



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE
HARINA DE LARVA DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*)**

Carolayne Matilde Gómez Alfaro

Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la Producción Animal

PROFESOR GUÍA: Carolina Paz Valenzuela Venegas
Universidad de Chile

Financiamiento: Empresa Kalfucura SPA.

SANTIAGO, CHILE
2022



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE
HARINA DE LARVA DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*)**

Carolayne Matilde Gómez Alfaro

Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la Producción Animal

PROFESOR GUÍA: Carolina Paz Valenzuela Venegas
Universidad de Chile

Financiamiento: Empresa Kalfucura SPA.

Nota Final

Prof. Guía

Profesor Corrector

Profesor Corrector

AGRADECIMIENTOS

Las palabras son insuficientes para agradecer a mi madre, hermanos y compañero de vida, aquellos que están a mi lado, me acompañan, apoyan e impulsan a transitar por cada momento de la vida con la frente en alto. Gracias infinitas por la fuerza, espíritu, cariño, entre tantas cosas más que me han formado y me han transformado en lo que soy.

Agradezco infinitamente a mi docente a cargo la Dra. Carolina Valenzuela por tener una paciencia y disposición sin límites para darme la oportunidad de terminar este proceso.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue elaborar y caracterizar nutricionalmente harina de larva de mosca doméstica (*Musca domestica*) para convertirse en un potencial ingrediente alimentario. Las larvas fueron cosechadas desde focos encontrados en el guano de un plantel de aves ponedoras. La harina fue preparada por un método simple de secado en estufa y molienda. La harina se caracterizó por análisis químico proximal, composición de minerales, perfil de aminoácidos, score aminoacídico, perfil de ácidos grasos y análisis microbiológico. El contenido de proteína cruda y extracto etéreo de la harina fueron altos de 54% y 22%, respectivamente. El contenido de fibra cruda fue de 6,0% y el contenido de cenizas de 7,6%. La razón de Ca y P fue cercana a 1:1. En el perfil de aminoácidos destaca el alto contenido del ácido glutámico (5,6%), ácido aspártico (3,5%) y alanina (2,7%). También presentó un alto contenido de aminoácidos esenciales como lisina (2,2%), cisteína (2,2%) y leucina (1,7%). El perfil de ácidos grasos fue de 31,5% de ácidos grasos saturados y 68,4% insaturados, observándose en orden decreciente el ácido oleico (7,2%), palmítico (5,1%) linoleico (3,5%).

El análisis microbiológico indicó que la harina podría convertirse en un ingrediente alimentario seguro para su uso en alimentación animal (aerobios mesófilos de $1,7 \times 10^3$ UFC/g, nivel de coliformes < 10 UFC/g y no se encontró *Salmonella* spp.). En conclusión, por un método simple se obtuvo harina de insecto con excelente calidad nutricional y de características microbiológicas compatibles con su uso como ingrediente alimentario para alimentación animal.

Palabras claves: harina, insectos, larva mosca doméstica, composición nutricional.

ABSTRACT

The objective of this study was to elaborate and characterize nutritionally housefly larva meal (*Musca domestica*) to become a potential food/feed ingredient. The housefly larvae were obtained from guano extracted from a commercial laying hen farm. The meal was prepared by a simple oven-drying and milling method. The meal was characterized by proximal chemical analysis, mineral composition, amino acid profile, amino acid score, fatty acid profile and microbiological analysis. The crude protein and the ether extract contents of the meal were high at 54% and 22%, respectively. The crude fiber content was 6.0% and the ash content was 7.6%. The Ca/P ratio is about 1:1. En el perfil de aminoácidos destaca el alto contenido del ácido glutámico (5,6%), ácido aspártico (3,5%) y alanina (2,7%). Also presented a high content of essential amino acids such as lysine (2.2%), cysteine (2.2%) and leucine (1.7%). The fatty acid profile was 31.5% saturated and 68.4% unsaturated fatty acids, with oleic (7.2%), palmitic (5,1%) and linoleic (3.5%) acids observed in decreasing order. The microbiological analysis indicated that meal could become a safe food ingredient for use in animal feed (mesophilic aerobes of 1.7×10^3 CFU/g, coliform level < 10 CFU/g and no *Salmonella* spp. was found). In conclusion, by a simple method insect meal was obtained with excellent nutritional quality and microbiological characteristics compatible for its use as a feed ingredient.

Key words: meal, insects, house fly larvae, nutritional composition.

INTRODUCCIÓN

Según un estudio desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la población al año 2050 será de aproximadamente 9.100 millones de personas, lo que implicará una mayor producción de alimentos para satisfacer la necesidad de población. En consecuencia, se espera que la producción anual de carne aumente de 200 a 470 millones de toneladas, y por consiguiente la cantidad de concentrados proteicos necesarios para alimentar a los animales se incremente considerablemente (FAO, 2009). Se suma a esto, que las producciones animales se verán obligadas a intensificar su producción, necesitando a su vez alimentos con alto contenido proteico (OECD y FAO, 2017).

El uso de insectos en la alimentación animal y humana surge con la finalidad de satisfacer la necesidad de contar con nuevas opciones de ingredientes nutritivos, con alto contenido proteico y aminoácidos digestibles, de menor costo que los de origen animal y sustentables (Sun-Waterhouse *et al.*, 2016). Los insectos en la naturaleza forman un importante recurso distribuido a través de ecosistemas acuáticos, forestales y agrícolas (Deroy *et al.*, 2015). Uno de los insectos estudiado para convertirse en ingrediente alimentario son las larvas de la mosca común (*Musca domestica*), un insecto holometábolo, con una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes y resistencia a enfermedades. Tiene una amplia distribución geográfica, desarrollándose en temperaturas que varían de 20 a 35°C. Manifiesta una alta capacidad reproductiva, cada hembra puede depositar aproximadamente 500 huevos durante toda su vida, mostrando un crecimiento rápido y un ciclo de vida corto, de aproximadamente 15 días (Niu *et al.*, 2017). La mosca común es una plaga en producciones ganaderas y un importante vector de enfermedades para el ser humano, razón que sustenta el rechazo de la población occidental para considerar sus larvas como alimento. Los hábitos de las moscas adultas contribuyen a la contaminación de los alimentos destinados a consumo humano con diversos microorganismos, debido a que en su estado larvario y adulto se alimentan de estiércol y desechos orgánicos en descomposición (INIA, 2013). La habilidad de la larva de mosca doméstica de alimentarse con amplia gama de sustratos (desechos agroindustriales, domiciliarios, marinos, entre otros), posibilita la conversión de desechos en una valiosa biomasa rica en proteína y grasas aportando sustantivamente a la economía circular (Makkar *et al.*, 2014). El uso de la larva de mosca como bioconvertidor ha obtenido

sobresalientes resultados, tanto por razones económicas como ambientales. Las larvas de mosca tienen la capacidad de generar productos de alto valor agregado como proteína, aceite, biodiesel y fertilizante orgánico (Niu *et al.*, 2017).

