

[PID9141](#)

## Caracterización fisicoquímica de harina de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) alimentadas con diferentes sustratos para su aplicación en nutrición animal

Díaz M. F.<sup>(1)(2)</sup>; Corsico F. A.<sup>(1)</sup>; Rey C.<sup>(1)</sup>; Seliman J. G.<sup>(1)</sup>; Carraza A.<sup>(1)</sup>; Montemuiño M. A.<sup>(1)</sup>; Ormaechea M. F.<sup>(1)</sup>; Altuna S.<sup>(1)</sup>; Grenovero M.<sup>(1)</sup> y Prado A. N.<sup>(1)</sup>

**Autoras/es:** <sup>1</sup>Facultad de Bromatología, Universidad Nacional de Entre Ríos, Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina. <sup>2</sup>DyMACRER, ICTAER (UNER-CONICET), Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina.

**Contacto:** [alejandra.prado@uner.edu.ar](mailto:alejandra.prado@uner.edu.ar)

**ARK:** <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/ilpk7oate>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar larvas de *Hermetia illucens* (mosca soldado negra, MSN) alimentadas con distintos sustratos (cebada, fruta y alimento balanceado) y evaluar las propiedades fisicoquímicas de las harinas obtenidas tras secado (65 °C, 6 h 15 min) y molienda. Las larvas alimentadas con mezcla de cebada y fruta (50:50) presentaron un contenido proteico en base seca de 47,07%. Las harinas desarrolladas mostraron diferencias significativas en humedad (4,91–32,47%), actividad de agua (0,38–0,92), y composición proximal según el sustrato. Las harinas obtenidas a partir de larvas alimentadas con cebada y alimento balanceado presentaron mejores características en relación a una menor humedad y actividad de agua. Los contenidos proteicos en base seca oscilaron entre 45,58% y 56,40%, sin diferencias significativas. El contenido graso varió entre 12,40% y 22,15%, siendo mayor en la harina con alimento balanceado. Los parámetros de color evidenciaron tonalidades grisáceas y diferencias estadísticas según el sustrato. Los resultados indicarían que el tipo de alimentación impacta significativamente en la calidad tecnológica y nutricional de las harinas, destacando las obtenidas con cebada y alimento balanceado.

**Palabras clave:** *Hermetia illucens*, harina de insectos, sustrato alimenticio, composición fisicoquímica.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación humana y animal podrá presentar en unos años inconvenientes debido a la escasez de alimentos y agua, recursos indispensables para la supervivencia de todas las especies del planeta, teniendo que recurrir a fuentes alternativas sostenibles y sostenibles para satisfacer la demanda. Actualmente en el mundo, para la alimentación animal y humana se utilizan en su mayoría, fuentes proteicas como las harinas de pescado, proteínas animales procesadas (PAP) y harina de soja. Esto trae como inconveniente la sobreexplotación de especies marinas y el aumento de disponibilidad de tierras para el cultivo de soja lo que agudiza más el problema. Se le suma también, los inconvenientes surgidos de enfermedades con priones como la encefalopatía espongiiforme transmisible (EET) en rumiantes, situación que provocó, en la Unión Europea, la prohibición del uso de PAP en la alimentación de estos animales (Veldkamp, 2012, Reglamento CE, 2017).

Dentro de las posibles alternativas de suplementación, la harina de insectos, es una de las fuentes más promisorias para la producción de alimentos especialmente como contenedores de proteínas de alto valor biológico y a gran escala. En general, los insectos se pueden considerar como fuentes ricas no solo en proteínas sino también de lípidos, vitamina B12, hierro, Zinc, péptidos bioactivos con funciones antioxidantes y antimicrobianos que estimulan el sistema inmune ( Fabrer Elgueta, 2017; Veldkamp et al, 2012; Avendaño et al, 2020). Además, presentan algunos beneficios ambientales como la baja emisión de gases y de utilización de agua; y productivos (asociados a la cría de insectos comparándolo con el sistema ganadero) como la alta fecundidad y eficiencia en la conversión alimenticia, rápida tasa de crecimiento y la posibilidad de cría en ambientes pequeños, no dependiente de la tierra (como si lo hacen los animales de granja), que los convierten en uno de los mejores candidatos para incluirlos en los ecosistemas. (FAO, 2021; Abril et al 2022, Avendaño et al 2020, Van Huis, 2013). Es importante considerar que estos insectos, colaboran en la reducción, reutilización y reciclado de residuos de los alimentos, excretas animales y humanas, lo que podría beneficiar no solo a la propia gestión de producción sino también al medio ambiente donde son volcados o producidos. Además, se suma su fácil procesamiento y obtención de especies de uso comestible y los beneficios sociales, como una salida laboral para economías poco desarrolladas.

Estudios realizados por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en 2015, a pedido de la Comisión Europea, evaluaron los posibles riesgos de la inclusión de insectos en la alimentación humana y animal. En este sentido concluyen que la incorporación de insectos a los alimentos puede presentar riesgos sanitarios biológicos y químicos relativamente bajos o ausentes si se manejan con precaución las correspondientes medidas higiénicas tanto en la elección, procesamiento, manipulación, secado y almacenamiento de sustratos como en el producto final. Similar resultado presentaron Charlton et al (2015), donde estudiaron la seguridad química de larvas de mosca como fuente de alimentación animal basados en pesticidas, metales pesados y medicamentos. Dentro de los tóxicos, encontraron una alta concentración de medicamentos de uso veterinario como la nicarbacina, bajo o de “preocupación limitada” de clorpirifós, butóxido de piperonilo y micotoxinas, y una alta acumulación de metales pesados como el cadmio (no analizaron los riesgos microbiológicos). Van Huis (2013) señala también que en el caso de enfermedades zoonóticas, la alimentación con in-

sectos debería ser de riesgo muy bajo, ya que los seres humanos o animales están muy alejados taxonómicamente de los insectos.

