

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“ESTIMACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL “*IN SITU*” DE LA HARINA DE LARVA Y PUPA DE LA MOSCA SOLDADO NEGRO (*HERMETIA ILLUCENS*) COMO ALIMENTO PARA GANADO LECHERO Arequipa – Perú 2018.”

“ESTIMATION OF THE RUMEN DEGRADABILITY "IN SITU" OF THE LARVAE AND PUPAE OF THE BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) AS FOOD FOR DAIRY CATTLE Arequipa – Perú. 2018.”

Tesis presentada por el Bachiller:

Anculle Carhuas, José Job

para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Mgter. Zegarra Paredes, Jorge

Arequipa – Perú

2023

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 15 de Noviembre del 2020

Dictamen: 001508-C-EPMVZ-2020

Visto el borrador del expediente 001508, presentado por:

2013185211 - ANCULLE CARHUAS JOSE JOB

Titulado:

**ESTIMACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL IN SITU DE LA HARINA DE LARVA Y PUPA DE
LA MOSCA SOLDADO NEGRO (HERMETIA ILLUCENS) COMO ALIMENTO PARA GANADO
LECHERO AREQUIPA - 2018.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**0868 - VASQUEZ RODRIGUEZ JESUS GUILLERMO
DICTAMINADOR**



**1331 - OBANDO SANCHEZ ALEXANDER DANIEL
DICTAMINADOR**



**2148 - VALDEZ NUÑEZ VERONICA ROCIO
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a **Dios** quien inspira mi espíritu para permitirme llegar hasta este punto de mi vida tan importante de mi formación profesional.

A mis padres que son el cimiento fundamental de mi formación, quienes sentaron en mí, las bases de superación, honestidad y continuo trabajo.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Santa María, Vicerrectorado de Investigación y al proyecto: “Desarrollo de conocimiento en el empleo de dípteros (*Hermetia illucens*) para el Bioprocesamiento de residuos orgánicos agrícolas”.

A la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por ser parte de ella, a mis profesores quienes con su enseñanza de sus valiosos conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día para lograr ser profesional.

A mi asesor de Tesis al Dr. Jorge Zegarra Paredes, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico durante todo este proceso de investigación.

A mi familia, mis padres **Tomasa Onorata Carhuas Sierra y Mauricio Anculle Loayza**, a mis hermanos y hermanas, quienes por ellos soy lo que soy, por ser los mejores promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

A mis jurados Dr. Alexander Obando Sánchez, a la Dra. Verónica Valdés Núñez, y al Dr. Guillermo Vásquez Rodríguez por la revisión del trabajo y sus aportes para el mejoramiento de la presente investigación.

Y a todas las personas que han sido participe de la tesis.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la desaparición *in sacco* de la materia seca y la proteína cruda de dos tratamientos diferentes de harina de larvas y pupas de mosca soldado negro, así como las fracciones de proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR). Todos los tratamientos fueron de la especie *H. illucens* o mosca soldado negro (MSN). Los tratamientos de MSN consistieron en harina de larvas y pupas con su contenido total de grasa. Se utilizó una vaca Holstein canulada en el rúmen en un ensayo de degradabilidad *in sacco*. Los períodos de incubación fueron 0; 2; 4; 8; 16; 24 y 48 horas. Los parámetros de degradabilidad como valores de PDR y PNDR se estimaron utilizando los porcentajes de desaparición de la materia seca y proteína cruda. Se determinaron los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS). La HMSN de larvas tuvo el valor “a” más bajo (10.9%) y la HMSN de pupas el valor a más alto (15.6%) con diferencias significativas entre ambos ($p < 0.05$). El tratamiento de HMSN de pupas tuvo el valor “b” más bajo (60.8%) y la de larvas el más alto (63.4%), sin diferencias significativas entre ambos tratamientos, ($p > 0.05$). La tasa de degradación “c” fue más baja en la HMSN de pupas con 8%/h y 9%/h para larvas, sin diferencias estadísticas entre ambas ($p > 0.05$). Se determinaron los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la proteína cruda (PC) Los valores “a” para la degradabilidad de la PC de ambos tratamientos evaluados en este estudio 8.3% y 27.0% para larvas y pupas, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) Los valores de “b” de 30.9% y 18.3% para harina de larvas y pupas respectivamente, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$). El valor “c” de la tasa de degradación fue de 26%/h para harina de larvas y de 16%/h para la de pupas sin diferencias significativas entre ambas ($p > 0.05$). Se establecieron las diferencias en la cinética de degradación de harinas de larva y pupa de MSN. La DE o Proteína Degradable Ruminal (PDR) fue de 34.1% y 40.1% para harina de larvas y pupas respectivamente, mientras que la fracción de Proteína no degradable (PNDR) o proteína “*by pass*” fue de 65.9% y 59.9% para harina de larvas y pupas respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos, para ambas fracciones proteicas. Los resultados encontrados de la degradabilidad ruminal de la MS y la PC de la HMSN tanto de larvas como de pupas, evidencian que ambos constituyen una muy buena fuente proteica, con un alto porcentaje de proteína “*by pass*” o sobrepasante ideal para ganado rumiante.

Palabras claves: Degradabilidad, parámetros, harina, proteína.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the *in sacco* disappearance of dry matter and crude protein from two different treatments of meal from black soldier fly larvae and pupae, as well as the rumen degradable protein (RDP) and non-degradable protein fractions. in rumen (RUP). All treatments were meal of the specie *H. illucens* or black soldier fly (BSFM). BSF treatments consisted of larvae and pupae meal with their total fat content. A Holstein cow cannulated on the rumen was used in an *in sacco* degradability test. The incubation periods were 0; 2; 4; 8; 16; 24 and 48 hours. The degradability parameters such as RDP and RUP values were estimated using the percentages of disappearance of dry matter and crude protein. The parameters of the ruminal degradation kinetics of dry matter (DM) were determined. The BSFM of larvae had the lowest "a" value (10.9%) and the BSFM of pupae the highest value a (15.6%) with significant differences between both ($p < 0.05$). The BSFM treatment of pupae had the lowest "b value (60.8%) and that of larvae the highest (63.4%), without significant differences between both treatments, ($p > 0.05$). The degradation rate "c" was lower in the BSFM of pupae with 8% / h and 9% / h for larvae, with no statistical differences between the two ($p > 0.05$). The parameters of the ruminal degradation kinetics of the crude protein (CP) were determined. The "a" value for CP degradability of both treatments evaluated in this study 8.3% and 27.0% for larvae and pupae were significantly different ($p < 0.05$). The "b" values of 30.9% and 18.3% for larval and pupal meal respectively, were significantly different ($p < 0.05$). The "c" value of the degradation rate was 26% / h for larval meal and 16% / h for the pupal meal. without significant differences between the two ($p > 0.05$). Differences in the degradation kinetics of BSF larval and pupal meals were established. The ED or Ruminant Degradable Protein (RDP) was 34.1% and 40.1% for larval and pupal meal respectively, while the fraction of undegradable Protein (RUP) or "by pass" protein was 65.9% and 59.9% for meal of larvae and pupae respectively, without significant differences between treatments, for both protein fractions. The results found on the ruminal degradability of DM and CP of BSFM in both larvae and pupae, show that both constitute a very good protein source, with a high percentage of protein "by pass" or undegradable ideal for ruminant cattle.