Hasta el momento, la cría de larvas de mosca se ha basado en el uso de distintos sustratos para su producción desde el uso de dietas comerciales, leche en polvo, salvado de trigo, añadidos a una base de estiércol y agua, obtenido principalmente de las producciones de cerdos y aves domésticas. Una de las características en común de los medios de cría de larvas de mosca es la humedad que debe poseer el sustrato (65-70%). Se ha demostrado que el desarrollo de las larvas de moscas es mayormente factible en estiércol de aves domésticas (Larraín y Salas, 2008). Se pueden obtener grandes poblaciones de larvas a partir de una pequeña cantidad de sustrato, por ejemplo, 450 g de estiércol fresco pueden alimentar a 1.500 larvas (Makkar *et al.*, 2014). El principal método para separar las larvas del sustrato es inundando éste con agua y así obtener las larvas, para luego ser procesadas por secado y molienda, siendo convertidas posteriormente en harina (Cortes *et al.*, 2016). Sin embargo, este método requiere de uso abundante de agua, resultando poco eficiente y costoso.

En la literatura se describen diferentes métodos de crianza de las larvas de mosca, principalmente de la mosca soldado (Xiao *et al.*, 2018), pero no existe información detallada de un sistema que recolecte directamente las larvas de moscas doméstica desde los focos que surgen en los planteles pecuarios. Por esta razón, en una primera etapa el presente estudio se enfocará en el diseño y aplicación de un sistema piloto que permita obtener las larvas desde los focos de un plantel de gallinas ponedoras. Por otra parte, diversos estudios han caracterizado nutricionalmente la harina de larvas de moscas, principalmente la mosca soldado negra, obteniendo como resultado rangos variables de nutrientes, que dependen de la alimentación y las condiciones de crianza de las larvas. Para el caso de la mosca doméstica, los estudios son más escasos (Sánchez *et al.*, 2014). Se ha descrito que el contenido de proteína de la harina de larvas de mosca doméstica fluctúa en un rango de 60-76%, y que posee un alto contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales de alta digestibilidad, elevado valor de lisina, pero bajas concentraciones de metionina (Pieterse y Pretorius, 2014). Sin embargo, estas características son altamente variables dependiendo del sustrato utilizado para la crianza/desarrollo de las larvas. Un estudio realizado en pavos demostró que larvas

de mosca deshidratadas tienen el potencial de reemplazar la harina de soya como suplemento proteico (Zuidhof *et al.*, 2003).

En Chile, las moscas son un gran problema en las granjas productoras de animales, por tanto, la propuesta del presente estudio es implementar un modelo piloto para la recolección de larvas de moscas domésticas en un plantel de aves ponedoras en Chile, para convertirlas en un potencial ingrediente alimentario. Así, el objetivo de este estudio fue elaborar y caracterizar nutricionalmente harina de larva de mosca doméstica (*Musca domestica*) para convertirse en un potencial ingrediente alimentario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las larvas de mosca

La obtención de las larvas de moscas se realizó en un plantel comercial de gallinas ponedoras ubicada en Camino Lo Ermita, Parcelación los Retamos, Comuna Calera de Tango, Región Metropolitana, Chile. Las larvas se extrajeron directamente del guano acumulado en el plantel. Las larvas se presentaron como focos, desarrollándose en determinados sectores que tenían las condiciones propicias, caracterizados por una humedad de alrededor del 65%, y una temperatura ambiental dentro del plantel que variaba entre 20 a 25°C (Larraín y Salas, 2008).

La obtención de las larvas comenzó con la identificación de los focos, a través de la observación de la superficie del guano, que adquiere una textura arenosa (Figura 1A). Posteriormente las larvas fueron recolectadas directamente desde el guano para ser depositadas en recipientes plásticos, junto con la materia orgánica (Figura 1B). Se observó que el comportamiento de las larvas fue huir de la superficie y agruparse bajo una capa de aproximadamente 5 cm de guano, consumiendo la materia orgánica a su alrededor. Un paso fundamental es la separación de las larvas del sustrato, para esto se han propuesto varios métodos, los cuales se investigaron: 1) inundación de las larvas junto al sustrato, basado en el principio que las larvas deben flotar y con el uso de un colador se obtienen larvas limpias sin sustrato (Sogbesan *et al.*, 2016). 2) Lavado y separación manual de las larvas, con el propósito de reducir el consumo de agua y 3) Uso de un dispositivo desarrollado especialmente en esta memoria, para poder obtener las larvas sin la necesidad de utilizar agua para su separación. Para esto se montó un sistema de mallas en forma de rectángulos, que poseen celdillas cuadradas de 2 x 2 mm aproximadamente, y bajo éstas se dispuso un receptáculo (Figura 1C).

Después de establecer la metodología adecuada para obtener las larvas separadas del sustrato, éstas fueron lavadas con agua potable y congeladas a -18°C.



Figura 1. Recolección de larvas de mosca doméstica desde focos de larvas obtenidos desde un plantel de gallinas ponedoras. A: focos de larvas entre el estiércol. B: Recolección de los focos. C: Sistema de filtración y recolección de larvas (separación de las larvas del sustrato).

Elaboración de la harina de larvas de mosca

Las larvas de mosca fueron descongeladas a temperatura de refrigeración (4°C) y secadas en estufa a 100°C por 6 horas. La temperatura de 100°C se sustenta en que la mayoría de las bacterias se inactivan a los 70°C (Lado y Yousef, 2002). Se realizó el proceso de molienda con un triturador de alimentos (Minipimer Hand Blender HR2633, Somela, Chile), con el objetivo de reducir el tamaño de las partículas, obteniendo así la harina de larvas de mosca.