A partir de la conclusión emitida por la EFSA, se modificó el Reglamento 142/2011 de la UE, que permitió la incorporación de siete especies de insectos en la alimentación de peces, único grupo hasta ese momento en el que podía utilizarse. La Regulación de la Comisión Europea 2017/893, indica que aquellas especies autorizadas a la alimentación animal son: *Hermetia illucens* (o mosca soldado negra- MSN), *Musca domestica* (mosca doméstica común), *Tenebrio molitor* (gusano de la harina), *Alphitobius diaperinus* (gusano de la harina menor), *Acheta domesticus* (grillo doméstico), *Grylloides sigillatus* (Grillo en banda o anillado), *Gryllus assimilis* (grillo de campo). Además, establece cuales son los sustratos para su cría, descartando los residuos de restaurantes, domiciliarios o estiércol. Esto se basa en el artículo 3, punto 6, del Reglamento (CE) n° 1069/2009, que señala que “los insectos criados para la producción de proteína animal transformada derivada de ellos deben considerarse «animales de granja», y están, pues, sujetos a las prohibiciones en materia de alimentación animal que se establecen”. Con respecto a nuestro país, con fecha 3/09/2024 se incorpora el capítulo XXXIV (Resolución 1039/2024) al Reglamento de Inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal (Decreto 4238/68), donde se normatiza las pautas para establecimientos elaboradores de productos y subproductos derivados de insectos. En el mismo se establece el destino de los productos y subproductos para la alimentación animal (con excepción en rumiantes), las especies autorizadas a comercializar (entre ellas la MSN), condiciones edilicias, sacrificio, envasado y rotulado de los productos. Además, indica algunos parámetros como el porcentaje de humedad (no más del 10% final en aquellos insectos sometidos a deshidratación); no menos del 90% de ácidos grasos libres; no más del 2% de materia insaponificable y no más del 1% de impurezas; presencia de contaminantes : Cadmio <0.5 mg/kg; plomo <0.5 mg/Kg.

Desde el punto de vista nutritivo, en general, el porcentaje de los componentes que presentan varían según las especies de insectos, el estadio del ciclo donde se encuentren y los sustratos utilizados para su alimentación. En general, contienen entre 30 a 70 % de proteínas ricas en aminoácidos esenciales y de alta digestibilidad, 4 % a 47% de grasas, ausencia de colesterol (no lo sintetizan de novo) y son ricos en hierro, calcio y fósforo entre otros. (Veldkamp. 2012; Avendaño et al, 2020; Abril et al., 2022).

En este contexto considerando la alta posibilidad de inclusión de insectos en la alimentación animal y humana, en nuestro trabajo estudiaremos una de las especies más difundidas y aceptadas como sustituto nutritivo, la *Hermetia illucens* o mosca soldado negra.

La MSN es un díptero de la familia *Stratiomyidae* la cual se encuentra distribuida en varias partes del mundo, fundamentalmente en regiones templadas o cálidas. Son insectos con metamorfosis completa, es decir presentan en su ciclo biológico 4 etapas bien definidas y diferentes: huevo, larva, pupa y adulto. La duración total del ciclo es de aprox. 40 o 50 días, dependiendo del sustrato alimenticio, y las condiciones medioambientales de crianza.

Presenta ciertas características que la hacen apropiada para la cría. Por un lado, es una especie territorial, por lo que inhibe la multiplicación de la mosca doméstica; no invade los entornos humanos; se considera no transmisora de enfermedades (ya que de adulta no pica ni se alimenta) y no daña cultivos (Liu et al, 2019). Además, es una gran transformadora de materia orgánica de desecho y estiércol (reduce aprox. un 50

% del contenido), en alimentos para animales y humanos y fertilizantes vegetales (Diclaro et al, 2009). Todo lo anterior, hace posible visualizarla desde diferentes aspectos como mejoradora del ambiente, fundamentalmente apoyando la economía circular de “reducir, reutilizar, reparar, reciclar”, en un mundo donde lo prioritario e importante es la sustentabilidad de generación de alimentos basados en la “disminución de la producción de gases, el eficiente uso de la materia prima y la disminución de residuos” (FAO, 2021; Gasco et al., 2020). Gasco et al. (2020) analizaron a esta especie desde un sistema FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), mencionando como importante: -Fortalezas: (características y componentes nutricionales) insectos ricos en proteínas y grasas, con aminoácidos balanceados, buena fuente de vitamina B12, hierro y Zinc, además de proponerlos como una fuente de péptidos antioxidantes y antimicrobianos, importantes para estimular el sistema inmunológico animal.

-Debilidades: el escaso marco regulatorio a nivel mundial sobre la cría, manipulación y bienestar de insectos en alimentación; y el elevado costo de procesamiento y manufactura. -Oportunidades: son excelentes convertidores de materia orgánica de baja calidad como los residuos de la industria, estiércol, residuos domiciliarios y comerciales. -Amenazas: la legislación de la Unión Europea no permite la utilización de estiércol como sustrato base en insectos; la posibilidad de alergias alimentarias y de infecciones; y las enfermedades en las instalaciones de cría.

### **Ciclo biológico**

La mosca adulta tiene un largo de 12 a 17 o 20 mm y cuerpo alargado. Presenta dos pares de alas, de las cuales 1 es funcional, membranosas y transparentes, un par de halterios, dos largas antenas y 3 pares de patas con un característico color blanco amarillento en los tarsos. Pueden vivir entre 5 a 14 días dependiendo de sus reservas energéticas (no se alimentan en esta etapa) y del acceso al agua. Las moscas hembras son más grandes que los machos y se aparean durante el día y en vuelo. Ponen entre 300 a 1000 huevos en ambiente húmedo. Los huevos son ovoides, de aprox 1 mm de largo, y que luego de un período de 4 días promedio (en condiciones ambientales óptimas), eclosiona la larva. Esta etapa consta de 5 estadios (L1-L5), con una duración de 12 a 52 días. Presentan piezas bucales adaptadas a la masticación lo que las hace muy voraces. Los primeros estadios son difíciles de diferenciar, pero cercanos al cambio a pupa, estas modifican su color, su exoesqueleto se oscurece (a marrón oscuro) y migran a lugares secos y protegidos luego de lo cual, emerge la mosca. (Diclaro et al., 2009; Caruso et al, 2014).

Con respecto a los componentes nutricionales que presenta este insecto, Chia et al. (2020) y Bava et al. (2019) entre otros, sostienen que el sustrato de cría influye en los nutrientes que presente e incluso en el crecimiento y el impacto ambiental de la producción. En el primer caso, observaron que el contenido de proteínas variaba entre 30% y 46 % siendo más altos en sustratos de sorgo y cebada suplementado con levadura de cerveza o levadura de cerveza más melaza; mientras que los alimentos suplementados sin importar la base que presentaban, tenían una mayor cantidad de grasa. Bava et al. (2019), en cambio, encontraron estos mayores niveles de proteína cruda en larvas alimentadas con pulpa de soja, mientras que aquellas sobre una base de granos de cerveza mostraron mayor contenido de fibras. Segura Cazorla (2014) estudia la composición bromatológica de la MSN en base a cinco sustratos diferentes, siendo los resultados de proteína bruta similares a otros estudios. Con respecto al porcentaje

de grasa, independientemente de la dieta, no mostraron diferencias significativas en los grupos control y experimental, pero sí, en el perfil de ácidos grasos que es modificable según la dieta, siendo mayor la cantidad de monosaturados en aquel donde se incorpora harina de pescado. Arango Gutierrez et al (2004), mencionan que la harina de MSN presenta niveles altos en proteínas y ácidos grasos insaturados. En el caso de minerales como calcio, potasio, hierro y magnesio estaba relacionado al tipo de ingesta que tenían las larvas. Un dato interesante es que, en este trabajo, no encontraron *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, coliformes u hongos, a pesar de que el sustrato utilizado era gallinaza fresca de pollos de engorde. Esto último adquiere importancia desde el punto de vista sanitario y zoonótico.

