (Makkar *et al*, 2014). Se puede reemplazar la harina de pescado en la dieta de las gallinas ponedoras con gusanos de harina secos y molidos, incrementando la puesta de huevos en 2.4% (Makkar *et al*, 2014).

Rumiantes: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de rumiantes con gusano de la harina.

Peces: los gusanos de la harina frescos y secos o en presentación de harina son una buena fuente alternativa de proteínas en cultivos acuícolas (Makkar *et al*, 2014). El reemplazo en la dieta del bagre africano entre el 40 y el 80% de la harina de pescado por gusanos de la harina secos y molidos redunda en rendimientos de crecimiento y conversión de alimentos comparables con las dietas originales (Makkar *et al*, 2014). Los mismos resultados se obtienen cuando se sustituye en la dieta de la dorada o de la lubina europea el 25% de la harina de pescado por harina de gusano de la harina, así como cuando en la dieta de la trucha arcoíris se sustituye el 50% de la harina de pescado por harina de gusano de la harina (Makkar *et al*, 2014). En estos casos no se generan efectos adversos en otros indicadores de rendimiento. (Makkar *et al*, 2014)

Crustáceos: el reemplazo parcial de harina de pescado en la dieta del camarón del Pacífico por harina de gusano de la harina impacta positivamente el peso final del crustáceo (Choi *et al*, 2018). Con reemplazos de 25, 50 y 75% en la dieta se obtienen crustáceos de mayor peso (10.05, 11.41 y 10.36 g respectivamente) que los que no tienen reemplazo (9.06 g). Adicionalmente, se logran mejores tasas de crecimiento y conversión alimenticia (Choi *et al*, 2018).

3.2.4. Gusano de Seda (Bombyx mori)

Cerdos: experimentos han demostrado que la harina de pupas de gusano de seda sin grasa son un buen reemplazo a las proteínas usadas tradicionalmente (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al* (2014). El reemplazo en dietas para cerdos del 100% de harina de soya y de harina de pescado por harina de gusano de seda sin grasa no afecta el crecimiento ni las características de la canal (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al* (2014).

Aves de corral: la harina de pupas de gusano de seda se puede utilizar en la alimentación de aves de corral como sustituto o complemento de la harina de pescado o harina de soya (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014) (Agredo y Rojas, 2018). En pollos de engorde, el reemplazo del 50% de la harina de pescado no afecta el rendimiento (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014) (Agredo y Rojas, 2018). En gallinas ponedoras el reemplazo de la harina de pescado o la de soya hasta un 100% por harina de pupa de gusano de seda mejora el desempeño técnico y económico de las explotaciones avícolas (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014) (Agredo y Rojas, 2018).

Rumiantes: la harina de gusanos de seda desgrasada se utiliza para reemplazar o suplementar proteínas en los rumiantes debido a su alta digestibilidad, favorabilidad del perfil

de aminoácidos, es un buen suplemento de lisina y metionina para rumiantes y presenta un bajo contenido de lípidos (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014).

En terneros Jersey el reemplazó del 33% de torta de cacahuete por harina de gusano de seda sin grasa no afecta el rendimiento y presenta mayor digestibilidad, siendo éste un alimento más barato (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014). En corderos la sustitución del suplemento de proteína de papa por harina de gusano de seda sin grasa ofrece aumento similar en retención de nitrógeno y energía (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014).

Peces: la harina de pupas de gusano de seda es una valiosa fuente de proteínas para muchas especies de peces: carpa común, púa plateada, tilapia de Mozambique, salmón chum, bagre asiático y bagre caminando, lubina japonesa (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014). La sustitución parcial o total de la harina de pescado no muestra desmejoras en los rendimientos de producción (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014).

Crustáceos: en cuanto a la cría de camarones la sustitución por harina de gusano de seda para reemplazar la harina de pescado ha resultado en una reducción en la eficiencia digestiva (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014).

Otros: Conejos: el reemplazo total de la harina de soya en dietas cunícolas por harina de gusanos de seda sin grasa no muestra desmejoras en los rendimientos de producción (Heuzé *et al*, 2017) (Makkar *et al*, 2014).

3.2.5. Grillo Doméstico (Acheta domesticus)

Recientemente se han empezado a hacer estudios sobre el uso del grillo doméstico en alimentación de animales de abasto (Makkar *et al*, 2014), razón por la cual presumiblemente no se encontró mucha información reciente sobre el tema.

Cerdos: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de cerdos con grillos domésticos.

Aves de corral: en pollos de engorde con dietas basadas en maíz y soya, la sustitución total de harina de soya por harina de grillo doméstico redunda en mayor consumo de alimento, aumento de peso y conversión de alimento (Makkar *et al*, 2014). Sin embargo, el deficiente contenido de metionina y arginina son factores limitantes (Makkar *et al*, 2014).

Rumiantes: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de rumiantes con grillos domésticos.

Peces: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de peces con grillos domésticos.

Crustáceos: no se encontraron publicaciones en las que se detallen experiencias o estudios relacionados con la alimentación de crustáceos con grillos domésticos.

Otros: son utilizados como fuente de alimento para animales insectívoros en cautiverio (mascotas domésticas o animales en zoológicos reptiles y anfibios) (Lundry *et al*, 2015).

3.2.6. Otros Insectos Utilizados como Fuente de Proteína para Alimentación Animal

Termitas: las termitas se utilizan como alimento para aves de corral, pero el cultivo de termitas es difícil a la vez que producen altas emisiones de metano (FAO, 2013).