Keywords: degradability, parameters, meal, protein.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCION	1
1.1 Enunciado del problema	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Justificación del trabajo.....	2
1.3.1 Aspecto General.....	2
1.3.2 Aspecto Tecnológico.....	2
1.3.3 Aspecto Social	3
1.3.4 Aspecto económico.....	3
1.3.5 Importancia del trabajo	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	5
2.1 Análisis bibliográfico	5
2.2.1 Anatomía y fisiología del rumen.....	6
2.2.2 Dinámica de la digestión en el rumen	7
2.2.3 Concepto de proteína:	8
2.2.4 Fermentación Ruminal y Degradación de Proteína.....	8
2.2.5 Factores que afectan la Degradación Ruminal	11
2.2.6 Tipo de Proteína:	11
2.2.7 Tasa de paso y dilución ruminal.....	12
2.2.8 Ph y sustratos Ruminales.....	13
2.2.9 Procesamiento de Materias Primas.....	14
2.2.10 Proteína Animal y Vegetal.....	14
2.2.11 Fuentes Alternativas de Proteínas.....	15
2.2.12 Proteínas de origen vegetal:.....	16

2.2.13	Proteínas de organismos unicelulares:.....	17
2.2.14	Proteínas de origen animal:.....	18
2.2.15	La harina de insectos como fuente alternativa a la harina de pescado	19
2.2.16	<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldado negro)	20
2.2.17	Taxonomía de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>).....	21
2.2.18	Ciclo de Vida	22
2.2.19	Uso de la Mosca	23
2.2.20	Importancia económica de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>).	23
2.2.21	Valor nutritivo de la larva de la mosca soldado negro (<i>Hermetia Illucens</i>).....	24
2.2.22	Composición Química de las Diferentes Especies de Larvas de la mosca soldado negro (MSN) (<i>Hermiti illucens</i>)	25
2.2.23	Factores que influyen en la composición química de las larvas y la comida pre-pupa.....	30
2.2.24	Composición de nutrientes de la mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>) larva y pupa	35
2.2	Antecedentes de investigación.....	39
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....		41
3.1	Materiales.....	41
3.1.1	Localización del trabajo.	41
	a) Localización espacial.....	41
	b) Localización temporal.....	41
3.1.2.	Material biológico.....	41
3.1.3.	Material de laboratorio.....	41
3.1.4.	Material de campo.....	41
3.1.5.	Equipos y materiales.....	42
3.1.6.	Materiales digitales.....	42
3.1.7.	Otros materiales.....	42
3.2.	Métodos.....	42
3.2.1	Muestreo.....	42

3.2.2	Formación de unidades experimentales de estudio.....	43
3.2.3	Métodos de evaluación.....	43
3.2.4	Variables de respuesta.....	49
3.2.5	Evaluación estadística.....	49
3.2.5.1	Diseño experimental.....	49
3.2.5.2	Unidades experimentales.....	50
3.2.5.3	Análisis estadísticos.....	50
3.2.5.4	Análisis de significancia.....	50
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		51
4.1	Determinación la curva de degradabilidad de la Materia seca de pupas y larvas de <i>Hermetia illusens</i>	51
4.1.1	Degradabilidad ruminal de la MS.....	52
4.1.2	Cinética de la degradación de la MS.....	54
4.2	Determinación la curva de degradabilidad de la Proteína cruda de pupas y larvas de <i>Hermetia illusens</i>	56
4.2.1	Degradabilidad ruminal de la PC.....	56
4.2.2	Cinética de la degradación de la PC.....	58
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....		62
CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES.....		64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		65
ANEXOS.....		71

ÍNDICE DE TABLAS

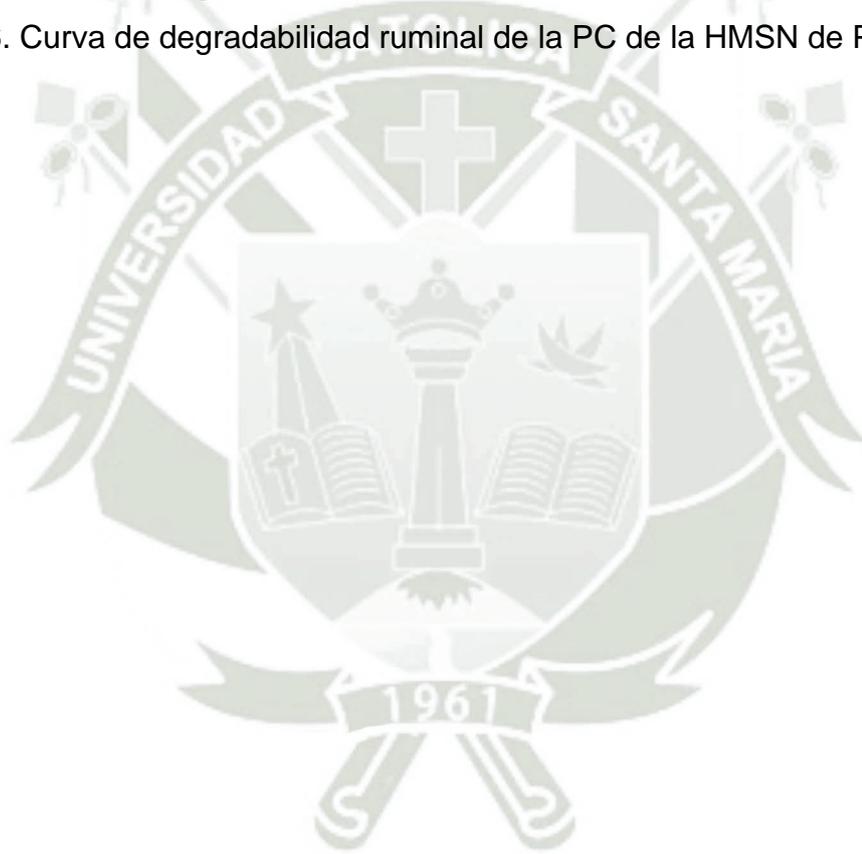
Tabla 1.	Taxonomía de la mosca soldado negro (<i>Hermitia illucens</i>).	21
Tabla 2.	Composición de nutrientes de mosca soldado negro (MSN) y mosca doméstica (MD) en base a materia seca (g/kg).	26
Tabla 3.	Perfil de aminoácidos de mosca soldado negro y mosca doméstica en base de materia seca (g/100 g).	27
Tabla 4.	Composición de ácidos grasos de larvas y pupas de mosca domestica (Pretorius y Quinto., 2011).....	27
Tabla 5.	Contenido mineral de la harina de pre pupa mosca soldado negro (<i>Hermitia illucens</i>), seca criada en estiércol de cerdo y aves de corral (base materia seca)	29
Tabla 6.	Efecto de la edad de las larvas y método de secado sobre la composición proximal de la Harina de larvas mosca domestica.....	32
Tabla 7.	Análisis proximal de (<i>Hermitia illucens</i>)	36
Tabla 8.	Composición mineral de H.illucens (MSN) y C.Chloropyga (MD) Larvas (L) y Pupas (P)	37
Tabla 9.	Composición de aminoácidos de H. illucens (MSN) Pupas y larvas y Larvas de C.Chlropyga (MD)	38
Tabla 10.	Composición del análisis proximal entre la harina de las larvas de (<i>Hermitia illucens L.</i>) y la composición bromatológica de la harina de pescado.	38
Tabla 11.	Composición química de la Harina de Mosca Soldado Negro de Larvas y Pupas	51
Tabla 12.	Degradabilidad ruminal de la MS de la harina de <i>Hermetia illusens</i> en estadios de larva y pupa a diferentes tiempos de incubación.....	52
Tabla 13.	Parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h.....	54
Tabla 14.	Degradabilidad ruminal de la PC de la harina de <i>Hermetia illusens</i> en estadios de larva y pupa a diferentes tiempos de incubación.....	57
Tabla 15.	Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h.....	59