La provincia de Entre Ríos presenta una intensa participación regional y provincial en la actividad pecuaria, siendo la segunda en actividades avícolas (con el 50% de la producción nacional y con una importante cadena de valor en sus subproductos), la segunda en producción de miel, la tercera productora de carne bovina y leche (más el agregado de subproductos) y una importante y en crecimiento producción porcina. Además es referente en cultivos como el sorgo, lino, arroz y trigo y en la producción aceitera y de cítricos. Esto trae aparejado un gran volumen de residuos de la cría de animales y agricultura con probabilidades de reutilizar y obtener un valor agregado. Debido a esto, es que creemos necesario por un lado, fomentar la economía circular y por el otro, dotar de valor a subproductos o residuos que en general no se utilizan y que podrían beneficiar a las economías regionales.

En base a esto y teniendo a la MSN como “procesadora de residuos”, es necesaria la profundización de la relación entre los posibles sustratos alimenticios y los componentes nutricionales de larvas de MSN para establecer la base nutricional que aportan los diferentes tipos de harinas según su alimentación. Es por esto que el objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio integral a través de la producción de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia Illucens*) con distintos sustratos de alimentación, a fin de obtener harinas con óptimo contenido proteico y graso para ser utilizada en la elaboración de alimentos orientados a la nutrición animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Tras la aprobación del proyecto, se procedió a la identificación y asignación de un espacio físico apto para su ejecución. En este contexto, se dispuso un sector ubicado en el tercer piso del edificio sito en calle 25 de Mayo 709, ciudad de Gualeguaychú.

Se diseñó y realizó el módulo para la cría de MSN, compra y colocación de los elementos necesarios como luz y termohigrómetros.

Para iniciar la cría, se prepararon los sustratos para la alimentación de las larvas que consistieron en cuatro grupos (uno de control y tres de experimentación) de la siguiente manera:

- Alimento balanceado iniciador para ponedoras, el cual se utilizó como grupo control.
- Cebada cervecera, es el residuo que se genera en la elaboración de cerveza artesanal.
- Frutas (consisten en residuos y trozos de banana, manzana y naranja)
- Mezcla de cebada y frutas, se utilizó un 50% de cebada y un 50% de frutas.

Estos fueron ubicados en bandejas “tipo carniceras” de plástico de 30 cm x 40 cm x 9 cm de tamaño con cada diferente sustrato y rodeados con arena seca, esterilizada a estufa a 160° por 4 hs. para balancear la humedad.

A partir de aquí, los huevos de MSN provistos por el productor, fueron colocados en los distintos sustratos que servirían como alimentación a las larvas. Las mismas fueron alimentadas e hidratadas de manera diaria hasta alcanzar el estadio L5 donde se seleccionaron aquellas que se utilizaron para la reproducción. Las restantes fueron sacrificadas mediante un choque térmico de agua a 100°C durante un minuto y posteriormente enfriadas en un baño de hielo. Para asegurar la limpieza, las larvas fueron expuestas a enjuagues con agua potable a temperatura ambiente. Luego de este proceso, se empaquetaron en recipientes plásticos cerrados y almacenados en freezer a -18°C para su posterior utilización.

La temperatura y humedad fueron controladas mediante un dispositivo digital denominado termohigrómetro. Al estar en una zona geográfica de clima templado de llanura en la estación de verano no hubo problemas para mantener la temperatura por encima de los 30° C, valor que estaría dentro del rango óptimo de crianza según diferentes autores. En la estación primaveral e invernal fue necesario incorporar un caloventor para poder aumentar la temperatura y mantenerla en rangos de 27- 28°C. La humedad fue controlada mediante difusores humedeciendo las superficies y el alimento de las larvas una vez por día. Con respecto a la luz, provenía de una fuente de luz solar externa por medio de una ventana. En la etapa adulta y de reproducción se utilizó una lámpara UV recomendada por el productor.

Con el manejo de estos factores logramos que los huevos pasen por los estadios larvarios (L1, L2, L3, L4, L5) se conviertan en pupa y lleguen a estadio adulto.

En este último estadio de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* no se logró reproducción, como consecuencia postura, por lo cual no pudimos lograr que completaran el ciclo biológico.

Por otro lado, teniendo en cuenta la diversidad de la formación profesional del equipo de investigación, se pusieron a punto y estandarizaron las distintas técnicas y metodologías utilizadas relacionadas a la alimentación y cuidado de las larvas y moscas y de las analíticas para la determinación de los compuestos de interés para el presente trabajo.

Con las muestras ya congeladas y rotuladas, se procedió a la obtención de las harinas; para ello se llevaron a cabo las siguientes etapas:

**-ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS:** Las larvas de MSN fueron descongeladas a temperatura ambiente y dispuestas de manera homogénea en placas de Petri debidamente rotuladas.

**-SECADO:** Las placas de Petri con las muestras fueron acomodadas en la estufa de escala laboratorio a una temperatura constante de 65°C por 15 minutos. Hasta el momento, por cuestiones de escasa disponibilidad de muestra se decidió experimentar con estas condiciones ya que es la forma de secado más comúnmente utilizada. De esta manera, en esta primera etapa del trabajo se analizaron la existencia de variabilidades respecto a la alimentación de las larvas y con el objetivo de optimizar recursos se planteó trabajar en la segunda etapa con aquellas que dieran mejores resultados. Este método utiliza aire caliente para evaporar la humedad de las muestras.

**-MOLIENDA:** se realizó utilizando un mortero de escala de laboratorio con el cual se trituró y pulverizó cada muestra sólida convirtiéndola en polvo fino y homogéneo.