Langostas y Saltamontes: tienen un mayor contenido de proteínas que la harina de soya y la de pescado, pudiendo la harina de langostas y saltamontes reemplazar parcial o totalmente las otras dos harinas usadas comúnmente para la alimentación animal (FAO, 2013). En dietas de peces en las que se sustituyó la harina de pescado entre el 25% y el 50% por harina de saltamontes se observan mejores rendimientos (FAO, 2013). En cuanto a aves de corral, la sustitución gradual de la harina de pescado, hasta un 50%, en la dieta de la codorniz japonesa no produce desmejoras en los parámetros de crecimiento (FAO, 2013).

3.2.7. Tabla Resumen de la Correspondencia entre Tipo de Insecto y Alimentación de Animales de Abasto

En la *Tabla 5 Correspondencia entre tipo de insecto y alimentación animales de abasto* se presenta, de forma comparativa, la correspondencia encontrada entre los insectos que se crían y el tipo de animal de abasto que puede ser alimentado de forma adecuada con ellos.

Insecto / Animal de Abasto	Larva Mosca Soldado Negra	Larva Mosca Común	Gusano de la Harina	Gusano de Seda	Grillo Doméstico
Cerdos	✓ Reemplazo 50% plasma seco. Bajo en metionina, cistina, treonina. Contenido alto de quitina: perjudicial.	✓ Reemplazo 10% harina pescado o desechos de trigo.	✓ Suplementación 6%.	✓ Reemplazo 100% harina soya y harina pescado.	sin información
Aves	✓ Pollos engorde: reemplazo 100% harina soya.	✓ Pollo de engorde, gallinas ponedoras: reemplazo parcial o total harina pescado, soya o carne+hueso. Gallinas pastoreo: sumplemento (larvas)	✓ Pollo de engorde: Reemplazo 10-25% harina soya. Gallinas pastoreo: Reemplazo harina pescado.	✓ Pollo de engorde: reemplazo 50% harina pescado. Gallinas ponedoras: reemplazo 100% harina pescado y harina soya.	sin información
Rumiantes	sin información	sin información	sin información	✓ Terneros: reemplazo 33% torta de cacahuete. Corderos: reemplazo 100% proteína de papa.	sin información
Peces	✓ Bagre, tilapia, trucha, salmón: reemplazo parcial o total harina pescado. Variabilidad rendimientos.	✓ Bagre, tilapia: suplementación (25 a 30%).	✓ Reemplazo harina pescado: Bagre (40-80%), dorada y lubina (25%), trucha (50%).	✓ Reemplazo 0-100% harina pescado. Carpa común, púa plateada, tilapia de Mozambique, salmón chum, bagre asiático y bagre caminando, lubina japonesa.	sin información
Crustáceos	✓ Langostino agua dulce. Se usa excremento de la mosca: remplazo 100% bagre.	✓ Camarón, cangrejo: remplazo 38-60% harina pescado.	✓ Camarón: remplazo hasta 75% harina pescado.	✗ Camarón. Remplazo harina pescado.	sin información
Otros	sin información	sin información	sin información	**Conejos** ✓ Remplazo 100% harina soya.	**Animales insectívoros en cautiverio y mascotas** ✓

Tabla 5 – Correspondencia entre tipo de insecto y alimentación animales de abasto
Fuente: Elaboración propia

3.3. Propuesta de alternativas de producción de insectos para alimentación animal en Colombia

De acuerdo con la información presentada en los numerales *5.1.5.3. Cría de insectos como fuente de proteína*, *7.1. Insectos que se producen a nivel mundial para alimentación animal* y *7.2. Correspondencia entre tipos de insectos y su especificidad para alimentar animales de abasto*, se observa que el valor nutricional de los insectos es elevado y que su componente más importante son las proteínas, las cuales son de buena calidad. De otra parte, se advierte que el reemplazo parcial o total de proteína convencional (harinas de pescado, soya o carne y huesos) en las dietas de animales de abasto por proteína de insectos, o el complemento de las dietas con ella, tienen, en general, efectos positivos en los indicadores de ingesta y en los rendimientos de producción.

El análisis de las cinco especies de insectos estudiadas en el presente documento permite proponer el cultivo en Colombia de las larvas de la mosca soldado negro y de la mosca común y del gusano de la harina y el de la seda, en su estado larval, para ser utilizadas como fuente de proteína para la alimentación animal. En estas cuatro especies se encuentra que:

- De acuerdo con la *Tabla 4 Características de los insectos más importantes producidos a nivel mundial para la alimentación animales de abasto*, son insectos que se encuentran distribuidos a nivel global por todo el planeta.
- Son prolíficos, su ciclo de vida es corto y se cultivan con relativa facilidad. (Ver Tabla 4)

  Su valor proteico es elevado, siendo mayor al 50% en peso seco, con excepción de la mosca soldado negra que ofrece 40% en promedio en peso seco (aunque puede alcanzar valores de 57%), y la composición de aminoácidos esenciales cubre, en general, las necesidades de aminoácidos esenciales de los animales de abasto; sin embargo, se señala la deficiencia de metionina, cistina y treonina en las larvas de mosca soldado negra y de metionina en el gusano de la harina. (Ver Tabla 4)Se recuerda, como ya se indicó anteriormente, que en la actualidad se cuenta con disponibilidad de aminoácidos sintéticos que pueden ser suministrados como suplemento en las raciones de los animales.
- Se desarrollan muy apropiadamente en ambientes tropicales, razón por la cual se propone que el cultivo esté localizado en las zonas tropicales de Colombia[1]. De acuerdo

[1] De acuerdo con la clasificación climática de Koppen, las zonas tropicales son aquellas que todos los meses tienen temperaturas superiores a los 18 °C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación. La distribución del

con la FAO (2013), en estas zonas los insectos tienden a tener mejores tasas de crecimiento y alcanzar mayor tamaño, en comparación con los logrados por estos insectos en zonas de estaciones, además de que su ciclo de vida se repite durante todo el año sin interrupción.