Caracterización de la harina de larvas de mosca

Análisis químico proximal

La harina de larvas de mosca se analizó de acuerdo con las directrices de la “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC, 1996), determinando contenido de humedad (método 945.15), proteína cruda (método Kjeldahl 945.18, N X 6.25), extracto etéreo (método 945.16), ceniza (método 920.153) y fibra cruda (método 991.36). El contenido de extracto no nitrogenado se calculó por diferencia.

Contenido de calcio y fósforo

La determinación de minerales (calcio y fósforo) se realizó de acuerdo con la AOAC (1990), según las longitudes de onda específicas para cada elemento (Ca: 422.7 y P: 630.0 nm), utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (GBC, 905AA, Victoria, Australia).

Perfil de aminoácidos

El total de aminoácidos se determinó en muestras previamente sometidas a hidrólisis convencional (White *et al.*, 1986). Se usó el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para identificar y cuantificar los aminoácidos (HPLC Shimadzu, Kyoto, Japón), junto con la bomba HPLC LC-20AD con detección de matriz de diodos (detector SPD-M20A, inyector SIL-20A, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón). La separación de los derivados se logró usando un RP-18 (250 x 4,6 mm, tamaño de partícula de 5-3 µm, Inertsil® ODS-3, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón).

Score aminoacídico

Se calculó el score aminoacídico según lo descrito por Dale y Valenzuela (2016) y Arias *et al.* (2018), para los aminoácidos esenciales para pollos broiler, utilizando los requerimientos de estos animales según “The National Research Council” (NRC, 1994) y para cerdos según lo descrito en “The National Research Council” (1998). Para realizar el cálculo del score aminoacídico se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1. Score} = \frac{\text{Aminoácido de la harina de larvas de mosca}}{\text{Requerimiento de aminoácidos}} \times 100$$

Perfil de ácidos grasos

Se sometió a los lípidos al proceso de saponificación y la derivatización transformándolos en ésteres metílicos (AOCS 1990; Método Ce 1b-89). Los ésteres metílicos se analizaron por

medio de cromatografía de gases con detector de ionización de llama o GC-FID. Se utilizó un cromatógrafo de gases GC Agilent Technologies 6890N, con una columna capilar de cera Omega 320 (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm) (Supelco, Bellefonte, PA, USA) y detector FID. Los parámetros de temperatura fueron de: 140, 190, 220, 240°C y de 2070°C para el detector. Los flujos de gas fueron los siguientes: N₂: 20 mL/min, H₂: 40 mL/min, gas sintético (mezcla comercial de N₂ y O₂) de 250 mL/min. Para la identificación de cada éster metílico de ácido los ácidos grasos se utilizaron estándares disponibles de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Sigma Co., St. Louis, MO, EE. UU.).

Análisis microbiológico

Los análisis de recuento de mesófilos aeróbicos y *Salmonella* spp. se realizaron según la metodología de las normas chilenas NCh 2659.Of2002 y NCh 2675.Of2002, respectivamente (INN, 2008). El recuento de coliformes se determinó según la AOAC 991.14. 2000 (Feldsine *et al.*, 2002).

Análisis estadístico

Se obtuvieron 5 réplicas de alrededor de 200 g de harina de larvas, obtenidas desde diferentes procesos de visita, recolección, procesamiento y elaboración de la harina. Todos los análisis se realizaron en triplicado. Se utilizó estadística descriptiva para analizar los datos de la harina de larva de moscas, usando los estadígrafos promedio ± desviación estándar. Estos análisis fueron realizados con el programa Excel de Microsoft®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de métodos para la obtención de larvas

La recolección de las larvas se realizó directamente desde los focos detectados por medio de la observación en el plantel, posteriormente fueron depositadas en distintos dispensadores plásticos. Para ser separadas del sustrato se estudiaron tres métodos descritos en la Tabla 1, donde se describen sus ventajas y desventajas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los distintos métodos de obtención de larvas.

Método	Ventajas	Desventajas
1) Inundación	-No presenta.	-Requiere uso de agua. -Resultados contradictorios con los expuestos en la literatura, debido a que las larvas no se separaron del material orgánico y no flotaron como se esperaba inicialmente.
2) Lavado	-Las larvas logran ser separadas del sustrato.	-Utiliza gran cantidad de agua. -Sólo se separa la materia orgánica de menor tamaño. Por tanto, además de larvas se recolecta gran cantidad de sustrato. -El procedimiento de separación resulto ser tedioso, lento, con un bajo rendimiento, y las larvas transitan rápidamente a un estado de putrefacción.

<p>3) Uso de dispositivo de mallas y receptáculo</p>	<p>-Procedimiento rápido, que presentó un rendimiento alto (se trataron alrededor de 15 kg de focos, en los que se encontraban las larvas mezcladas con el sustrato. Obteniendo la totalidad de larvas en 1 hora).</p> <p>- Separa eficientemente las larvas del sustrato.</p> <p>-El agua es utilizada solamente al final del procedimiento, reduciendo el uso de este recurso.</p> <p>-Permite la reutilización de las redes.</p>	<p>-El sustrato de menor tamaño logra atravesar las redes, requiriendo un lavado final para eliminar el sustrato.</p>
--	---	---

El primer método probado consistió en inundar los focos, esperando que las larvas flotaran y fueran recolectadas, replicando lo mencionado en la literatura (Sogbesan *et al.*, 2016). Sin embargo, este método no cumplió las expectativas, ya que las larvas se hundieron en el fondo del recipiente y no flotaron, mezclándose con el sustrato. El segundo método fue lavar las larvas junto con el sustrato, separando las partículas de mayor tamaño y atrapando las larvas, a través de un arenero, como fue descrito por Sogbesan *et al.* (2016). Luego, se utilizó una pinza de ratón para separar las larvas del sustrato, logrando obtener 60 larvas por hora aproximadamente, lo cual fue considerado como un progreso lento y con bajo rendimiento. El tercer método consistió en la elaboración del dispositivo mostrado en la Figura 1C. Este método no ha sido descrito en otras investigaciones. Se observó que las larvas vivas cuando son dispuestas sobre la red junto con el sustrato, traspasan por los agujeros, debido a su propio movimiento, separándose por sí mismas del sustrato. Este método fue el seleccionado, debido a que se lograban recolectar grandes cantidades de larvas en poco tiempo.

Análisis químico proximal de harina de larvas de moscas.