**-ALMACENAMIENTO:** Posteriormente, se procedió a empaquetar el prototipo de harina obtenido en un envase hermético y almacenarlo a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A partir de las harinas obtenidas se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- **Humedad:** La humedad total se cuantificó siguiendo el método gravimétrico indirecto (AOAC,2000), con modificaciones. Se pesaron 2 g de muestra en cristalizadores previamente tarados. Posteriormente se llevaron a una estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  hasta pesada constante. Los resultados se expresaron como g de agua/100 g de muestra, presentando el valor promedio  $\pm$  la desviación estándar.
- **Contenido de proteínas:** Se determinó por el método Kjedahl. Se pesaron las muestras (1g). La digestión de la muestra se realizó en ácido sulfúrico utilizando un catalizador. Posteriormente se realizó la destilación con Hidróxido de sodio, recolectando el nitrógeno desprendido sobre ácido bórico utilizando indicador rojo de metilo que vira al de rojo a verde cuando llega a medio básico. El destilado obtenido se valoró con Ácido sulfúrico 0,2 N hasta viraje de color verde al rojo original de la solución. Se utilizó como factor de proteína 6,25.
- **Contenido de grasa:** Se utilizó el método de extracción Soxhlet. Para poder comenzar con la determinación la muestra fue secada en el cartucho. Se armó el sistema con el solvente (hexano) y se realizó la extracción durante 3 horas. Posteriormente, se evaporó el solvente contenido en el matraz de extracción en estufa a  $100^{\circ}\text{C}$  durante 5 minutos, enfriar y pesar, hasta pesada constante.

Peso de la muestra tal cual (M):

Peso de la grasa (m):

$$\% \text{grasa} = m \cdot 100 / M$$

- **Color:** El color superficial se midió utilizando un fotocolorímetro portátil Hunter Lab Mini Scan EZ (E.E.U.U.) usando el iluminante D65 y 2 de ángulo de observador. Se registraron los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  del espacio CIELab (Martínez-Girón y col., 2017). Los resultados se informaron como el promedio de 10 mediciones  $\pm$  la desviación estándar.
- **Actividad de agua (aw):** Para este ensayo, la muestra se acondicionó y se midió utilizando un HygroLab 2 (Rotronic, Alemania), utilizando aproximadamente 0,5 g, los cuales se colocaron en el porta-muestras del dispositivo. Cuando el valor de aw fue constante se registró.

### Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las muestras. El análisis de medias se realizó mediante el procedimiento LSD de Fisher con un valor de  $p < 0,05$  para muestras por triplicado para cada sustrato, y se empleó un análisis multivariante de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados. Los análisis estadísticos se realizaron con InfoStat v. 2018 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización larvas de MSN

Con el objetivo de poder conocer el material previo al tratamiento de secado aplicado y debido a la baja disponibilidad de muestra y optimización de recursos se decidió realizar las determinaciones de contenido de proteína y humedad de las larvas de MSN alimentadas con cebada y fruta (50%,50%) y aquellas alimentadas con balanceado. Los resultados se encuentran expresados en la tabla 1.

**Tabla 1:** Caracterización fisicoquímica de larvas (previo al secado) de MSN

Larva de MSN						
	Proteínas	Desv.	%humedad	Desv.	Sólidos totales	Desv.
Sustrato: cebada + fruta	11,8	1,4	75,0	1,2	25,0	1,2
Sustrato: alimento balanceado	17,2	1,5	66,0	1,3	34,0	1,3

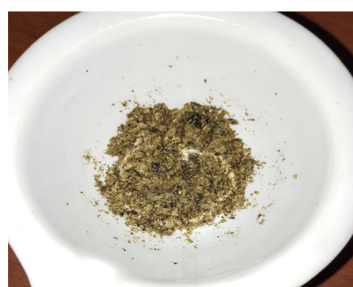
Tal como indica la Tabla 1 el contenido en base húmeda de proteínas de las larvas de MSN alimentadas con cebada y fruta (50%,50%) fue de 11,8%, el contenido de humedad fue de 75% y de sólidos totales calculados por diferencia fue de 25%; mientras que el contenido en base húmeda de proteínas de las larvas de MSN alimentadas con balanceado fue de 17,2%, el contenido de humedad fue de 66% y de sólidos totales calculados por diferencia fue de 34%

Por otro lado, el contenido en base seca de proteínas de las larvas de MSN alimentadas con cebada y fruta (50%,50%) fue de 47,07%. Este valor se encuentra por encima del reportado por Huang y col. (2019) de 42,0 %. Mientras que el contenido de proteínas en base seca de larvas alimentadas con balanceado fue de 50,59%, valor esperable para este tipo de sustrato ya que Barragán-Fonseca et al. (2017): reportan valores entre 44-49% de proteínas BS en larvas alimentadas con alimentos balanceados comerciales.

### Desarrollo y caracterización los prototipos de harina de larvas de MSN

En esta primera etapa del proyecto se decidió analizar la existencia de variabilidades fisicoquímicas respecto a la alimentación de las larvas. Es por esto, que se realizó el proceso de secado más utilizado mediante una estufa de escala laboratorio a 65°C durante 6 horas y 15 minutos en el cual se secaron las larvas alimentadas con los distintos sustratos (cebada, balanceado y fruta).

Posteriormente, las muestras secas fueron molidas y pulverizadas utilizando un mortero de escala de laboratorio.



SUSTRATO: ALIMENTO  
BALANCEADO



SUSTRATO: CEBADA



SUSTRATO: FRUTA

Como se puede observar en la imagen, bajo las mismas condiciones de secado se lograron productos con granulometría diferente dependiendo del sustrato con el cual las larvas de MSN fueron alimentadas. Tanto cuando se utilizó el sustrato de alimento balanceado y el de cebada se obtuvieron polvos con una granulometría deseada y más homogénea. Mientras que cuando se utilizó fruta como sustrato no se pudo obtener la granulometría esperada y se formó una especie de pasta. Esto puede deberse a que la muestra contenga más humedad debido a los sustratos utilizados y a sus características.

Respecto a las características fisicoquímicas analizadas se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características fisicoquímicas de los prototipos harina de larva de MSN