- Representan un menor impacto ambiental debido a: (Ver Tabla 4)
    - Su alta tasa de conversión de alimentos.
    - Conversión eficiente de sustratos de desecho en biomasa, durante su etapa larval, con excepción del gusano de seda que únicamente consume hojas de morera y ocasionalmente lechuga y ortiga.
    - Menor emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco que el ganado convencional (FAO, 2013).
    - Menor uso de energía puesto que no se requiere alcanzar de manera artificial las temperaturas óptimas de crecimiento, aunque en ciertos momentos podría llegar a requerirse bajar las temperaturas.
    - Mejor uso del suelo: los insectos son pequeños y se pueden criar en mayores densidades, aprovechando el espacio vertical.
    - Son un recurso natural renovable, lo que contribuye a la conservación de poblaciones de insectos silvestres.
- El contenido de ácido láurico en las larvas de los insectos presumiblemente les confiere propiedades antivirales y antibacterianas (IPIFF, 2019).
- De acuerdo con la *Tabla 5 Correspondencia entre tipo de insecto y alimentación animales de abasto*, el reemplazo parcial o total de proteína convencional (harinas de pescado, soya o carne y huesos, plasma) en las dietas de animales de abasto por proteína de insectos y/o el complemento de las dietas con ella, e incluso el uso del excremento de la mosca común como alimento de crustáceos, tiene, en general, efectos positivos en los indicadores de ingesta y en los rendimientos de producción.

A continuación, se propone una categorización de las cinco especies, desde el mayor potencial al menor potencial, basada en criterios destacados de valor nutricional, condiciones

---

clima tropical en Colombia comprende: centro y norte de la Amazonia, Región Pacífica, medio Magdalena en el oriente de Antioquia y occidente de Santander, Boyacá y Cundinamarca, zona del Catatumbo, Piedemonte amazónico, Piedemonte llanero, extremo sur de la Región Caribe, la mayor parte de la Región Caribe y de la Orinoquia, sectores bajos en Santanderes y Antioquia, Valles interandinos en Tolima, Huila, Valle, Cauca y Nariño. (IDEAM, s.f.) (Ver Mapa en Anexo 1)

de producción, impacto ambiental, inocuidad y alguna otra condición significativa que exhiben: (Ver Tablas 4 y 5)

1. Gusano de seda: su cría podría ser la más conveniente porque es el insecto que tiene el más alto valor proteico, entre los estudiados y seleccionados para cría, y, además, cuenta con contenidos adecuados de aminoácidos esenciales, siendo apta para la alimentación de todos los animales de abasto, con excepción de los crustáceos. De otra parte, el cultivo del gusano de seda sirve simultáneamente a varios propósitos: obtención de seda para la industria de la seda, de pupas para la alimentación animal y de grasa para la obtención de biodiésel. Adicionalmente, las polillas de cultivo, utilizadas para la reproducción, no vuelan, razón por la cual no se convierten en plagas.

El inconveniente que plantea su cría es la necesidad de contar con plantaciones de morera, ya que en su etapa larval las larvas consumen preferiblemente hoja de morera. Sin embargo, en Colombia se cultiva de forma adecuada la morera y ésta está disponible durante todo el año.

2. Larva de la mosca soldado negra: aunque su contenido de proteína es el más bajo de las cuatro especies (40% promedio, en peso seco, aunque puede alcanzar valores de 57%) y presenta deficiencia de metionina, cistina y treonina, su cría conlleva ventajas importantes:

- Tiene un ciclo de vida corto.
- Ayuda a resolver problemas ambientales si se tiene en cuenta que:
  - Es una excelente descomponedora de materia orgánica, razón por la cual contribuye al procesamiento biológico de residuos orgánicos.
  - Reduce el contenido de P y N ayudando a la reducción de la contaminación de tierras y aguas.
  - En las explotaciones de ganado, elimina bacterias patógenas del estiércol, así como los malos olores producidos por la descomposición de éste.
- No es molestia para el ser humano porque la mosca adulta no es atraída por los hábitats y alimentos humanos, y no pica ni es portadora de enfermedades.
- La mosca soldado negra reduce el número de moscas domésticas y previene el crecimiento de sus colonias.

3. Gusano de la harina: la larva del gusano de la harina presenta un contenido alto de proteínas (53%, en peso seco) adecuado para alimentar animales de abasto, pero su contenido de metionina y Ca es limitante para dietas de aves de corral. Su ciclo de vida es el más largo de los estudiados, pudiéndose alimentar durante su crecimiento con desechos orgánicos (además come plástico); así, razón se constituye en una posible solución para la digestión de desechos. El escarabajo del gusano de la harina no es volador, razón por la cual no representa el riesgo de convertirse en una plaga voladora.