En relación con los resultados del análisis químico proximal (Tabla 2), la harina de larvas de mosca tiene un alto contenido en proteínas, siendo superior al encontrado en la harina de larvas de la mosca soldado-negra (40-44% en base seca) (Tabla 2) (Makkar *et al.*, 2014), la que representa un estándar, debido a que es la harina de insectos más producida en el mundo y utilizada como ingrediente en dietas de animales productivos y mascotas (Van *et al.*, 2013). La harina de larvas de mosca doméstica también contiene una mayor cantidad de proteína cruda la harina de carne y harina de soya (Tabla 2) (Batal y Dale, 2016). Sin embargo, presenta un contenido inferior a la harina de pescado (Tabla 2).

Según las definiciones de etiquetado de alimentos del *Codex Alimentarius*, un producto alimenticio es "alto en proteínas" cuando el contenido de proteínas es ≥ 10 g/100 g de porción comestible, para un adulto de 60 kg (OMS y FAO, 2007). Por lo tanto, la harina de larvas de mosca puede considerarse una fuente alta de proteínas y podría usarse para sustituir fuentes proteicas animales o vegetales de gran consumo, considerando como desafío el mejorar las características organolépticas de las harinas de insectos, principalmente los atributos como color, aroma, textura y sabor para humanos. En el caso de las mascotas, los atributos a mejorar serían aroma, textura y sabor, especialmente para gatos. En animales productivos se ha observado una buena aceptabilidad (Avendaño *et al.*, 2020).

Tabla 2. Análisis químico proximal (en base seca expresados en promedio \pm desviación), contenido de minerales de harina de larvas de mosca doméstica (HLMD) y composición química proximal de harinas de otros insectos y de harinas de uso común en dietas para animales.

Componentes	HLMD	HLMSN* ¹	Harina de pescado ²	Harina de Soya ³	Harina de carne ⁴
Humedad (%)	7,5 \pm 1,0	-	-	8,1	5,4
Proteína cruda (%)	54,0 \pm 1,8	41,1 \pm 0,3	72,4	37,7	49,3
Extracto etéreo (%)	21,7 \pm 0,7	30,1 \pm 0,4	11,0	-	14,4
Fibra cruda (%)	6,0 \pm 0,4	-	0,3	5,4	1,0
Cenizas (%)	7,6 \pm 0,3	9,3 \pm 1,8	10,0	4,3	26,0
Extracto no nitrogenado (%)	10,6 \pm 1,2	-	6,3	-	-
Calcio (%)	1,2 \pm 0,1	-	-	-	7,5
Fósforo (%)	1,1 \pm 0,1	-	-	-	3,85

* HLMSN: Harina Larva Mosca Soldado Negro criadas en estiércol de pollo (Shumo *et al.*, 2019)¹. (Agboola *et al.*, 2013)², (Ogbemudia *et al.*, 2018)³, (FEDNA, 2019)⁴.

El contenido de extracto etéreo de la harina de larvas de mosca doméstica fue alto, acorde a lo esperado, ya que se ha descrito como el segundo nutriente más importante en las harinas de larvas de mosca y otros insectos (el cual varía entre 7 a 35% en base seca) (Sánchez *et al.*, 2014). Por otro lado, resulta superior a lo encontrado en la harina de carne y pescado e inferior a la harina de mosca de soldado negro (Tabla 2). Al comparar con el contenido de lípidos de otras fuentes de alimentos de origen animal (en base seca), la harina de larvas de mosca muestra un contenido mayor que: pechuga de pollo (3,6%), lomo de cerdo (4,8%) y lomo de vacuno (7,2%) (FAO y INFOODS, 2012). Por lo tanto, la harina de larvas de mosca se considera buena fuente de lípidos, lo que la hace ser una excelente fuente energética.

Finalmente, el contenido de fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno se comparó con el de otros insectos. El contenido de fibra fue bajo porque en este estudio se trabajó con larvas, estadio que se caracteriza por una baja concentración de quitina, que ha sido identificada como la fuente principal de fibra en los insectos (Makkar *et al.*, 2014; Sanchez *et al.*, 2014). El aporte de fibra es similar al de otros alimentos de origen vegetal usados en alimentación animal como el grano de cebada (6,3%), la semilla de lino (6,5%) y la semilla de guisante (6,0%) (Batal *et al.*, 2016). El contenido de cenizas fue alto, como ha sido reportado en otras harinas de larva de mosca y se caracteriza por altas concentraciones de algunos minerales como K, Ca, Fe y Mg (Ramos, 2005).

Perfil de aminoácidos.

En la Tabla 3 se presenta el perfil de aminoácidos totales de la harina de larvas de mosca doméstica. Los aminoácidos más importantes encontrados fueron en primer lugar el ácido glutámico (5,57%), relacionado con el sabor umami que tiene alta preferencia y aceptación en mamíferos y humanos, encontrado en alimentos como el pescado, carne, leche, tomate y algunos vegetales (Fuentes *et al.*, 2010; Araujo *et al.*, 2003). El glutamato como aminoácido contribuye en el metabolismo energético al participar en reacciones de transaminación para la generación de otros aminoácidos, también a nivel sistémico en las funciones gastrointestinales asociadas a la nutrición, sensación de gusto, maduración intestinal y como fuente energética de las células epiteliales intestinales y colónicas, metabolismo del sistema nervioso, entre otros (Albarracín *et al.*, 2016). El ácido aspártico (3,47%) fue el segundo aminoácido con mayor proporción en la harina, el cual está involucrado en la formación del ADN, metabolismo de carbohidratos y proteínas, participa en la desintoxicación del amoníaco en el cuerpo y promueve la protección hepática (Sajadi, 2010). Los niveles de ácido glutámico y aspártico son similares a las encontradas en las harinas de leguminosas como frijol negro, frijol blanco, frijol chino y quinchoncho (Miquilena y Higuera, 2012).