Tabla 16. Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h..... 60



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS según estadios y tiempos de incubación ruminal	53
Gráfico 2. Curva de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN de Larvas .	55
Gráfico 3. Curva de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN de Pupas ..	56
Gráfico 4. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC según estadios y tiempos de incubación ruminal	57
Gráfico 5. Curva de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN de Larvas..	58
Gráfico 6. Curva de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN de Pupas ..	59



CAPÍTULO 1. INTRODUCCION

1.1 Enunciado del problema

Estimación de la Degradabilidad “*In Situ*” de la harina de larva y pupa de la mosca soldado negra (*Hermetia illucen*) para ganado lechero, Arequipa - 2019

1.2 Descripción del problema

Con el crecimiento de la población mundial, la demanda actual de la proteína animal debe crecer en un 70 a 100 % para cubrir las necesidades de producción, lo que implica una mayor producción animal y por ende, una mayor cantidad de fuentes de proteína para alimentarlos. Por esta razón se hace necesario incursionar en la producción de otras fuentes alternativas de proteína, que sean de alto valor nutricional, de bajo costo y reducido impacto ambiental. En este contexto los insectos se presentan como la mejor alternativa, dada su alta producción por unidad de superficie, gracias a la brevedad de su ciclo reproductivo, su alto valor nutricional y sus bajos costos de producción. Dentro de las ventajas que tienen los insectos es que tienen una alta eficiencia de conversión de alimentos.

La larva de la mosca soldado (*Hermetia illucens*) es una alternativa para usarla como fuente de proteína en la alimentación de los animales de interés zootécnico, debido a su alto valor nutricional de 38 al 44 % de proteína cruda. Las larvas han demostrado que cuentan con una valiosa fuente de aminoácidos esenciales y un equilibrio como fuente de proteínas, y que se ha usado con éxito en cerdos, peces y aves de corral.

El propósito de este estudio es evaluar la harina de larvas y pupas de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) como una fuente potencial de proteína en la dieta de los rumiantes, donde la misma no se ha evaluado hasta la fecha, bajo condiciones locales. Así mismo si bien existen datos sobre el valor nutricional y contenido de proteína de la harina de este insecto, se desconoce cuál es su

porcentaje de degradabilidad ruminal en términos de materia seca y proteína cruda, dato de suma importancia para la formulación de raciones en rumiantes.

El método de la digestibilidad *in sacco* es la mejor manera para estimar la degradabilidad de las partículas de los alimentos, este método necesita animales canulados quirúrgicamente. Para llevar a cabo estos ensayos, se usa bolsas nylon que están expuestas a un ambiente ruminal real con varios factores que afectan la degradación y la digestión de nutrientes de diferentes alimentos (Mehrez y Ørskov, 1977).

1.3 Justificación del trabajo

1.3.1 Aspecto General

Se orientará a la evaluación de nuevas alternativas proteicas para uso en la alimentación de ganado rumiante en función de su valor nutricional y digestibilidad bajo condiciones de producción y utilización a nivel local. Se contará con los datos de la degradabilidad ruminal de la MS y PC de la harina de MSN elaborada en dos estadios pupa y larva, como una alternativa proteica de importancia en los sistemas ganaderos de la costa de nuestra región, así como también con la aplicación de técnicas validadas internacionalmente, pero con muestras locales.

1.3.2 Aspecto Tecnológico

El uso de los modelos matemáticos para estimar la degradabilidad ruminal de los nutrientes es una herramienta tecnológica que cada vez va tomando mayor importancia en la descripción de la cinética de degradación de alimentos y forrajes destinados a animales rumiantes, y conjuntamente al avance de las ciencias computacionales resulta un método muy rápido y exacto para estimar de manera razonable los procesos de digestión a nivel ruminal en este tipo de animales.

1.3.3 Aspecto Social

La ganadería lechera es una de las actividades productivas más importantes del sector agropecuario en nuestra región y de la cual viven miles de familias y las cuales requieren de alternativas para a la alimentación de sus animales pero con información correcta y adecuada sobre el valor nutricional de las mismas, así como del posible uso digestivo en los animales con rangos de precisión y exactitud suficientes para formular raciones que cumplan con los requerimientos del animal pero que también sean del más bajo costo posible.

1.3.4 Aspecto económico

El uso de alternativas proteicas que puedan suplir el suministro de nutrientes de las fuentes tradicionales, tiene el potencial de reducir costos dado que se presenta como una alternativa para las explotaciones ganaderas, que muchas veces tienen que pagar altos costos por insumos tradicionales que son excesivamente caros en determinadas épocas del año afectando la rentabilidad de sus explotaciones ganaderas.