4. Larva de la mosca común: la larva de la mosca común tiene un ciclo de vida muy corto, siendo también una excelente descomponedora de materia orgánica, requiriendo menores cantidades de sustrato que la larva de la mosca soldado negra. Aunque tiene un alto contenido promedio de proteínas (54%, en peso seco), sirviendo de manera adecuada en la alimentación de los animales de abasto analizados, su contenido proteico es muy variable (entre 40 y 60%, en peso seco). Un punto importante que merece gran atención al considerar la larva de mosca común como propuesta para ser criada con el fin de alimentar animales de abasto, es que el suministro de larva de mosca común a estos animales presenta inquietudes sobre la inocuidad bacteriológica y micológica, además de que la mosca en estado adulto es un vector de enfermedades y es una plaga a nivel mundial.

Finalmente, para tomar una decisión sobre el cultivo de cualquiera de estos insectos en Colombia, se requiere optimizar la producción de las mini granjas para logar adecuados indicadores de consumo de alimento, conversión de alimento, consumo de electricidad, desempeño ambiental, etc., que tienen alto impacto en la viabilidad de las explotaciones de cría de insectos. Además, se debe tener en cuenta que aspectos tales como la demanda, el precio de comercialización, la vida útil del producto y condiciones de conservación, son aspectos también determinantes para seleccionar la mejor alternativa.

Aunque el grillo común comparte muchos de los aspectos positivos de las otras especies estudiadas (Ver Tabla 4), por ahora se descarta su cría en Colombia debido a que no se encontraron estudios de investigación o experiencias relacionadas con el impacto que la sustitución o suplementación de proteína tradicional con proteína de grillos tiene en las dietas

alimenticias de animales de abasto. Se requiere contar con más información para poder incluir termitas, langostas y saltamontes como fuentes de proteína para alimentación animal.

Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

De la revisión bibliográfica adelantada y en consonancia con los objetivos planteados al inicio de este trabajo, se concluye que:

- Los insectos más representativos que se producen a nivel mundial para ser destinados a la alimentación animal son: mosca soldado negro, mosca común, gusano de la harina, gusano de seda, grillo doméstico, termitas, langostas y saltamontes. Estos insectos de granja se producen como solución alternativa y sostenible a las fuentes convencionales de proteínas utilizadas en la alimentación de animales de abasto, pudiéndose utilizar en la producción de piensos a gran escala. Lo anterior sustentado en el elevado valor nutritivo que tienen los insectos, en especial por su alto contenido de proteína de buena calidad.
- Las larvas de la mosca soldado negro y de la mosca común, así como las del gusano de la harina y el de seda, ofrecen buenas posibilidades para alimentar cerdos, aves de corral, peces y crustáceos; sin embargo, las larvas del gusano de seda no producen buenos resultados cuando se utilizan en la alimentación de crustáceos. En cuanto a la idoneidad de estos insectos para alimentar rumiantes, sólo se evidenció el uso del gusano de seda como sustituto de proteína convencional en la alimentación de terneros y corderos (se encuentra muy poca información sobre la sustitución o suplementación con proteína de insectos en las dietas de los rumiantes, tal vez porque los rumiantes son capaces de obtener proteína de alta calidad por medio de su proceso rumial).

  La sustitución parcial o total de proteína convencional (en especial harinas de soya y pescado) por proteína proveniente de insectos en las dietas de estos animales de abasto, así como la suplementación con ésta, tiene, por lo general, efectos positivos en los indicadores de ingesta y en los rendimientos de producción, o por lo menos no desmejora los indicadores, con lo que se logra mayor rendimiento económico.
- De acuerdo con el mayor potencial que tiene la cría de estos insectos, analizado bajo criterios de valor nutricional, condiciones de producción, impacto ambiental e inocuidad, principalmente, se propone la cría de los siguientes insectos en Colombia, en este orden: gusano de seda en estado larval, larvas de mosca soldado negro, larvas del gusano de la harina y larvas de la mosca común, para ser utilizadas como fuente de proteína para la alimentación animal. Estos insectos se encuentran distribuidos a nivel global por todo el

planeta, su ciclo de vida es corto, se cultivan con relativa facilidad, su valor proteico es elevado y se desarrollan muy apropiadamente en ambientes tropicales (en Colombia están establecidos en la clasificación climática de Koppen). En estos ambientes los insectos tienden a tener mejores tasas de crecimiento y alcanzar mayor tamaño y su ciclo de vida se repite durante todo el año sin interrupción pudiéndose obtener buenos niveles en la productividad de las mini granjas.

La cría de estos insectos en zonas tropicales puede potenciar las siguientes ventajas:

- Reproducción y crecimiento más rápido.
- Eficiente conversión de alimentos y descomposición de materia orgánica.
- Alto valor proteico.
- Reducción de tensiones medio ambientales (uso de energía, gases efecto invernadero, uso del suelo, recurso renovable).
- Reducción de la competencia por proteína entre la alimentación de los humanos y los animales de abasto.

No se encontró información suficiente que aconseje la cría para alimentación animal, con beneficio económico, de grillos domésticos, termitas, langostas ni saltamontes.

4.2. Recomendaciones

- Se requieren más trabajos de investigación que pongan de manifiesto otras especies que puedan ser cultivas y que contribuyan a diseñar procesos de producción eficientes, escalables y de bajo costo, en los cuales se evalúe también la huella ecológica que generan.
- Se debe seguir investigando para afinar aún más la información con la que ya se cuenta (digestibilidad de los insectos, niveles de sustitución o suplementación en las dietas de los animales de abasto, propiedades funcionales, rendimientos, manejo y uso de sustratos sobrantes y manejo de subproductos).
- Debido a que la aceptación de los insectos como fuente alternativa para la alimentación de animales de abasto es aún limitada (posiblemente porque está asociada problemas sanitarios de tipo bacteriológico y micológico), se debería generar información sobre el procesamiento tecnológico que sufren los productos a base de insectos, haciendo énfasis en que mediante éstos es posible eliminar agentes contaminantes, a la vez que se aumenta su vida útil.