El tercer aminoácido encontrado en mayor cantidad es la alanina (2,41%). En peces es uno de los principales precursores glucogénico e importante sustrato energético, además de ser la fuente preferida de nitrógeno para el metabolismo de los aminoácidos (Mommsen *et al.*, 1980). El contenido de lisina (2,24%), aminoácido esencial que generalmente es utilizado

como indicador nutricional de los alimentos, es superior a lo encontrado en carne de vacuno, filete de cerdo y pescado (Quintral *et al.*, 2001). En los resultados del perfil de aminoácidos, hay una importante presencia de aminoácidos esenciales como cisteína y leucina, relacionados en otros estudios con una alta digestibilidad, siendo similar a alimentos de origen animal como harina de carne (Batal y Dale, 2011). Se ha descrito que los coeficientes de digestibilidad aparente de los aminoácidos esenciales, presentes en la harina de larvas de mosca como: lisina, metionina, arginina y valina; es alta (rango entre 0,85-0,97) para pollos boiler, mostrando una digestibilidad similar a alimentos de origen animal como la harina de pescado (Hall *et al.*, 2018). Por estas razones, la harina de mosca presenta un alto valor nutritivo.

Tabla 3. Contenido de aminoácidos de harina de larvas de mosca doméstica (g/100g).

Aminoácidos (g/100g)	Promedio ± DS
Ácido aspártico	3,47 ± 0,18
Ácido Glutámico	5,57 ± 0,03
Serina	1,28 ± 0,04
Glicina	1,70 ± 0,06
Histidina	0,52 ± 0,04
Arginina	0,7 ± 0,11
Treonina	1,36 ± 0,03
Alanina	2,71 ± 0,08
Prolina	1,10 ± 0,06
Tirosina	1,04 ± 0,08
Valina	1,42 ± 0,04
Metionina	0,62 ± 0,04
Cisteína	2,17 ± 0,22
Isoleucina	1,48 ± 0,05
Leucina	1,71 ± 0,01
Fenilalanina	1,56 ± 0,02
Lisina	2,24 ± 0,05

Los resultados del perfil de aminoácidos en términos generales fueron similares a lo reportado por otros autores para harina de larvas de mosca doméstica (Gadzama y Ndudim 2019; Hashizume *et al.*, 2019). Sin embargo, existen diferencias con 2 aminoácidos importantes en la nutrición de mamíferos, la lisina (2,23%) y metionina (1,56%), que se encuentran en mayor y menor concentración, respectivamente, en el presente estudio. Las

diferencias se pueden explicar principalmente por el tipo de sustrato utilizado para criar las larvas, así en el presente estudio las larvas se alimentaron con heces. También depende de la diversidad de estadio de las larvas (Heuzé y Tran, 2015). Según una revisión realizada por Hamed (2020) las larvas que son alimentadas con estiércol y que son cosechadas antes de lo esperado, normalmente presentan un menor contenido de lisina, en comparación con aquellas que fueron alimentadas con sangre de ganado, trigo y salvado, mostrando un perfil de aminoácidos variable. Al mismo tiempo, se ha observado que la harina de pupa en comparación a la harina de larva tiene una mayor proporción de proteína y fibra (por la mayor concentración de quitina de la pupa), además de una menor cantidad de lípidos. El contenido de lisina también es menor y ocurre lo mismo con los aminoácidos azufrados (Makkar *et al.*, 2014; Pieterse y Pretorius, 2014). A pesar de esta variabilidad, la harina de larvas de mosca doméstica ha sido incluida en la alimentación de salmónidos principalmente, en reemplazo de la harina de pescado y como suplemento proteico para dietas comerciales de aves de corral, obteniéndose buenos resultados productivos (Zuidhof *et al.*, 2003).

Score aminoacídico.

El cálculo del score aminoácido de la harina de larva de mosca doméstica para pollo broiler se presentan en la Tabla 4. Las puntuaciones de aminoácidos ≥ 1 son consideradas por encima del estándar y en consecuencia significa que el ingrediente evaluado, en este caso la harina de larvas de mosca doméstica, cubre el requerimiento del aminoácido en cuestión. En este análisis se observa que solo el aminoácido esencial arginina resulta limitante, en la etapa productiva de 0 a 8 semanas de edad (Sánchez *et al.*, 2021).

Tabla 4. Score de aminoácidos de harina de larva de mosca doméstica según los requisitos sugeridos para diversas etapas (en semanas) de pollos broiler según los requerimientos descritos en “The National Reseach Council” (NRC, 1994).

Aminoácidos	HLMD*	0-3 semanas	3-6 semanas	6-8 semanas
Metionina	0,62	1,24	1,63	1,94
Lisina	2,24	2,04	2,24	2,64
Treonina	1,36	1,70	1,84	2,00
Metionina +	2,79			
Cisteína		3,10	3,88	4,65
Isoleucina	1,48	1,85	2,03	2,39
Valina	1,42	1,58	1,73	2,03
Arginina	0,70	0,56	0,64	0,70

*HLMD: Harina de larva de mosca doméstica.

Tabla 5. Score de aminoácidos de harina de larva de mosca doméstica según los requisitos sugeridos cerdos para diferentes etapas de crecimiento según los requerimientos descritos en “The National Reseach Council” (NRC, 1998).

Aminoácidos	3-5 kg	5-10 kg	10-20 kg	20-50 kg	50-80 kg	80-120 kg
Metionina	1,72	1,94	2,30	2,82	3,44	4,43
Lisina	1,67	1,88	2,22	2,70	3,39	4,31
Treonina	1,62	1,84	2,16	2,62	3,16	4,00
Metionina + Cisteína	3,67	4,10	4,81	5,94	7,15	9,00
Isoleucina	2,03	2,28	2,69	3,29	4,00	5,10
Valina	1,56	1,75	2,06	2,54	3,16	4,06
Arginina	1,30	1,43	1,67	2,12	2,92	4,38

La Tabla 5, muestra el score de aminoácidos para cerdos en crecimiento, desde estos resultados se desprende que la harina de larva de mosca doméstica no presenta aminoácidos limitantes para estos animales en ninguna de las etapas productivas. El análisis de score de aminoácidos de la HLMD para pollos broiler y cerdos no ha sido realizado en otros estudios. Sin embargo, según lo mencionado por Sánchez *et al.* (2021), la HLMD cubre los requisitos sugeridos por la FAO/OMS de metionina + cisteína y fenilalanina + tirosina para los escolares y adultos, con la excepción de histidina y leucina.

Perfil de ácidos grasos.