1.3.5 Importancia del trabajo

Se contará con los datos de la degradabilidad ruminal de la MS y PC de la harina de pupas y larvas de Mosca soldado negra, como una alternativa proteica de importancia en los sistemas ganaderos de la costa de nuestra región, así como también con la aplicación de modelos matemáticos validados internacionalmente, pero con muestras locales. Esto permitirá un desarrollo de los conocimientos en el ámbito de la nutrición y alimentación animal, con implicancia directa en mayores ganancias económicas para los productores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Estimar la Degradabilidad ruminal “*In Situ*” de la harina de la larva y pupa de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) como alimento para ganado lechero

1.4.2 Objetivos específicos.

- Estimar el porcentaje de la degradabilidad de la materia seca (MS) de la harina de larva y pupa de MSN
- Estimar el porcentaje de degradabilidad de la proteína Cruda (PC) de la harina de larva y pupa de MSN
- Estimar los parámetros cinéticos de degradación ruminal de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC)
- Establecer las diferencias en la cinética de degradación de harinas de larva y pupa de MSN.

1.5 Hipótesis

Dado que la MS y PC de los alimentos, sufre un proceso de degradación microbiana a nivel ruminal, es probable que; la metodología de degradabilidad *in situ* nos permita estimar la magnitud de dicha degradación y describir la curva de desaparición en el tiempo, de las muestras de harina de larva y pupa de la mosca soldado negro.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

2.1 Análisis bibliográfico

Los rumiantes son los únicos en su forma fisiológica de digestión y procesamiento de alimentos en el tracto gastrointestinal. Los rumiantes tienen cuatro compartimentos estomacales distintos, el retículo, rumen, omaso y abomaso, el rumen un gran saco o espacio de almacenamiento para el alimento ingerido, las partículas de alimento son degradadas por microorganismos, como bacterias y protozoos, que se alojan en el rumen. Los rumiantes se benefician de la presencia de estos microbios ya que ayudan en la descomposición y procesamiento del material de alimentación para proporcionar nutrientes esenciales, como aminoácidos requeridos por el animal huésped para el crecimiento y la producción. Los microorganismos incorporan aminoácidos libres y los péptidos de los animales se alimentan en su propia masa que forma parte de la proteína usado por el animal, esta fracción de proteína se conoce como proteína microbiana (PM) y constituye una gran cantidad de requerimientos de proteína del animal. La proteína microbiana (PM) pasa a través del rumen hasta el intestino delgado donde se digiere más, en animales que necesitan mantener un alto estado de producción, de la Proteína microbiana (PM) a menudo está limitado en el suministro de aminoácidos. Los rumiantes necesitan proteína adicional que se digiere en el intestino delgado para cumplir con los requisitos se refiere a esta proteína como proteína de derivación, proteína no degradable en rumen (PNDR) o proteína digerible no degradable. La Proteína no degradable en rumen (PNDR) forma parte del total de contenido de proteína de una fuente de alimento, los materiales de alimentación difieren en fracciones de la Proteína no degradable del Rumen (PNDR) y varios factores afectan la digestibilidad, algunos son factores dietéticos y factores animales. Los investigadores dedican su tiempo para aprender sobre estos factores y fuentes de alimentación para determinar con precisión la degradación y la digestión de los materiales de alimentación en diferentes ensayos, según la literatura, el método de la bolsa de nylon o dacrón es prácticamente la mejor y más conveniente manera de cuantificar la degradación de proteína en el rumen. (Van der Merwe y Smith., 1991).

Las fuentes convencionales de proteína conocidas como Proteína no degradable en rumen (PNDR), son proteínas de origen animal como harina de pescado, harina de plumas, huesos y harina de sangre y subproductos de semillas oleaginosas conocidas

como tortas oleaginosas, sin embargo, estos recursos se están volviendo más costosos y algo limitado en disponibilidad.

Hay una búsqueda constante de recursos alternativos de proteína para uso en dietas de animales, en ese sentido salió este producto sometido a consideración y que ya ha mostrado resultados prometedores en ensayos con animales monogástricos es la larva de mosca comida, el uso de la larva y pupas de moscas secas, también conocido como harina de gusano o magma, no es una nueva tendencia y ha sido estudiada y utilizada en dietas acuícolas hace una década o dos ya estudiaron el uso de la harina seca de (*Hermetia illucens*) mosca negra soldado como posible suplemento en las dietas porcinas, utilizando como piensos. El motivo de la búsqueda de alternativas de recursos se deba los altos costos de producción y la calidad variable de la proteína animal convencional fuentes como la harina de pescado, la comida de larvas ha demostrado sustituir con éxito la harina de pescado. (Newton et al, 1977).

La harina de larvas o pupas es una buena fuente de aminoácidos esenciales y una fuente de proteína bien balanceada para el uso en dietas de aves de corral. (El Boushy ar, 1991).

2.2.1 Anatomía y fisiología del rumen

El animal rumiante es único en la anatomía de su tracto digestivo y su forma de dirigir diferentes partículas de alimentación. Los rumiantes tienen la capacidad de consumir forrajes desagradables, como paja heno, así como material fibroso que contiene altas cantidades de celulosa y hemicelulosa, el animal utiliza estos materiales y los convierte en energía utilizable y proteína, a diferencia de las especies monogástricos, el estómago del rumiante está compuesto por cuatro compartimientos conocidos como rumen, retículo, omaso y abomaso o verdadero estómago. (Church, 1979). El rumen y retículo se unen para formar el retículo – rumen, el retículo – rumen asegura una cultura continua sistemática para los microorganismos anaeróbicos. Los productos producidos a partir de estos órganos combinados son ácidos grasos volátiles (AGV), células microbianas, metano y CO₂. (McDonald et al, 2002). El rumen es el compartimento más grande y puede variar entre 100 y 300 litros en volumen en vacas maduras, lo que representa dos tercios del total del tracto digestivo, el rumen consiste en tres sacos, el saco craneal, ventral y dorsal, los sacos están separados unos por fuerte bandas musculares conocidos como pilares. La

alimentación ingerida pasará alrededor de 20 – 48 horas en el rumen, lo que indica la importancia del rol del rumen en el proceso de digestión. Los pilares musculares se contraen y relajan, toma de 50 a 60 segundos para completar un ciclo de sincronizado. Las contracciones son cruciales ya que ayuda a mezclar el bolo alimenticio (bola pequeña de alimento masticado y saliva) con licor de rumen y microorganismo. Las papilas con forma de dedo que delinear la pared del rumen ayudan a aumentar la superficie disponible para la absorción de AGV y amoniaco (NH_3), que son dos extremos productos producidos por fermentación. (McDonald et al 2002).