Bibliografía

Agredo, J.A. y Rojas, D.M. (2018). Utilización de harina de pupa (*Bombyx mori*) en alimentación de pollos de engorde (Tesis de Grado). Universidad del Cauca. Recuperado de http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1406/UTILIZACI%C3%93N%20DE%20HARINA%20DE%20PUPA%20%28Bombyx%20mori%20L.%29%2C%20EN%20ALIMENTACI%C3%93N%20DE%20POLLOS%20DE%20ENGORDE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Apolo, L. y Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. Revista Scientia, XVII, 17, 161-173. Recuperado de file:///C:/Users/Ana%20Mar%C3%ADa/Downloads/389-Texto%20del%20art%C3%ADculo-788-1-10-20161123.pdf

Arias, F. (2012). Control del escarabajo de la cama en avicultura. XXII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura. Recuperado de http://www.elsitioavicola.com/articles/2256/control-del-escarabajo-de-la-cama-en-avicultura/

Bermúdez, A., Muñoz, A.P. y Wills, G.A. (2012). Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivada en estanques de tierra. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, 59, (III), 165-175. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rfmvz/v59n3/v59n3a05.pdf

Beyli, M.E, Brunori, J., Campagna, D., Cottura, G., Crespo, D., Denegri, D., Ducommun, M.L., Faner, C., Figueroa, M.E., Franco, R., Giovannini, F., Goenaga, P., Lomello, V., Lloveras, M., Millares, P., Odetto, S., Panichelli, D., Pietrantonio, J., Rodríguez, M., Suárez, R., Spiner, N. y Zielinsky, G. (2012). Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación – Argentina, FAO, TCP/ARG/3203, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf

Brown, A. (2014). Sustentabilidad ambiental en la producción de soja en Argentina, ¿un camino posible? Fundación Proyungas. Recuperado de http://proyungas.org.ar/?p=911

Cabrera, A., Lammoglia, M., Alarcón, S., Martínez, C., Rojas, R. y Velázquez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de

Veracruz, México. *Abanico Veterinario* [revista en Internet], *9*. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100113&lng=es

Cabrera, M.C. (2014). Aspectos generales de nutrición en aves – Curso de Avicultura. Facultad de Agronomía - Universidad de la República de Uruguay. Recuperado de http://www.fagro.edu.uy/nutrical/ensenanza/avicultura/NUTRICION%20AVES%20GENERAL.pdf

Campabadal, C. (2009). Guía Técnica para Alimentación de Cerdos. Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica - Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF

Ceibal. 001. Insectos: Grillo *Acheta domestica*. Portal Uruguay Educa. Recuperado de https://contenidos.ceibal.edu.uy/fichas_educativas/_pdf/ciencias-naturales/reino-animal/insectos/001-grillo.pdf

CCOO SERCICIOS. (2017). La FAO propone la cría de insectos para garantizar la seguridad alimentaria. Recuperado de file:///C:/Users/Ana%20Mar%C3%ADa/Downloads/77141.pdf

Chia, S., Tanga, Ch., Khamis, F., Mohamed, S., Salifu, D., Subramanian, S., Fiaboe, K., Niassy, S., van Loon, J. Dicke, M. y Ekesi, S. (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly Hermetia illucens: Implications for mass production. PLoS ONE, 13. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/328679995_Threshold_temperatures_and_thermal_requirements_of_black_soldier_fly_Hermetia_illucens_Implications_for_mass_production

Choi, I.H., Kim, J.M., Kim, N.J., Kim, J.D., Park, C., Park, J.H. y Chung, T.H. (2018). Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (Litopenaeus vannamei). Acta Scientiarum. Animal Sciences, 40. Recuperado de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86722018000100106

FAO. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. Recuperado de http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf

FAO. (2017). Edible Insects Stakeholders Directory (Version 2.0). Recuperado de http://www.fao.org/edible-insects/stakeholder-directory/en/

Feduchi, E., Blasco, I., Romero, C.S. y Yánez, E. (2014). *Bioquímica: Conceptos esenciales*. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana. Recuperado de http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2055/VisorEbookV2/Ebook/9788498358742#{"Pagina":"27","Vista":"Indice","Busqueda":""}

Ferrer, J.M. (2017). Los insectos podrán emplearse como fuente de proteína para alimentación animal. ainia. Recuperado de https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/legislacion/los-insectos-podran-emplearse-para-obtener-proteina-animal/

Fiallo, R.C., Prieto, M., Suárez, J., Choi, J.H., Kap, Y., Suárez, E. y Olivera L.A. (2007). Servicultura – una alternativa de diversificación de la producción animal en Cuba. Revista Asociación Cubana de Producción Animal. 4. Recuperado de http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2007/REVISTA%2004/22%20SERICULTURA.pdf

Fumigadora Continente. (2014). Escarabajo menor de la harina. Recuperado de https://www.fumigacontinente.com.ar/escarabajo-menor-de-la-harina/

García, J. (1999). Desarrollo del gusano de seda en la zona cafetera, con diferentes niveles de suministro de morera y áreas de cría. *Cenicafé, 50*, (2), 126-135. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050%2802%29126-135.pdf

Gómez, M.E., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C.I., Méndez, M.R., Molina, C.H., Molina, E. y Molina, J.P. (2002). Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4048/1/20061024152517_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf

Henao, J.D., Gutiérrez, N. y Oviedo, O.M. (2012). Uso de subproductos agrícolas en la alimentación de conejos en fases de ceba y reproducción. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10*, (2), 236 – 242. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a27.pdf

Heuzé, V. y Tran, G. (2015). Housefly maggot meal. Feedipedia - Programa de INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de https://www.feedipedia.org/node/671

Heuzé, V. y Tran, G. (2016). Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. Feedipedia - Programa de INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de https://www.feedipedia.org/node/198

Heuzé, V., Tran, G., Giger-Reverdin, S. y Lebas, F. (2017). Harina de pupa de gusanos de seda. Feedipedia - Programa de INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de https://www.feedipedia.org/node/199

Hidalgo, K. y Rodríguez, B. (2015). La alimentación de las aves, cincuenta años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 49, (2), 197-204. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698009.pdf

IDEAM. (s.f.). Clasificaciones climáticas aplicadas al territorio colombiano. Atlas climátológico de Colombia. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas#_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%253Dhttp%25253A%25252F%25252Fwww.ideam.gov.co%25252FAtlasWeb%25252Findex.html%25253F%3D%26_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.ideam.gov.co%252FAtlasWeb%252Finfo%252FTextos%252Fclima-text.pdf

Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual del protagonista – Nutrición animal. INATEC, Ministerio Agropecuario, Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria, Instotuto de sanidad y protección agropecuaria, JICA. Recuperado de https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf

Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual del protagonista – Pastos y Forrajes. INATEC, Ministerio Agropecuario, Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria, Instituto de sanidad y protección agropecuaria, JICA. Recuperado de https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf

International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). (2019). Building Bridges between the Insect Production Chain, Research and Policymakers. IPIFF. Recuperado de https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-researchpriorities-HorizonEurope.pdf

Jacobson, Molly. (2014). Bug Guide. Identification, Images, & Information for Insects, Spiders & Their Kin for the United States & Canada. Recuperado de https://bugguide.net/node/view/963405

Jordan, R. (2015). Plastic-eating worms may offer solution to mounting waste, Stanford researchers discover. Recuperado de https://news.stanford.edu/pr/2015/pr-worms-digest-plastics-092915.html

Kulzer, L. (1998). House Crickets - *Acheta domesticus*. Scarabogram. Recuperado de https://web.archive.org/web/20040620202916/http://crawford.tardigrade.net/bugs/BugofMonth31.html

Lundy, M.E. y Parrela, M.P. (2015). Crickets are not a free lunch: protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. PLOS ONE, 10, (4). Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4398359/

Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V. y Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology. 197. 1-33. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-au189e.pdf

Maquart, P., Murray, F., Leschen, W., Netwon, R. y Little, D. (s.f.). Mosca Soldado Negro - ¿Futuro alimento para Tilapia? Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling, RU. Recuperado de https://aquafeed.co/entrada/mosca-soldado-negro----futuro-alimento-para-tilapia--19760/

Martínez, A., Marín, C., Rodrigo, D., Fernández, P.S. y Rosell, C.M. (2016). Los insectos alimentan al mundo. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). Recuperado de https://www.acnv.es/news/los-insectos-alimentan-al-mundo/

Mendaza, E. (2017). Influencia de diferentes dietas en la composición nutricional del insecto comestible *Tenebrio molitor* y estudio de su pardeamiento (Tesis de Grado). Universidad Pública de Navarra. Recuperado de https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/26036/TFG%20-%20Mendaza%20Lainez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mendoza, G.D. y Ricalde, R. (2015). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano, Xochimilco, México. Casa abierta al tiempo, Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de http://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf

Nieves, D., López, D. y Cadena, D. (2001). Alimentación de conejos de engorde con dietas basadas en materias primas no convencionales y suplementación con *Tríchanthera*

gigantea. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología.* 60-66. Recuperado de http://www.saber.ula.ve/revistaunellez/pdfs/60-66.pdf

Ochipinti, G., Soto-Vivas, A. y González, J. (2009). Protocolo de cría de *Musca domestica* en laboratorio. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 49. 317-319. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262736976_Protocolo_de_cria_de_Musca_domestica_en_laboratorio/citation/download

Palladino, R.A., Danelón, J.L. y Wawrzkiewicz, M. (2012). Nutricion y alimentación animal. Revista Argentina de Producción Animal. 32 (1). 121-205. Recuperado de file:///C:/Users/Ana%20Mar%C3%ADa/Downloads/2559-13556-2-PB.pdf

Palop, A., Cámara, M., Conchello, M.P., Daschner, A., González, E., Rodríguez, D. y Santos, J.A. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. *Revista del Comité Científico, 27*, 11-40. Recuperado de http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/CONSUMO_INSECTOS.pdf

Pizo, M.A. (2019). Evaluación del desempeño productivo de parentales de gusano de seda *Bombyx mori* en el municipio de Popayán, departamento del Cauca (Investigación Trabajo de Grado). Universidad del Cauca, Facultad de ciencias Agrarias. Recuperado de http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/1611/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20DESEMPE%C3%91O%20PRODUCTIVO%20DE%20PARENTALES%20DE%20GUSANO%20DE%20SEDA%20Bombyx%20mori%20L.%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20POPAY%C3%81N%2C%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CAUCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quiñonez, A. y Martín, S. (2006). Alimentación de conejos en patios familiares: una alternativa sostenible. Revista ACPA. 2. 25-26. Recuperado de http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2006/REVISTA%2002/15%20ALIMENTACION%20DE%20CONEJOS.pdf

Ramírez, A., Escobar, A.F. y Barahona, R. (2011). Cambios en el contenido de proteína, FDN, FDA, lignina y micotoxinas y en la degradabilidad in situ de la materia seca en la cama de crecimiento del hongo basidiomiceto Agaricus bisporum durante su preparación y utilización.