	Sustrato cebada	Sustrato balanceado	Sustrato fruta
<b>Humedad (%)</b>	4,91± 0,18a	8,70 ±0,19b	32,47 ± 0,15c
<b>Proteínas en base húmeda (%)</b>	45,58 ± 4,90ab	51,49 ± 0,21b	36,91± 1,87a
<b>Proteínas en base seca (%)</b>	47,93 ± 5,16a	56,40 ± 0,22a	54,65 ± 2,77a
<b>Grasas en base húmeda (%)</b>	15,49 ± 0,32a	21,12 ± 0,35b	8,39 ± 0,41c
<b>Grasas en base seca (%)</b>	15,90 ± 0,89a	22,15 ± 1,79b	12,40 ± 0,60a
<b>aw</b>	0,38 ± 0,011a	0,67 ± 0,014b	0,92 ± 0,004c
<b>Solid totales (%)</b>	95,10 ± 0,07a	91,30 ± 0,21b	67,54 ± 0,33c
<b>COLOR</b>			
<b>L*</b>	44,36 ± 3,68a	41,55 ± 2,41b	36,55 ± 1,65c
<b>a*</b>	0,15 ± 0,53a	0,99 ± 0,23b	0,62 ± 0,15c
<b>b*</b>	7,45 ± 0,81 a	6,86 ±1,42ab	6,22 ± 0,41b
<b>Hue</b>	89,01± 1,75 a	82,26± 2,80b	84,31± 1,15c
<b>Croma</b>	3,89 ± 0,27a	3,94 ± 0,48a	3,70 ± 0,14a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los datos de humedad encontrados fueron 4,91% para la harina de larvas de MSN alimentadas con cebada; 8,70% para la harina de larvas con alimento balanceado utilizado como sustrato y de 32,47% las que se alimentaron con frutas; en todos los casos presentan diferencias significativas entre grupos ( $p < 0,05$ ). Zulkifli y col. (2022) obtuvieron valores entre 3,21% y 7,10% dependiendo del sustrato utilizado; estos valores resultan similares a las harinas que se utilizó cebada y alimento balanceado como sustrato con las mismas condiciones de secado. Por otro lado, Pornsuwan y col. (2022) obtuvieron una harina con 3,04% humedad, las larvas fueron alimentadas con pienso mixto y secadas bajo las mismas condiciones del presente trabajo. Si se comparan estos resultados, con lo establecido en el Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal (SENASA- capítulo XXXIV- Resolución 1039/2024), solamente las harinas provenientes del grupo control (alimento balanceado) y las alimentadas con cebada estarían dentro del rango permitido para su comercialización en animales.

Los datos de sólidos totales estimados fueron de 67,5% para la harina de larvas de MSN alimentadas con fruta; 91,3% para la harina cuyo sustrato fue alimento balanceado y de 95,1% la harina de larvas alimentadas con cebada; en todos los casos presentan diferencias significativas. Como es esperable, guarda una relación inversa con la humedad de las harinas. Zhen y col. (2020) obtuvieron una harina de larvas de MSN alimentadas con una dieta de pollo de engorde y harina de palmiste utilizando el mismo método de matanza del presente trabajo (escaldado) y el valor de sólidos totales fue de 97,4 % similar al resultado de la harina de larvas alimentadas con cebada.

Los datos de aw hallados fueron de 0,38 para la harina de larvas de MSN alimentadas con cebada; 0,67 para la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado y de 0,92 la harina de larvas que se alimentaron con frutas; en todos los casos presentan diferencias significativas. Desde el punto de vista tecnológico, el resultado obtenido en la harina de larvas alimentadas con cebada (0,38) fue el óptimo según Rockland & Stewart (1981) ya que no había presencia mohos, habría una actividad enzimática basal, una baja oxidación de lípidos y apenas comenzarían a aparecer reacciones de oscurecimiento. Sin embargo, con un aw de 0,67 de la harina con alimento balanceado como sustrato tendría reacciones de oscurecimiento más marcado y habría un aumento leve de la actividad enzimática y de oxidación de lípidos que podría generar inconvenientes en el almacenamiento del producto obtenido. Por otro lado, en la harina de larvas que se alimentaron con frutas hay un aw de 0,92 donde ya no habría reacciones de oscurecimiento, pero estarían muy acelerados los procesos de crecimiento de moho, actividad enzimática y de oxidación de lípidos. Todas estas reacciones en cadena generarían una descomposición muy rápida de la harina obtenida. En caso de que se decida probar nuevamente elaborar harina a partir de este último sustrato habría que prolongar el proceso de secado con el objetivo de disminuir el agua del producto.

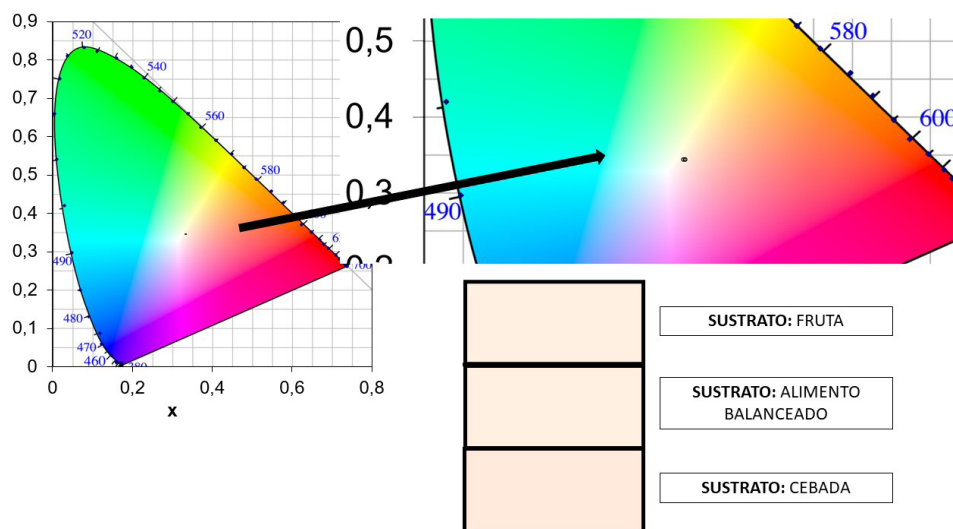
El contenido de proteína determinado del prototipo de harina de larvas alimentadas con fruta fue de 36,91g% en base húmeda y de 45,58 g% en la harina elaborada con larvas alimentadas por cebada; no presentando diferencias significativas entre ambas. Por otro lado, el contenido de proteína determinado del prototipo de harina de larvas alimentadas con alimento balanceado fue de 51,49 g% en base húmeda y no presenta diferencia significativa respecto a la harina de larvas alimentadas con cebada. En ambos casos, son las harinas que resultaron con mayor contenido proteico. En líneas generales, los resultados presentan ciertas diferencias dependiendo del sustrato utilizado. Arango-Gutiérrez y col. (2004) utilizaron gallinaza como sustrato y presentó valores similares del contenido proteico (36,98%) al sustrato con fruta (36,9%).

Algunos trabajos reportan los datos de contenido de proteína en base seca, en el presente informe se puede observar que los resultados son de 47,93 g% para la harina de larvas alimentadas con cebada; 54,65 g% para la harina de larvas alimentadas con sustrato de fruta y 56,40 g% para las harinas de larvas alimentadas con alimento balanceado. Al expresarlas en base seca, no se encontraron diferencias significativas entre muestras. Comparando con los resultados de contenido proteico reportados por Kamau y col. (2018) de 44,04% expresados en base seca, se puede ver que los del presente trabajo son mayores pese a que no describen qué sustrato fue utilizado. Las harinas obtenidas por Zulkifli y col. (2022) y por Zhen y col. (2020) también presentaron diferencias significativas entre sí, no obstante, se asemejan más a la que en el presente trabajo presenta menor valor (sustrato de cebada). Por lo que resulta muy interesante el contenido proteico de las harinas logrado con los sustratos de alimento balanceado y de fruta.