2.2.2 Dinámica de la digestión en el rumen

Las partículas de alimentos que ingresan al rumen en diferentes formas y tamaños, estas partículas son capturadas en el segmento de líquidos, por ejemplo, las partículas que son solubles como los azúcares son rápidamente degradados en el rumen por los microbios, esto explica que otras fracciones insolubles de alimentos son colonizados por los microorganismos y la degradación se lleva a cabo a un ritmo más lento. Otros componentes como la lignina, que se encuentra en estructuras de la pared celular, son completamente no degradables en el rumen. Es imperativo que el material degradado pase tiempo suficiente en el rumen para dar a una digestión exitosa, dependiendo del producto de la digestión, se retira del rumen y pasa al intestino inferior, donde se metaboliza a un mejor, o se absorbe directamente a través de la pared ruminal. Las partículas de alimento permanecen en el rumen, luego se trasladan a la parte superior del rumen, donde las partículas se reducen a fragmentos más pequeños, una vez reducido a más pequeñas piezas, pueden moverse hacia abajo en el líquido y pasar a la parte inferior del intestino, se sabe que la velocidad a la que los fluidos pasan por el rumen es más rápida con dietas a base de fibras dietéticas que con dietas de concentrados, la explicación de esto radica en la producción saliva. Las dietas ricas en fibra promueven más rumia lo que significa más mezcla de digesta con saliva, este proceso se agrega más sal a la digesta y a su vez aumenta la ingesta de agua. Este último proceso acelera el flujo del fluido a través del rumen y podría ser perjudicial en las dietas fibrosos, ya que disminuye el tiempo para la digestión por los microorganismos, sin embargo, una mayor velocidad de paso más rápido es ventajoso en dietas que contienen alto contenido proteico y almidón, que se digiere con mayor eficiencia en los órganos del aparato digestivo inferior (McDonald et al 2002).

2.2.3 Concepto de proteína:

Las proteínas no solo son componentes estructurales de los tejidos de los animales, sino también de enzimas, agentes de transporte, hormonas y otros compuestos orgánicos importantes del organismo. Para la formación de estas proteínas el organismo utiliza principalmente los aminoácidos liberados durante la digestión de las proteínas del alimento, de manera que el valor de estas estará en función a la cantidad y tipo de aminoácidos presentes y que sean disponibles para el animal.

De forma química y analítica las proteínas son compuestos orgánicos complejos formados por aminoácidos, normalmente de la serie L, los cuales son los únicos que pueden emplearse por los animales con fines metabólicos. Los aminoácidos se caracterizan por tener por lo menos un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH). En el siguiente cuadro se puede apreciar la clasificación de los aminoácidos según su estructura.

2.2.4 Fermentación Ruminal y Degradación de Proteína

El proceso principal que se lleva a cabo en el rumen es la fermentación de alimento que se ingiere y una diversidad de especies de microorganismos están presentes en el rumen y cada uno utiliza diferentes sustratos de los piensos. La fermentación se logra con la de microorganismos anaeróbicos que está formado por bacterias (10^9 – 10^{10} por mil de contenido de rumen), protozoos (10^6 por mil) y hongos. (McDonald et al 2002). La composición de una dieta tiene un enorme efecto sobre la cantidad y el tipo de especies microbianas presentes en el rumen y afecta la proporción de los AGV producidos en el rumen. (Iglesia et al, 1979)

Para una fermentación óptima, el medio ambiente del rumen debería ser ideal para sostener la vida y el crecimiento microbiano. En condiciones normales el pH del rumen varía de 5.5 a 7.3 claro todo es en función de la dieta, el pH cae más hacia el lado ácido que es ideal para microbios. (Kopečný, et al, 1982) Si el pH del rumen es más ácido (< 7.0) es normal, sin embargo, no es ideal para el rumen un ambiente (por debajo de > 5.5). Cuando el pH baja demasiado acidosis en el rumen puede seguir lo que tiene un efecto perjudicial sobre la salud animal, en el consumo de materia seca y puede incluso causar la muerte en casos severos. La acidosis está relacionada con el consumo de dietas altas de concentrados o dietas bajas en fibra. Los diferentes

valores de pH afectan a diferentes especies de microorganismos y por lo tanto, también la producción de AGV. (Erfle et al, 1982). De acuerdo a la temperatura en el rumen varía entre 30° - 42° C, estas temperaturas son ideales para sostener la vida microbiana, como se mencionó anteriormente los microbios son organismos anaeróbicos y la continuidad de un ambiente anaeróbico es esencial. Un suministro constante de alimento debe estar disponible para el crecimiento y la repoblación de microbios. (Van der Merwe y Smith 1991).

Los productos de la fermentación ruminal es la producción de proteína AGV y NH_3 , el exceso de NH_3 producido en el rumen es absorbido directamente a través de la pared del rumen y metabolizada en el hígado y la urea se recicla a través de la saliva o se pierde a través de la orina, que es una pérdida de nitrógeno (N). La reducción de la degradación de proteína ruminal o aumento de la eficiencia del uso de N por los microorganismos puede ayudar a reducir las pérdidas de N (Tamminga et al 1979). Todas las células vivas contienen proteína. Las proteínas son compuestos complejos, orgánicos que tienen un alto masa molecular, su estructura se compone de carbono, oxígeno, nitrógeno y algunos también se componen de azufre en forma de aminoácidos tales como cisteína y metionina.

Cuando las proteínas se hidrolizan con la ayuda de enzimas, ácidos y alcalinos para producir aminoácidos y péptidos. Los aminoácidos contienen un grupo amino ($-\text{NH}_2$) que especifica a cada aminoácido y una unidad de carboxilo ácido (COOH) (Mc Donald et al .2002). A diferencia de las plantas y los microorganismos, los animales no pueden sintetizar el grupo amino y por lo tanto los aminoácidos deben ser suministrados a través de fuentes dietéticas para que los animales construyan el cuerpo de proteínas, a través de un proceso conocido como trasaminación, algunos aminoácidos se pueden sintetizar a partir de otros aminoácidos.