En relación con el perfil de ácidos grasos (Tabla 6), este se distribuye en un 31,5% de ácidos grasos saturados y 68,4% de ácidos grasos insaturados, en esta última categoría destacan los ácidos oleico y palmitoleico, lo que concuerda con lo mencionado por Hussein *et al.* (2017) en un análisis de perfil de ácidos grasos de la harina de larva de mosca doméstica, que indica un 34,6% de ácidos grasos fueron saturados y un 61,4% insaturados. Existe una variación en el contenido de ácidos grasos de los insectos, explicado por factores tales como el sustrato en que se desarrollen las larvas y otros intrínsecos a las larvas, como la edad, sexo, tamaño de la larva, capacidad de digestión y actividades enzimáticas (Akullo *et al.*, 2017). Los ácidos grasos predominantes fueron el ácido oleico (7,21%), del tipo monoinsaturado, ácido palmítico (5,10%), un saturado y en tercer lugar, el ácido linoleico (3,54%), poliinsaturado y de la familia de los Omega-6, similar a lo informado en la literatura (Pieterse y Pretorius, 2014). El aceite y harina de larva doméstica podría considerarse más saludable al ser incluida en la dieta de los seres humanos que la harina larva soldado negra, debido a que ésta última tiene una mayor cantidad de ácidos grasos saturados, tales como el ácido láurico (alrededor del 25%) y palmítico (Makkar *et al.*, 2014).

Tabla 6. Composición de ácidos grasos de la harina de larva de mosca (g/100g).

Ácidos Grasos (g/100g)		Promedio ± DS
Láurico	C 12:0	0,02 ± 0,01
Mirístico	C 14:0	0,46 ± 0,01
Miristoleico	C 14:1	0,25 ± 0,01
Ácido pentadecanoico	C 15:0	0,14 ± 0,02
Palmítico	C 16:0	5,10 ± 0,07
Palmitoleico	C 16:1	2,61 ± 0,06
Heptadecanoico	C 17:0	0,62 ± 0,02
cis-10 heptadecenoico	C 17:1	0,61 ± 0,01
Esteárico	C 18:0	0,56 ± 0,03
Oleico	C 18:1	7,21 ± 0,08
Linoleico	C 18:2	3,54 ± 0,05
Gamma linolénico	C 18:3	0,06 ± 0,01
Linolénico	C 18:3	0,14 ± 0,01
Gadoleico	C 20:1	0,20 ± 0,02
Dihomo- γ -linolénico	C 20:3	0,04 ± 0,01
Araquidónico	C 20:4	0,27 ± 0,02
AEP	C 20:5	0,08 ± 0,01
Total ácidos grasos saturados (SFA)		6,91
Total ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)		10,88
Total ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)		4,13
Ácidos grasos poliinsaturados/saturados (PUFA/SFA)		0,59

Al calcular el índice entre la relación de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA por sus siglas en inglés)/ácidos grasos saturados (SFA) (PUFA/SFA), utilizado para evaluar el impacto de la dieta en la salud cardiovascular en los seres humanos, indica que mientras mayor sea esta relación, tendrá un efecto positivo de depresión del colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y la reducción de los niveles de colesterol sérico, mientras que los SFA contribuyen a niveles elevados de este último (Chen y Liu, 2020). En el presente estudio este índice fue de 0,59, similar a lo indicado por la literatura (0,66) para otros insectos considerados saludables para el consumo humano (Pieterse y Pretorius, 2014). Otros alimentos con índices similares que son considerados saludables para el ser humano son: el pescado (0,5-1,62), conejo (0,55-0,69) y pollo (0,165-0,634) (Chen y Liu, 2020).

Análisis microbiológico.

Los análisis microbiológicos de los ingredientes y los alimentos representan un paso crítico para permitir su consumo por animales o humanos. En este sentido, los valores de referencia para los ingredientes/alimentos secos y listos para el consumo, como la harina de larvas de mosca, indican que el total de bacterias aerobias mesófilas no debe ser superior a 10^4 - 10^5 UFC/g, no debiesen contener más de 10^2 UFC/g en el caso de las bacterias coliformes, mientras que no se permite la presencia de *Salmonella* spp (0 UFC/g) para humanos (Lee *et al.*, 2004). En cuanto a los límites máximos permitidos según la norma microbiológica para los alimentos de consumo animal no debe superar en el caso de los aerobios mesófilos a 5×10^6 a 10^8 UFC/g, *E. coli* 10^2 UFC/g, ausencia de *Salmonella* en 25g, (SAG, 2013). Los resultados para la harina de larvas de mosca de este estudio indican que el contenido de aerobios mesófilos fue de $1,7 \times 10^3$ UFC/g, el nivel de coliformes fue < 10 UFC/g, y que no se encontró *Salmonella* spp. Por tanto, la harina de larvas de mosca es microbiológicamente adecuada para consumo humano y animal. Según otros trabajos, el bajo contenido de las bacterias analizadas podría estar influenciado por la estrategia seleccionada para convertir larvas a harina, que en este caso fue el secado en estufa a altas temperaturas, que reduce la contaminación microbiológica (Klunder *et al.*, 2012). Belluco *et al.* (2013), describieron la alta seguridad del consumo de algunos insectos y/o ingredientes en base a insectos en

comparación con algunos alimentos de origen animal de consumo habitual. Incluso se ha descrito que el consumo de insectos presenta un menor riesgo de contraer enfermedades zoonóticas y transmitidas por los alimentos (Van *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

El presente estudio se centró en la elaboración de harina de larvas de mosca domésticas, extraídas desde un plantel de aves ponedoras. Se observa que se logró cumplir el objetivo general y específicos del estudio ya que se implementó un nuevo dispositivo para el proceso de separación de las larvas del sustrato, en base a mallas permite separar las larvas de mosca doméstica del sustrato gracias a su propio movimiento, que resultó ser eficiente, puesto que maximizó el uso de los recursos como agua y tiempo, permitiendo la reutilización del dispositivo. En tanto a la preparación de la harina de larvas de mosca se llevó a cabo por medio de un método de secado simple utilizando una temperatura de 100°C/6 horas, para reducir la carga microbiológica de la harina. El análisis de las características nutricionales de la harina de larvas de mosca doméstica presentó un alto contenido de proteínas de 54% en base seca, siendo considerado un alimento alto en proteínas según el *Codex Alimentarius*. Al mismo tiempo un elevado contenido de extracto etéreo (21,7%). En relación con el contenido de aminoácidos los encontrados en mayor cantidad fueron el ácido glutámico (5,57%), ácido aspártico (3,47%) y alanina (2,41%). Los ácidos grasos predominantes fueron el ácido oleico (7,21%), ácido palmítico (5,10%) y el ácido linoleico (3,54%). Los resultados del score de aminoácidos indican que la harina de larva de mosca alcanza a cubrir en su totalidad los requerimientos de aminoácidos esenciales para los cerdos en crecimiento. En cuanto este mismo cálculo aplicado en pollos broiler se observa que este alimento cubre los requerimientos de todos los aminoácidos esenciales a excepción de la arginina. Finalmente, las investigaciones sobre diversos insectos para la elaboración de ingredientes alimentarios es un nicho en constante crecimiento, debido a beneficios nutricionales y ambientales, es por esto que continua el desafío de desarrollar de una producción rentable a gran escala para la crianza de larva de moscas domésticas.