Revista Colombiana de Ciencias Pecuaria. 24 (3), 465-466. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000300030#5

Reinoso, V. (2016). Composta con Moscas Soldado Negras (*Hermetia illucens*) para Alimento de Gallina. Vía Orgánica. Recuperado de https://viaorganica.org/composta-con-moscas-soldado-negras-hermetia-illucens-para-alimento-de-gallina/

Resolución 991 de 2001 del Instituto Colombiano Agropecuario. Diario Oficial 44576 de la República de Colombia, Bogotá, Colombia, 23 de junio de 201. Recuperado de https://www.ica.gov.co/getattachment/b4470e63-f79a-4dca-8490-5a161d77caa0/991.aspx

Revista agriNews. (2017). Nace el “insecto de granja” para alimentación animal. Recuperado de https://nutricionanimal.info/nace-insecto-granja-alimentacion-animal/

Revista agriNews. (2018). Investigando el uso de insectos en la alimentación animal. Recuperado de https://nutricionanimal.info/investigando-el-uso-de-insectos-en-la-alimentacion-animal/

Revista Semana. (2018). Bichos a la carta, ¿la mejor solución para el medioambiente? Recuperado de https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/comer-insectos-alimentacion-saludable/39342

Revista Semana. (2018). Bichos a la carta, ¿la mejor solución para el medioambiente? Recuperado de https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/comer-insectos-alimentacion-saludable/39342

Rincón, D. (2017) Los jóvenes que buscan incentivar el consumo de insectos en Colombia. El Tiempo. Recuperado de: http://www.eltiempo.com/vida/ciencia/el-consumo-de-insectos-en-colombia-92506

Rodríguez, A., Pino, J.M., Ángeles, S.C., García, A., Barrón, R.M. y Callejas J. (2016). Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). *Revista Colombiana de Entomología, 42*, (1), 69-74. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v42n1/v42n1a12.pdf

Rombenso, A., Crouse, C. y Trishenski, J. (2013). Proteína vegetal en la dieta de peces carnívoros, Una nueva apuesta. Infopesca Internacional, 54, 33-37. Recuperado de file:///C:/Users/Ana%20Mar%C3%ADa/Downloads/Infopesca_N_54_SoyRombenso.pdf

SAMSA. Metamorfosis y ciclo vital del gusano de la harina. Recuperado de https://www.alimentovivosamsa.com/blog/102_metamorfosis-y-ciclo-vital-del-gusano-de-la-h.html

SANSAN – Agriculture Engineering. Alphitobius diaperinus (escarabajo de la cama). Recuperado de https://www.sansan.es/control-de-plagas/fichas-tecnicas-plagas/alphitobius-diaperinus-escarabajo-de-la-cama/

Schulze, H. (2019). Ingredientes ricos en proteínas para la alimentación animal. Revista Agilia. Recuperado de https://nutricionanimal.info/download/0719_nutriNews-Ingredientes_ricos_proteinas-AGILIA.pdf

Segura, M. (2014). Composición bromatológica *Hermetia illucens*. (Tesis de grado). Universidad de Almería. Almería. Recuperado de http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3237/Trabajo417.pdf?sequence=1

Selaledi, L., Mbajiorgu, C. y Mabelebele, M. (2019). The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets. Tropical Animal Health and Production. 52. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/335027183_The_use_of_yellow_mealworm_T_molitor_as_alternative_source_of_protein_in_poultry_diets_a_review

Schiavone, A. y Gasco, L. (2019). Nuevas fuentes de proteínas de origen animal – El uso potencial de insectos. LIV Symposium Científico de Avicultura. Recuperado de https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/11608_nuevas%20fuentes%20de%20proteinas.pdf

Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A y Jędras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor L.*) as European novel food. *Agricultural Sciences*, 4, 287-291. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/243459126_Larvae_of_mealworm_Tenebrio_molitor_L_as_European_novel_food

Simes, L.E. y Brich, T. (2015). Bioquímica orientada al análisis químico. Universitas. Recuperado de http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2077/lib/unadsp/reader.action?ppg=11&docID=10472849&tm=1485923125539

Torrens, H. (2018). Animales que sufren la metamorfosis en su desarrollo. Experto Animal. Recuperado de https://www.expertoanimal.com/animales-que-sufren-la-metamorfosis-en-su-desarrollo-23525.html

Tran G., Gnaedinger, C. y Mélin C. (2015). Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). Feedipedia - Programa de INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de https://www.feedipedia.org/node/16388

Tran G., Gnaedinger, C. y Mélin C. (2019). Mealworm (*Tenebrio molitor*). Feedipedia - Programa de INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de https://www.feedipedia.org/node/16401

UNAD. Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Recuperado el 15/08/2019 de https://academia.unad.edu.co/investigacion-ecbti/cadenas-de-formacion/alimentos

Unidad Integrada Balcarce. (2014). Nutrición animal aplicada. Área de Investigación en Producción Animal - Grupo de Nutrición Animal, INTA, EEA Balcarce. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf

Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C.M.M., Ottevanger, E., Bosch, G. y van Boekel, M.A.J.S. (2012). Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research. Recuperado de https://nutricionanimal.info/wp-content/uploads/2014/09/Informe-638.-Insects-as-a-sustainable-feed-ingredient-in-pig-and-poultry-diets-Octubre-2012..pdf

Vergara, C. y Gazani, R. (1996). Biología de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista peruana de entomología, 39,* 1-5. Recuperado de http://200.62.146.19/BVRevistas/entomologia/v39/pdf/a02v39.pdf

Visbal, T.E., Morillo, M., Altuve, D., Aguirre, P. y Medina, A.L. (2013). Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. *Revista chilena de nutrición*, *40*, (2), 141-146. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v40n2/art08.pdf

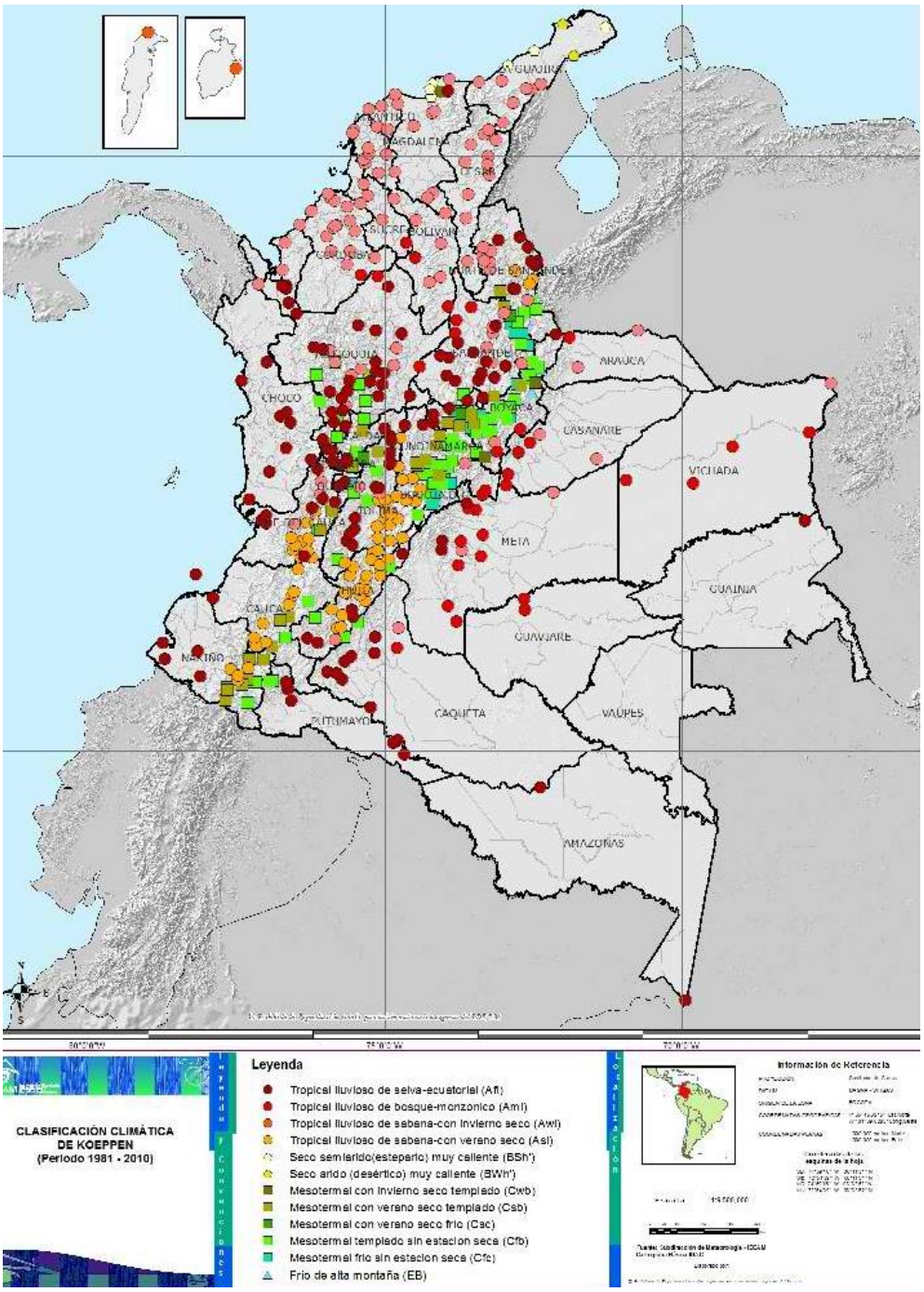
von Hackewitz, L. (2018). The house cricket Acheta domesticus, a potential source of protein for human consumption. Swedish University of Agricultural Science. Recuperado de https://stud.epsilon.slu.se/13728/11/von-hackewitz_l_180906.pdf

Walker, T. (2014). Tropical House Cricket, Gryllodes sigillatus (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Recuperado de http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/crickets/gsigilla.html

Walker, T. (2019). Jamaican Field Cricket, Gryllus assimilis (Fabricius), (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Recuperado de https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN22600.pdf

Xinghao, J., Heo, P., Hong, J., Kim, N. y Kim, Y. (2016). Supplementation of mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 29. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303816824_Supplementation_of_mealworm_Tenebrio_Molitor_larva_on_growth_performance_nutrient_digestibility_and_blood_profiles_in_weaning_pigs

Zumbado, M. y Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola – Guía Básica de entomología. Programa Nacional de Agricultura Orgánica. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf

Anexos

Anexo 1 Distribución de los Climas según Koppen en Colombia