Los péptidos se forman a través del enlace de dos o más aminoácidos. El enlace tiene lugar entre el grupo α - amino de uno y el grupo α - carboxilo de otro. Como se mencionó, las proteínas están presentes en todas las células vivas y son imprescindibles para el mantenimiento de las funciones vitales, crecimiento, producción y reproducción de los animales. La proteína de origen dietético está clasificada en proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR) con esta última conocida también como proteína de derivación. La PDR contiene verdadero nitrógeno proteico (NP) y nitrógeno no proteico (NNP), para

el crecimiento microbiano los aminoácidos, los péptidos y NH_3 son utilizados por los microbios. Mientras las PNDR son resistentes a la fermentación y descomposición en la cámara ruminal y pasa hacia el abomaso y al intestino delgado donde se degrada a aminoácidos y péptidos para luego ser absorbidos. La PDR es muy importante para darle mantenimiento y sostenibilidad de los microbios del rumen, esta porción de PDR se hidroliza en el rumen a péptidos y aminoácidos gracias al trabajo de los microbios, los aminoácidos se descomponen en dióxido de carbono, ácidos grasos y amoniaco.

(Brock et al.,1982) manifiestan que la descomposición de la proteína comienza cuando los organismos se unen a las partículas de alimento y la actividad de la enzima proteasa del microbio se une a las células de las partículas. El 70 – 80% de las partículas de los alimentos deberán estar cubiertas por los microorganismos para iniciar el desglose de las proteínas, aproximadamente la mitad de esos microbios tiene actividad proteolítica que afecta el grado y la velocidad a la que se producirá la degradación de la proteína. La función de las bacterias es degradar y fermentar los nutrientes, siendo la proteína como una de ellas, los aminoácidos y los péptidos son los productos de la degradación de la proteína. Los aminoácidos son engullidos por los microorganismos y forman parte de la proteína microbiana. Los péptidos son desglosados aún más a aminoácidos y también son utilizados por los microbios o son convertidos a AGV, NH_3 y dióxido de carbono (CO_2) por el proceso conocido como desanimación.

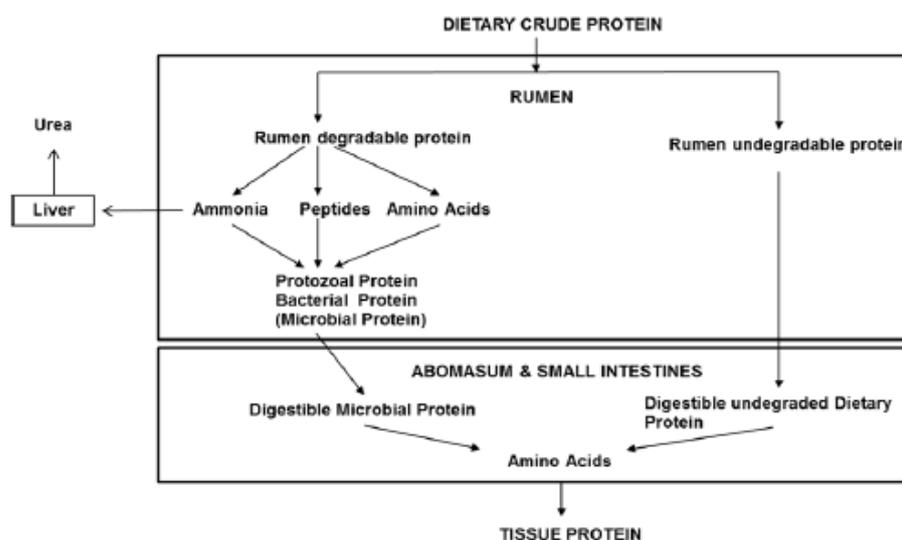


Fig. 1 Fraccionamiento de la proteína cruda de la dieta en rumiantes (McDonald et al.,2002).

De todas las especies microbianas en el rumen el 30 – 50% tienen actividad proteolítica, una fracción de los aminoácidos se degradan aún más para producir ácidos orgánicos, NH₃ y CO₂, los microbios engullen los aminoácidos y el amoníaco y luego pasan al abomaso y al intestino delgado como proteína microbiana, la proteína microbiana representa casi el 80% de la proteína absorbible en el abomaso y en el intestino delgado (Storm y Orskov., 1983).

Para una producción efectiva de proteína microbiana tiene que haber suficientes cantidades de PDR disponibles para la digestión, así como suficiente energía disponible para los microbios para realizar los procesos metabólicos. Mientras las PNDR resisten a la degradación ruminal más bien son absorbidos en el abomaso y el intestino delgado, esta parte de la proteína contribuye en el aumento de producción y rendimiento en la leche, proteína de la leche y en animales gestantes, el suministro de PNDR promueve el crecimiento fetal. Sin embargo, las PNDR son muy caras y la disponibilidad a veces es un problema, los nutricionistas están buscando continuamente o experimentando recursos alternativos que podrían sustituir los costosos y recursos limitados (Agbossamey et al 1998).

2.2.5 Factores que afectan la Degradación Ruminal

La degradación ruminal de la proteína se ve afectada por muchos factores, de los cuales el tipo de proteína es probablemente el más importante, algunos otros factores claves que influyen en la degradación de la proteína en el rumen es la interacción de la proteína con otros nutrientes en el pienso, que incluye carbohidratos y proteína microbiana.

2.2.6 Tipo de Proteína:

La degradabilidad de la proteína está determinada por su solubilidad, que depende de la susceptibilidad de la enzima proteasa microbiana. Varios otros factores influyen en la solubilidad de las proteínas, la medición de la solubilidad en la caseína y la proteína de soja en un ruminal esterilizado en autoclave mezclado con fluidos. Se puede concluir que la solubilidad puede verse influenciada por factores asociados con el solvente como la sal, pH, tiempo de extracción de fuerza iónica, grado de agitación

y temperatura (Wohlt et al, 1976). La estructura de la proteína tiene una enorme influencia en la susceptibilidad en los microbios proteasas, es uno de los factores más importantes que afecta la degradabilidad, de las proteínas a través de los microbios. Las estructuras que contienen enlaces disulfuricos (es decir, albumina) se degrada lentamente en el rumen, que demuestra que la degradabilidad de las proteínas individuales también se ve afectada por factores distintos a la solubilidad. Los enlaces entre las proteínas son jugadores claves que determinan la degradación de estas proteínas. Los enlaces dipeptídicos en la estructura de proteína también afecta la degradabilidad. (Yang y Russell,1992), la susceptibilidad de una proteína a proteasas microbianas está muy influenciadas por sus propiedades de solubilidad, por lo tanto, la solubilidad influye en la degradabilidad, las globulinas son altamente solubles y altamente degradables en el rumen, pero los glúteos y las prolaminas son lo opuesto y son consecuentemente degradados a un ritmo más lento. (Romagnolo et al, 1994)

2.2.7 Tasa de paso y dilución ruminal

La velocidad de paso afecta la síntesis microbiana en el rumen. Un aumento en la tasa de pasaje reduce los requisitos de costo de mantenimiento de los microorganismos. (Ferreira y Valadares, 2003). El crecimiento microbiano se maximizará cuando la tasa de dilución sea igual a la tasa de replicación microbiana, pero es un punto de vista teórico. La síntesis microbiana es positiva relacionado con la tasa de pasaje y porque la tasa de pasaje es un factor de ingesta de materia seca allí también es una correlación positiva entre la ingesta de materia seca y la síntesis microbiana (Verbic, 2002).