El contenido de grasas determinado del prototipo de harina de larvas alimentadas con fruta fue de 8,39 g% en base húmeda; 15,49 g% en base húmeda en la harina elaborada con larvas alimentadas por cebada y de 21,12 g% en base húmeda en la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado; en todos los casos presentan diferencias estadísticamente significativas.

Arango-Gutiérrez y col. (2004) utilizaron gallinaza como sustrato y reportaron valores parecidos en contenido graso (18,82%) a la harina elaborada con sustrato de cebada y de alimento balanceado.

Algunos trabajos reportan los datos de contenido de grasa en base seca, en el presente informe se puede observar que los resultados son de 12,40 g% para la harina de larvas alimentadas con fruta y 15,90 g% para la harina de larvas alimentadas con sustrato de cebada no presentando diferencias significativas entre ambas. Por otro lado, el contenido de grasas de la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado presentó un valor de 22,15 g% y poseen una diferencia estadísticamente significativa respecto a las demás muestras. Comparando con los resultados de contenido graso reportados por Kamau y col. (2018) de 24,95% en base seca son similares a la harina con sustrato de alimento balanceado. Sin embargo, son menores a los valores reportados por Zulkifli y col. (2022). utilizando el mismo método de secado y Zhen y col. (2020) utilizando el mismo método de sacrificio y secado. Como se intenta buscar un producto con la menor cantidad de procesos con buenas características nutritivas (relación proteína - grasa) los valores obtenidos de grasa cuyos sustratos son cebada y fruta podrían ser interesantes para lograr un producto con buena estabilidad.



Representación gráfica en el diagrama de cromaticidad CIE

Para el parámetro de color  $L^*$  se obtuvo un valor de 36,55 para la harina de larvas alimentadas con fruta; 41,55 para la harina de larvas con alimento balanceado como sustrato y 44,36 para la harina de larvas alimentadas con cebada. Todas las muestras presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí; no obstante, teniendo en cuenta el espacio de color Hunter Lab (1966) se encuentran cercanas al gris. El valor reportado para  $L^*$  por Zhen y col. (2020) fue de 41,7 muy similar al de harina de larvas con alimento balanceado como sustrato. Sin embargo, Pornsuwan y col. (2022) obtuvieron un

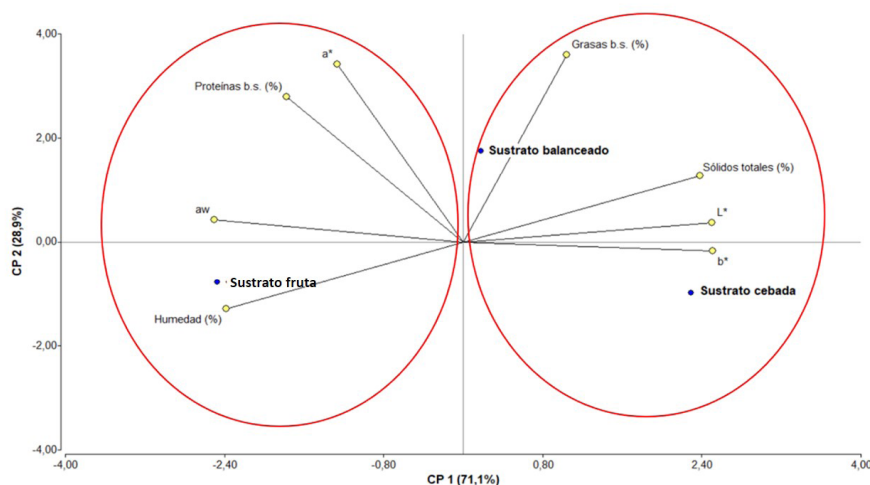
valor de  $L^*$  de 49,34 (color gris) y se encuentra por encima de todos los datos hallados en el presente trabajo. En estos casos, se puede ver que independientemente del mismo método y temperatura de secado  $L^*$  estaría afectada por el sustrato que se utiliza.

Para el parámetro de color  $a^*$  se obtuvo un valor de 0,15 para la harina de larvas alimentadas con cebada; 0,62 para la harina de larvas alimentadas con fruta y de 0,99 para la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado. Todas las muestras presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí; no obstante, teniendo en cuenta el espacio de color Hunter Lab (1987) se encuentran dentro de las tonalidades que tienden a ser verdosas similares a los reportados por Zhen y col. (2020).

Para el parámetro de color  $b^*$  se obtuvo un valor de 6,22 para la harina de larvas alimentadas con frutas y 6,86 para la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado; no presentando diferencias estadísticamente significativas entre sí. Por otro lado, la harina de larvas alimentadas con cebada obtuvo un valor de  $b^*$  de 7,45; no presentando diferencias estadísticamente significativas con la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado. No obstante, teniendo en cuenta el espacio de color Hunter Lab (1966) se encuentran dentro de las tonalidades que tienden a ser levemente amarillentas, pero más marcadas que las reportadas por Zhen y col. (2020).

Respecto al parámetro croma, se obtuvieron valores de 3,70 para la harina de larvas alimentadas con frutas; 3,89 para la harina de larvas alimentadas con cebada y 3,94 para la harina de larvas alimentadas con frutas sin diferencias estadísticamente significativas entre sí. La croma o saturación se representa con un movimiento del área central blanca (neutra) al perímetro del diagrama, donde la saturación al 100 % iguala el tono puro; en este caso todas las muestras analizadas se encuentran muy alejadas de las tonalidades puras al igual que las reportadas por Zhen y col. (2020).

Respecto al ángulo de Hue se obtuvo un valor de 82,26 para la harina de larvas alimentadas con alimento balanceado; 84,31 para la harina de larvas alimentadas con fruta y 89,01 para la harina de larvas alimentadas con cebada. Todas las muestras presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí y a su vez son distintas a las presentadas por Pornsuwan y col. (2022) 42,60. En líneas generales y contemplando los resultados expresados en el diagrama de las cromaticidades las muestras presentan tonalidades amarillo-verdosas con escasa luminosidad.



Representación gráfica de Análisis de Componentes Principales (PCA) de los factores intrínsecos de las formulaciones de las harinas de larvas de MSN alimentadas con distintos sustratos.