BIBLIOGRAFÍA

- **AGBOOLA, A.; AJAYI, H.; OGUNBODE, S.; MAJOLAGBE, O.; ADENEKAN, O.; OGUNTUYO, C.; OPALEYE, R.** 2013. Serum Biochemistry and Haematological Indices of Broiler Chickens Fed Graded Levels of Frog (*Rana esculata*) Meal as Replacement to Fish Meal. *Inter. J. Agri. Biosci.* 2(5): 260-265.
- **AKULLO, J.; AGEA, J.; OBAA, B.; ACAI, O.; NAKIMBUGWE D.** 2017. Process development, sensory and nutritional evaluation of honey spread enriched with edible insects' flour. *Afr. J. Food. Sci.* 11(2): 30-39.
- **ALBARRACÍN, S.; BALDEÓN, M.; SANGRONIS, E.; PETRUSCHINA, A.; REYES, F.** 2016. L-Glutamato: un aminoácido clave para las funciones sensoriales y metabólicas. *ALAN.* 66 (2):101-110.
- **AOCS.** 1990. Official Methods and Recommended Practices. 4th Edition, American Oil Chemists Society, Champaign. II. 8-54 p.
- **AOAC.** 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th ed. International. Gaithersburg, USA. 3210 p.
- **AOAC.** 1996. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16th ed. International. Gaithersburg, USA. 3210 p.
- **ARAUJO, I.; KRINGELBACH, M.; ROLLS E.; HOBDEN P.** 2003. Representation of umami taste in the human brain. *J. Neurophysiol.* 90(1):313-9.
- **ARIAS, J.; MATTEHEI, A.; VALENZUELA, C.** 2018. Exploratory and descriptive study on nutritional characteristics and quality of eggs from Chilean partridge (*Nothoprocta perdicaria*). *Anim. Sci. J.* 89(1):186-192.
- **AVENDAÑO, C.; SÁNCHEZ, M.; VALENZUELA, C.** 2020. Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Rev. Chil. Nutr.* 47(6): 1029-1037.
- **BATAL, A.; DALE, N.** 2011. Ingredient Analysis Table: 2011 edition. [en línea]. <http://bardiamond.com/Library/Feeds/Articles/Ingredient%20Analysis%20Table%20011%20Edition_Feedstuffs.pdf>. [consulta: 24-09- 2021].

- **BATAL, A.; DALE, N.** 2016. Feedstuffs Ingredient Analysis Table: 2016 edition. [en línea] <https://feedstuffs.farmcentric.com/mdfm/Feeess50/author/427/2015/11/Feedstuffs_RIBG_Ingredient_Analysis_Table_2016.pdf>. [consulta: 03-09- 2021].
- **BELLUCO, S.; LOSASSO, C.; MAGGIOLETTI, M.; ALONZI, C.; PAOLETTI, M.; RICCI, A.** 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 12(3): 296–313.
- **CHEN, J.; LIU, H.** 2020. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *Int J. Mol. Sci.* 21(16): 1-24.
- **CORTES, C.; RUIZ, A.; MORALES- RAMOS, J.; THOMAS, M.; ROJAS, M.; TOMBERLIN, J.; YI, L.; HAN, R.; GIROUD, L.; JULLIEN, R.** 2016. Insect Mass Production Technologies. **In:** Dossey, A.; Morales-Ramos, J.; Rojas, M. (Eds). *Insects as sustainable food ingredients: Production, processing and food applications.* Academic Press. Cambridge, Massachusetts. pp. 153-201.
- **DALE, N.; VALENZUELA, C.** 2016. Nutritional properties of dried salmon silage for broiler feeding. *Anim. Sci. J.* 87(6):791-795.
- **DEROY, O.; READE, B.; SEPENCE, C.** 2015. The insectivore’s dilemma, and how to take the West out of it. *Food Qual. Pref.* 44:44-55.
- **FAO.** 2009. El Estado Mundial de Agricultura y la Alimentación. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>>. [consulta: 09-06- 2018].
- **FAO; INFOODS.** 2012. Tag Names for Food Components. The Food and Agriculture Organization. [en línea] <<http://www.fao.org/infoods/infoods/standards-guidelines/food-component-identifiers-tagnames/en/>>. [consulta: 03-09- 2021].
- **FEDNA.** 2019. Harina de carne, 50/14/26. [en línea] <https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-carne-501426>. [consulta: 27-03- 2022].
- **FELDSINE, P.; ABEYTA, C.; ANDREWS, W.** 2002. AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *J. AOAC Int.* 85(5). 1187–1200.
- **FUENTES, A.; FRESNO, M.; SANTANDER, H.; VALENZUELA, S.; GUTIÉRREZ, M.; MIRALLES, R.** 2010. Sensopercepción gustativa: una revisión. *Int. J. Odontostomat.* 4(2):161-168.