La tasa de pasaje del alimento ingerido a través del rumen está inversamente relacionada con la proteína degradada. (Orskoy y McDonal,1979). El tamaño de partícula y la densidad de la partícula también juegan un papel importante en la tasa de aprobación. En un estudio de (King y Moore 1957) se usó plástico inerte, se usaron marcadores y se demostró que las partículas con mayor densidad y mayor tamaño tenían una tasa de pasaje menor por lo tanto era más degradable. (Orskov y McDonald, 1979).

La velocidad de paso a través del rumen tiene un efecto inverso sobre la degradación de la proteína. La fibra el contenido de una dieta también afecta la rumiación. Una mayor ingesta de fibra dará como resultado una mayor intensidad y

períodos más largos de rumiación. El proceso aumentará la cantidad de saliva producida, diluyendo los contenidos del rumen y aumentando la amortiguación dando como resultado un pH ruminal elevado (Valadares et al, 2003). Todo esto se reduce en la ingesta de materia seca y el tipo de ración para producción de proteína microbiana que se puede aumentar, asegurando así un consumo adecuado de materia seca (Evans, 2003).

2.2.8 Ph y sustratos Ruminales

El pH del rumen afecta la degradación de la proteína y tiene un efecto sobre la población y especies de microorganismos presentes en el rumen, que a su vez tiene su propia influencia en la degradación de proteína. Una observación interesante en el estudio de (Bach et al 2005) fue que una actividad proteolítica disminuye en el rumen a medida que el pH disminuía, pero solo ocurría en ganados lecheros con altos raciones de forraje y no en raciones de vacunos para carne con alto contenido de concentrado. El pH del rumen, donde la actividad enzimática proteolítica es óptima, es de 5.5 a 7.0, aunque la actividad de la enzima se desarrolla bien a ese pH, el rango de pH más bajo le hace difícil degradar las proteínas. (Bach et al 2005). Se compararon raciones que consistían principalmente de forrajes versus raciones con alto contenido de concentrado con un pH que varía desde 4.9 a 7.0 se demostró que para ambas dietas, se observó una reducción en la degradación de proteína con un pH disminuido; Otro estudio demostró que cuando el ganado se alimenta con una ración de forraje al 100%, la concentración de amoníaco en el rumen se reduce cuando el pH disminuye de 6.5 a 5.7, sin embargo si el ganado es alimentado con 90% de concentrado, la concentración de amoníaco fue menor independientemente del pH. Estos resultados implican que el tipo de ración afecta a la población de microorganismos y que junto con el pH afecta el grado en que las proteínas se degradan, se concluye en otro estudio *in vitro* que los diferentes microorganismos se ven afectados por el pH a través de las concentraciones de AGV producidos en el rumen. Por lo tanto, la cantidad de AGV producidos en el rumen puede dar una indicación de la degradación de las fuentes de proteína, cuanto más se produce AGV mayor degradabilidad (Erfle et la 1982).

2.2.9 Procesamiento de Materias Primas

El procesamiento de alimentos ricos en proteínas se usa más comúnmente en los alimentos y en las semillas oleaginosas. Las tortas de semillas oleaginosas son el resto después de eliminar el aceite de las semillas oleaginosas. El procesamiento de tortas de semillas oleaginosas comienza cuando se retira el aceite. Hay dos procesos claves para eliminar el aceite de las semillas. Uno implica presión mecánica que presionada con fuerza sale el aceite y el segundo proceso hace uso de un solvente orgánico. En algunos casos, una combinación de los dos procesos se utiliza con normalidad (McDonald et al., 2002). El procesamiento de piensos es un factor que influye mucho en la calidad del mismo. La aplicación de calor al producto aumenta la fracción de DR de la torta de aceite o harina. En la nutrición del ganado lechero, una baja degradabilidad puede ser beneficioso para el suministro de proteínas y aminoácidos que pasen directamente al abomaso y al intestino delgado, por lo tanto, el rendimiento de la producción aumentaría. Aunque cuando se sobrecalienta, la calidad de la proteína disminuye a medida que se vuelve menos digerible. Las altas temperaturas de los eyectores (prensa cilíndrica) tienen una tendencia a desnaturalizar las proteínas, lo que nos da como resultado la menor digestibilidad. Sustancias como el gosispol, que son nocivos, también son controlados o suprimidos por las presiones y altas temperaturas (McDonald et al., 2002).

La harina de pescado pasa por una variedad de métodos de procesamiento para aumentar la degradabilidad y disminuir contenido de humedad y grasa. El objetivo es producir harina de pescado con un contenido de humedad del 10% y un 8% de extracto de éter. El alto contenido de humedad y grasa promueve la oxidación de las grasas, en la cual se vuelven rancios e incluso pueden conducir a la combustión espontánea (Van der Merwe & Smith., 1991).

2.2.10 Proteína Animal y Vegetal

Las tortas de oleaginosas son subproductos de semilla oleaginosa prensada, se les considera relativamente buenas. Recurso de proteína “bypass”, la harina de pescado de buena calidad es ventajoso cuando se usa en animales jóvenes en crecimiento y animales de alta producción, tales como vacas lecheras o cerdas gestantes. La composición de aminoácidos de la harina de pescado muestra similitud

con el tejido corporal de proteína y por lo tanto, el valor biológico de la harina de pescado es alto (Van der Merwe & Smith 1991).

La harina de pescado es rica en aminoácidos como la lisina, que es el primer aminoácido limitante, excepto en aves de corral, metionina, arginina, ácido glutámico y ácido aspártico. La harina de pescado también es una buena fuente de minerales y algunas vitaminas (McDonald et al., 2002).