Para establecer la integración de los factores fisicoquímicos intrínsecos de las formulaciones de las harinas de larvas de MSN alimentadas con distintos sustratos se efectuó el Análisis de Componentes Principales (PCA) considerando todas las variables simultáneamente, incluyendo la integración de los factores de fisicoquímicos intrínsecos de las formulaciones de harinas ( $a_w$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , proteínas, grasas, humedad y sólidos totales) y tres tipos de sustrato (Fruta, Cebada y Alimento Balanceado). De manera similar, el análisis de conglomerados (clusters) se realizó sobre la base de los resultados del PCA, utilizando todas las variables consideradas en el análisis. De esta manera, se pudo identificar la agrupación de las harinas de MSN según sus características fisicoquímicas.

En la figura visualizada anteriormente, se presenta el PCA donde se puede observar las dos primeras componentes que explicaron la variación total entre las muestras, mientras que el análisis de conglomerados (clusters) determinó la agrupación de las muestras.

El Componente Principal 1 (CP1) está explicado fundamentalmente (71,1%) por los factores:  $L^*$ ,  $b^*$ , grasas y sólidos totales hacia el lado derecho; y por  $a_w$ ,  $a^*$ , proteínas, humedad hacia el lado izquierdo. El análisis de conglomerados (clusters) determinó la agrupación de las muestras sobre la CP1, pudiéndose diferenciar dos grandes grupos mediante elipses rojas una hacia la derecha que agrupa a las formulaciones sustrato de cebada y sustrato balanceado asociadas con parámetros de color  $L^*$  y  $b^*$ , grasas y sólidos totales. Mientras que la otra elipse se asoció al sustrato fruta que presentó un valor de  $a_w$  y humedad significativamente mayor que las otras dos formulaciones y un valor intermedio de proteína que no resultó significativo.

## CONCLUSIONES

La concreción del espacio destinado al insectario representa un avance significativo, no sólo en términos materiales, sino también como motor para la acción en temas vinculados a las tendencias actuales en alimentación animal. Si bien aún quedan aspectos por mejorar, este primer paso marca un precedente importante dentro de la institución.

Este proyecto permitió además poner en agenda una temática contemporánea y relevante, en sintonía con los desafíos actuales y con fuerte conexión a las disciplinas y carreras presentes en nuestra institución. Esto genera una oportunidad estratégica para abordar estos temas de manera integral y con una mirada crítica.

En este sentido, se destaca la consolidación de un nuevo grupo de trabajo, conformado por personas con formaciones y especialidades diversas. Esta riqueza interdisciplinaria no sólo fortaleció el proyecto actual, sino que también sienta las bases para futuras iniciativas en torno a esta temática.

En cuanto a los resultados obtenidos, las harinas obtenidas mostraron diferencias fisicoquímicas según el sustrato utilizado. Las larvas alimentadas con cebada y alimento balanceado generaron harinas con menor humedad, menor actividad de agua ( $a_w$ ) y mejor estabilidad. Sin embargo, el contenido proteico en base seca de las harinas obtenidas a partir de larvas alimentadas con fruta no presentó diferencias significativas respecto a las otras dos. El color también se vio influenciado por el sustrato. Desde el punto de vista tecnológico y nutricional, las harinas de larvas alimentadas con cebada o alimento balanceado se destacan como las más adecuadas. No obstante, se considera importante que futuras investigaciones aborden innovaciones en el proceso de

secado de las harinas obtenidas a partir de sustrato de fruta, con el fin de mejorar sus características tecnológicas y poder contribuir a una estrategia interesante y prometedora en concordancia con la sostenibilidad y cuidado del ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abril S, Pinzón M, Hernández-Carrión M and Sánchez-Camargo AdP (2022) Edible Insects in Latin America: A Sustainable Alternative for Our Food Security. *Front. Nutr.* 9:904812. doi: [10.3389/fnut.2022.904812](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.904812)
- AOAC Official Method (2005) Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg
- Arango Gutiérrez, Gloria Patricia, Vergara Ruiz, Rodrigo Antonio, & Mejía Vélez, Humberto. (2004). ANALISIS COMPOSICIONAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE LARVAS DE *Hermetia illucens* L (DIPTERA:STRATIOMYIIDAE) EN ANGELÓPOLIS-ANTIOQUIA, COLOMBIA. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57 (2), 2491-2500. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472004000200009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000200009&lng=en&tlng=es).
- Avendaño, C., Sánchez, M. & Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1029-1037. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
- Barragan-Fonseca, K.B., Dicke, M., & van Loon, J.J.A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105
- Bava, L., Jucker, C., Gison, G., Lupi, D., Savoldelli, S., Zucali, M., & Colombini, S. (2019). Rearing of *Hermetia illucens* on different organic by-products: influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals*, 9(6), 289. <https://doi.org/10.3390/ani9060289>
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I. W., Talamond, P., & Baras, E. (2014). Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. IRD editions, Bogor. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers17-11/010063336.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-11/010063336.pdf)
- Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Cheseto, X., Ekesi, S., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2020). Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6-7), 472-481. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eea.12940>
- Charlton, A.J.; Dickinson, M.; Wakefield, M. ; Fitches, E. ; Kenis, M.; Han, R. ;Zhu, F.; Kone, N.; Grant, M. ; Devic, E.; Bruggeman, G. ; Prior, R. ; Smith, R. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1. 7-16. 10.3920/JIFF2014.0020. [https://www.researchgate.net/publication/272349635\\_Exploring\\_the\\_chemical\\_safety\\_of\\_fly\\_larvae\\_as\\_a\\_source\\_of\\_protein\\_for\\_animal\\_feed](https://www.researchgate.net/publication/272349635_Exploring_the_chemical_safety_of_fly_larvae_as_a_source_of_protein_for_animal_feed)
- Comité Científico de la EFSA, 2015. Opinión científica sobre un perfil de riesgo relacionado con producción y consumo de insectos como alimento y pienso. *Diario de la EFSA* 2015;13(10): 4257, 60 páginas. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257 ISSN:1831-4732. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4257>