- **GADZAMA, I.; NDUDIM, R.** 2019. Nutritional Composition of Housefly Larvae Meal: A Sustainable Protein Source for Animal Production – A Review. *Acta Sci. Agric.* 3(4):74-77.
- **HALL, H.; O’NEILL, M. ; SCHOLEY, D.; BURTON, E.; DICKINSON, M.; FITCHES, E.** 2018. Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens. *Poult. Sci.* 97(4): 1290-1297.
- **HAMED, S.** 2020. Review on using of housefly maggots (*Musca domestica*) in fish diets. *Int. J. Zool. Res.* 2(4): 39-46.
- **HASHIZUME, A.; IDO, A.; OHTA, T.; THIAW, S.; MORITA, R.; NISHIKAWA, M.; TAKAHASHI, T.; MIURA, C.; MIURA, T.** 2019. Housefly (*Musca domestica*) Larvae Preparations after Removing the Hydrophobic Fraction Are Effective Alternatives to Fish Meal in Aquaculture Feed for Red Seabream (*Pagrus major*). *Fishes.* 4(3):38.
- **HEUZÉ V.; TRAN G.** 2015. Housefly maggot meal. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. [en línea]. < <https://www.feedipedia.org/node/671>>. [consulta: 03-05- 2018].
- **HUSSEIN, M.; PILLAI, V.; GODDARD, J.; PARK, H.; KOTHAPALLI, K.; ROSS, D.; KETTERINGS, Q.; BRENNAN, J.; MILSTEIN, M.; MARQUIS, H.; JOHNSON, P. .; NYROP, J.; SELVARAJ, V.** 2017. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *Plos. One.* 12(2).
- **INIA.** 2013. Memoria INIA 2012. [en línea]. <<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2013/09/memoria-inia-ok.pdf>>. [consulta: 03-05- 2018].
- **INN.** 2008. Instituto Nacional de Normalización (INN). Available online at: <http://www.inn.cl> (Website accessed: August 2, 2008). NCh 2659 Of. 2002 “Técnica de recuento en placa a 35°C”. Instituto Nacional de Normalización. INN. Santiago. Chile. 543 p.
- **KLUNDER, H.; WOLKERS-ROOIJACKERS, J.; M., KORPELA, J.; & NOUT, M.** 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control.* 26(2): 628-631.

- **LADO, B. H; YOUSEF, A.** 2002. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microb. Inf.* 4(4),433-440.
- **LARRAÍN, P; SALAS, C.** 2008. House fly (*Musca domestica l.*) (Diptera muscidae) development in different types of manure. *Chilean J. Agricul. Res.* 68(2):192-197.
- **LEE, M.; WOO, G.; PARK, J.; LEE, D.; OH, S.** 2004. Guidelines for Microbiological Standards of Food in Foreign Countries. *J. Food Hyg. Saf.* 19:140-150.
- **MAKKAR, H.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P.** 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197:1-33.
- **MIQUILENA, E.; HIGUERA, M.** 2012. Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *UDO Agrícola.* 12(3): 730-740
- **MOMMSEN, T.; FRENCH, C.; HOCHACHKA, P.** 1980. Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. *Can. J. Zool.* 58: 1785–1799.
- **NIU, Y.; ZHENG, D.; YAO, B.; CAI, Z.; ZHAO, Z.; WU, S.; CONG, P.; YANG, D.** 2017. A novel bioconversion for value-added products from food waste using *Musca domestica*. *Waste Manag.* 61:455-460.
- **NRC.** 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th edn. The National Academy Press, Washington, DC. 27 p.
- **NRC.** 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10th edn. The National Academy Press, Washington, DC. 111 p.
- **OECD; FAO.** 2017. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026*. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/a-i7465e.pdf>>. [consulta: 03-05- 2018].
- **OGBEMUDIA, R.; NNADOZIE, C.; ANUGE B.** 2018. Mineral and Proximate Composition of Soya Bean. *AJOPACS.* 4(3): 1-6.
- **OMS; FAO.** 2007. *Sistemas de Inspección y Certificación de Importaciones y Exportaciones de Alimentos.* Codex Alimentarius. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/a1391s/a1391s00.pdf>>.[consulta: 03-05- 2020].
- **PIETERSE, E.; PRETORIUS, Q.** 2014. Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical and broiler-based biological assays. *Anim. Prod. Sci.* 54: 347-355.

- **RAMOS, J.** 2005. Insects: a hopeful food source. Ecological implications of minilivestock. In M. Paoletti (Ed.). Ecological Implications of minilivestock. Insects, rodents, frogs and snails (1st Edic). pp. 263–291.
- **SAG.** 2013. Límites Máximos de Contaminantes en insumos. [en línea]. <http://www.sag.cl/sites/default/files/lim_max_contaminantes_insumos_oct_2013.pdf> [consulta: 03-09- 2021].
- **SAJADI, S.** 2010. Metal ion–binding properties of the L-aspartic acid and tartaric acid, a coparative investigation. How can be increased the dosage of mineral absorption in the body. Adv. Biosci. Biotechnol.1:354-360.
- **SÁNCHEZ, M.; BARROSO, F.; MANZANO-AGUGLIARO, F.** 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. J. Clean. Prod. 65: 16-27.
- **SÁNCHEZ, M.; GÓMEZ, C.; AVENDAÑO, C.; HARMSSEN, I.; ORTIZ, D.; CEBALLOS, R.; VILLAMIZAR-SARMIENTO, M. G.; OYARZUN-AMPUERO, F.; WACYK, J.; VALENZUELA, C.** 2021. House fly (*Musca domestica*) larvae meal as an ingredient with high nutritional value: Microencapsulation and improvement of organoleptic characteristics. Food Res. Int. 145:1-9.
- **SHUMO, M.; OSUGA, I.; KHAMIS, F.; TANGA, C.; FIABOE, K.; SUBRAMANIAN, S.; EKESI, S.; HUIS, A.; BORGEMEISTER, C.** 2019. The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. Sci Rep. 9:1-12.
- **SOGBESAN, A. AJUONU, N. MUSA, B. ADEWOLE, A.** 2006. Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as animal dietary protein source for Heteroclaris in outdoor concrete tanks. World J. Agric. Sci. 2:394-402.
- **SUN-WATERHOUSE, D.; WATERHOUSE, G.; YOU, L.; ZHANG, J.; LIU, Y.; MA, L.; GAO, J.; DONG, Y.** 2016. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. Food Res. Int. 89(1):129-151.
- **VAN, H.; VAN, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P.** 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO. Rome, Italy. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>>. [consulta: 20-09-2021].

- **XIAO, X.; MAZZA, L.; YU, Y.; CAI, M.; ZHENG, L.; TOMBERLIN, J.; YU, J.; VAN HUIS, A.; YU, Z.; FASULO, S.; ZHANG, J.** 2018. Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae and functional bacteria. J. Environ. Manage. 217: 668-676.
- **WHITE, J.; HART, R.; FRY, J.** 1986. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. J. Automat. Chem. 8(4):170-177.
- **ZUIDHOF, M.; MOLNAR, C.; MORLEY, F.; WRAY, T., ROBINSON, F.; KHAN, B.; AL-ANI, L.; GOONEWARDENE, L.** 2003. Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. Anim. Feed Sci. Tech. 105: 225-230.