- Diclaro, J., Kaufman, P. (2009). Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae) EDIS, 2009(7). <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN830/IN830-Dtvpixxu0h.pdf>
- EFSA Scientific Committee, 2015. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 2015;13(10):4257, 60 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257 <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4257>
- Fabrer Elgueta, M.E.; Mejías Valencia, I.; Orozco Menanteau, C. M. (2017). Análisis de contenido proteico de harina de dípteros sometida a técnicas de cocción para consumo humano. Tesis presentada a la Facultad de Medicina de la Universidad del Desarrollo para la Unidad de Investigación de la carrera de Nutrición y Dietética. Santiago, Chile.
- FAO. 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- FAO. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. <https://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>
- Gasco, L., Acuti, G., Bani, P., Dalle Zotte, A., Danieli, P. P., De Angelis, A., & Roncarati, A. (2020). Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 360-372. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1828051X.2020.1743209?needAccess=true>
- Huang, C., Feng, W., Xiong, J., Wang, T., Wang, W., Wang, C., & Yang, F. (2019). Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: Amino acid composition, nutritional value evaluation, in vitro digestibility, and thermal properties. *European Food Research and Technology*, 245, 11-21.
- Hunter, Richard S. 1 and Harold, Ricard W. *The Measurement of Appearance*, 2nd ed. 1 John Wiley and Sons 1 Inc. New York, NY USA, 1987.
- Jovanovich, G., Puppo, M. C., Giner, S. A., y Añón, M. C. (2003). Water uptake by dehydrated soy protein isolates: comparison of equilibrium vapour sorption and water imbibing methods. *Journal of food engineering*, 56(4), 331-338 10.1016/S0260-8774(02)00158-9.
- Liu, C., Wang, C., & Yao, H. (2019). Comprehensive resource utilization of waste using the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.))(Diptera: Stratiomyidae). *Animals*, 9(6), 349.
- Kamau, E., Mutungi, C., Kinyuru, J., Imathiu, S., Tanga, C., Affognon, H., ... & Fiaboe, K. K. M. (2018). Moisture adsorption properties and shelf-life estimation of dried and pulverised edible house cricket *Acheta domesticus* (L.) and black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.). *Food Research International*, 106, 420-427.
- Luo, M. R., Cui, G., y Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour- difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter- Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 26(5), 340-350. <https://doi.org/10.1002/col.1049>

- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776-5784. [https://iris.unito.it/bitstream/2318/1669138/1/Meneguz%20et%20al\\_R1.pdf](https://iris.unito.it/bitstream/2318/1669138/1/Meneguz%20et%20al_R1.pdf)
- Pornsawan, R., Pootthachaya, P., Bunchalee, P., Hanboonsong, Y., Cherdthong, A., Tengjaroenkul, B., ... & Wongtangintharn, S. (2023). Evaluation of the Physical Characteristics and Chemical Properties of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as a Potential Protein Source for Poultry Feed. *Animals*, 13(14), 2244.
- Ramos-Bueno, R. P., González-Fernández, M. J., Sánchez-Muros-Lozano, M. J., García-Barroso, F., & Guil-Guerrero, J. L. (2016). Fatty acid profiles and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology*, 242(9), 1471-1477. doi: 10.1007/s00217-016-2647-7
- Reglamento UE (2011/142) de la Comisión Europea. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ue\\_celex\\_02011r0142-20150223\\_es\\_txt.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ue_celex_02011r0142-20150223_es_txt.pdf)
- Reglamento (Ce) No 1069/2009 Del Parlamento Europeo Y Del Consejo. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1069/2019-12-14>
- Reglamento UE (2017/893). De la Comisión Europea. Diario oficial de la Unión Europea. 25-5/2017. Extraído de : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&rid=1>
- Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal- capítulo XXXIV- Resolución 1039/2024. Boletín oficial de la República Argentina- SENASA. Extraído de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/313360/20240905>
- Segura Cazorla, M. (2015). Composición bromatológica *Hermetia illucens*. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3237/Trabajo417.pdf?sequ>
- Timmermann, E. O. (2003). Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 220(1-3), 235-260
- Tschirner, M., & Simon, A. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of insects as food and feed*, 1(4), 249-259. <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2014.0008>
- Rockland L. y Stewart G., (1981) *Water Activity: Influences on Food Quality*, Academic Press.
- SENASA (2024) Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal. Capítulo XXXIV- Resolución 1039/2024
- Van den Berg, C., y Bruin, S. (1978). Water activity and its estimation in food systems. In *Proceedings Int. Symp. Properties of Water in Relation to Food Quality and Stability*, Osaka, 1978.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology*, 58, 563-583. <https://www.researchgate.net/publication/231610431> doi:10.1146/annurev-ento-120811-153704
- Van Raamsdonk, L. W. D., Van der Fels-Klerx, H. J., & De Jong, J. (2017). New feed ingredients: the insect opportunity. *Food additives & contaminants: part A*, 34(8), 1384-1397. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19440049.2017.1306883>

- Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, CMM, Ottevanger, E., Bosch, G. y Van Boekel, T. (2012). Los insectos como ingrediente alimentario sostenible en las dietas de cerdos y aves: un estudio de viabilidad = Insecten als duurzame dier-voedergrondstof in varkens-en pluimveevoerders: een haalbaarheidsstudie (No. 638). Investigación ganadera de Wageningen UR. <https://library.wur.nl/WebQuery/wur-pubs/fulltext/234247>
- Zhen, Y., Chundang, P., Zhang, Y., Wang, M., Vongsangnak, W., Pruksakorn, C., & Kovitvadhhi, A. (2020). Impacts of killing process on the nutrient content, product stability and in vitro digestibility of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meals. *Applied Sciences*, 10(17), 6099.
- Zulkifli, N. F. N. M., Seok-Kian, A. Y., Seng, L. L., Mustafa, S., Kim, Y. S., & Shapawi, R. (2022). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. *PloS one*, 17(2), e0263924.

**PID 9141**

**Denominación del Proyecto**

Caracterización fisicoquímica de harina de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) alimentadas con diferentes sustratos para su aplicación en nutrición animal.

**Unidad de ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Bromatología

**Cátedra, Área o disciplina científica**

Biología celular e Histología y embriología (carrera de Medicina Veterinaria)

-Bioestadística (Medicina Veterinaria)

-Crecimiento y desarrollo (Medicina)

-Gestión y Administración de Servicios de alimentación (Licenciatura en nutrición)

-Química analítica (CCC- Facultad Bromatología)

-Química y bioquímica de los alimentos (carrera de Licenciatura en Bromatología)

Área temática: Nutrición animal

Disciplina: Fisicoquímica

**Instituciones intervinientes públicas o privadas**

Convenio entre la Facultad de Bromatología y la Municipalidad de la ciudad de Gualeguaychú encuadrado dentro del Convenio Marco de cooperación y colaboración institucional para la colaboración en el presente proyecto.

**Contacto:** [sonia.santana@uner.edu.ar](mailto:sonia.santana@uner.edu.ar)

**Integrantes del proyecto**

**Director/a**

Prado, Alejandra Noemi

**Codirector/a**

Diaz, María Florencia

**Integrantes internos/docentes UNER**

Carraza Andrea María Teresita (FB-UNER); Corsico Francisco Armando (FB-UNER); Grenovero María Silvia C.; Montemuiño María Angelina; Ormaechea

María Fernanda; Seliman Josefina Griselda; Altuna Santos

Becaria de iniciación UNER: Rey Cecilia del Rosario

**Fecha de iniciación y finalización efectivas**

01/06/2023 y 31/05/2025

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 360/25 (07-11-2025)