En los rumiantes, la harina de pescado se utiliza principalmente por su alto contenido de PDR. Una gran parte de la proteína pasa al intestino delgado donde se absorben los aminoácidos. En uno de los estudios de Akayezu et al . (1997) la sustitución de la harina de soja con carne y harina de huesos o harina de pescado dio como resultado un aumento en el contenido de proteína de la leche y aumentó el uso eficiente de la proteína en la producción de leche en vacas en lactación. Algunos alimentos también son tratados con calor o con productos químicos para reducir la división o "ataque" del microorganismo a la partícula de alimento. El objetivo es proteger los nutrientes y proteínas de calidad, a partir de la fermentación y la digestión ruminal, de modo que puedan digerirse después del rumen en el abomaso o intestino delgado (sirve más como una proteína de derivación). El tratamiento con una sustancia química conocida como el formaldehído se usa para ajustar las estructuras de las proteínas de una manera que prohíbe la escisión de los microbios, sin embargo, la digestión aún es posible a través de enzimas digestivas. (McDonald et al ., 2002).

2.2.11 Fuentes Alternativas de Proteínas

Las proteínas de origen animal y vegetal constituyen una fuente indispensable en la dieta de los animales para satisfacer sus requerimientos básicos de nutrición. Las proteínas de torta de soja son más altas que los cereales, altas en fósforo pero menor en aminoácidos incluyendo metionina , lisina y cisteína, sin embargo las proteínas de origen animal como la harina de pescado, harina de sangre y plumas hidrolizadas contiene altos niveles de aminoácidos esenciales específicamente en metionina, lisina cisteína y triptófano, también tienen alto contenido de mineral como la harina de pescado, vitamina B, colina y riboflavina, y la razón porque la harina de pescado es limitada se debe a razones económicas, son muy caras y su disponibilidad es limitada, esto llevo que los investigadores busquen nuevas proteínas alternativas como ejemplo el uso de proteínas moleculares que son bacterias y levaduras, otras

como los aminoácidos cristalinos o puros como L- Lisidina, L- Treonina y DL-Metionina que son limitantes en una dieta. Otra como la urea sin embargo se usa para proporcionar nitrógeno a los microorganismos y para hidrolizar la dieta proteica. (Van der Merwe y Smith., 1991).

En este estudio de investigación se realizará una búsqueda de otra fuente de proteína para ser considerada en la nutrición de los animales. El producto se conoce como la harina de larva y pupa de diferentes especies de mosca, el uso de harina de larvas y de pupas ha sido previamente estudiado para su uso potencial como suplemento alimenticio. (Awoniyi et al., 2003; Bondari y Sheppard 1981), estudiaron a la especie díptera (*Hermitia illucens*) mosca soldado negra, como alimento en dietas de porcinos, han demostrado ser un constituyente exitoso también como alimento para peces en acuicultura, en aves de corral, las larvas han sido certificados como una valiosa fuente de aminoácidos esenciales y una fuente de proteína bien equilibrada. Esta especie díptera, la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) es investigada actualmente por la empresa Agri-proteína que tiene interés en el valor nutritivo de estas especies en la alimentación de los rumiantes.

2.2.12 Proteínas de origen vegetal:

Los vegetales suponen un grupo de materias primas muy competitivas para incluir en la alimentación. Su alta productividad, no necesariamente ligada al medio, y el aprovechamiento de vegetales y subproductos de la agricultura, son dos factores que han permitido posicionar a determinadas especies como principales sustitutivos de la harina de pescado. Sin embargo, las fuentes proteicas de origen vegetal presentan ciertos inconvenientes. En primer lugar, su contenido en proteína es significativamente inferior al de la harina de pescado y son deficientes en aminoácidos esenciales, especialmente en lisina y metionina. Además, su palatabilidad es inferior, lo que reduce el nivel de ingesta, y no son muy digestibles debido a la presencia de determinados factores anti nutritivos. Por otro lado, con la aplicación de tratamientos a los componentes vegetales de los piensos se puede incrementar la palatabilidad y la digestibilidad, así como mejorar su balance aminoacídico adicionando aminoácidos esenciales y facilitando la disponibilidad de éstos. Los vegetales con mayor aptitud para desplazar significativamente a la harina de pescado son las leguminosas, las oleaginosas y los concentrados proteicos procedentes de subproductos industriales.

En cualquier caso, la inclusión de productos vegetales en piensos queda limitada al aporte energético y aporte de proteína es secundario, esto es, que no suministre más del 25% de proteína de la ración. En caso contrario en la alimentación de los peces queda restringido (Murai, 1992), debido principalmente a un mal balance de aminoácidos, baja palatabilidad y presencia de factores antinutritivos. Cabe destacar en este apartado la importancia de la harina de soja, pues ha sido la materia más estudiada y empleada en alimentación piscícola. Posee un alto contenido en proteína y un buen perfil aminoacídico. Todo esto unido a un tratamiento adecuado de su semilla para eliminar factores antinutritivos garantiza una disponibilidad de aminoácidos suficiente para conseguir un desarrollo aceptable. Si además se suplementa la harina de soja con aminoácidos, ésta puede ser empleada como fuente proteica mayoritaria en piensos, llegando a sustituir hasta en un 50% la harina de pescado. Sin embargo, el precio al que se comercia actualmente la harina de soja se acerca peligrosamente al de la harina de pescado, lo cual supone un freno para su uso. Otras materias vegetales probadas como fuentes de proteínas son la colza (Hilton y Slinger, 1986), la semilla de algodón (Anwar et al., 1982) y el gluten de maíz (Moyano et al., 1992). En todos estos casos, los principales inconvenientes derivan de lo ya citado anteriormente: mala digestibilidad por contener factores antinutritivos, baja palatabilidad y desbalance de aminoácidos.

2.2.13 Proteínas de organismos unicelulares:

Aunque se han empleado muy poco en alimentación de peces (generalmente, sólo como aditivo probiótico), los microorganismos unicelulares presentan una serie de ventajas como fuente de proteínas (Kihlberg, 1972):

- En primer lugar, su contenido en proteína ronda en torno a un 40-70% medido en masa seca.
- Son capaces de crecer sobre sustratos pobres y de bajo costo como subproductos industriales.
- En condiciones óptimas, presentan una alta velocidad de reproducción.
- Son capaces de crecer en medios reducidos (colonias que aprovechan bien el espacio) y controlados.
- Su manipulación genética es relativamente sencilla, lo que permite modificar su

valor nutritivo.

- Constituyen una fuente importante de vitamina C y ácidos grasos esenciales (Kaushik, 1990).

Las más empleadas hasta ahora han sido, por orden decreciente, las levaduras, las bacterias y las algas, especialmente muy importantes estas últimas en la alimentación de larvas de peces marinos. Sin embargo, se han observado una serie de problemas en su inclusión en dietas para peces. Por un lado, se ha observado que el aporte de nitrógeno procedente de ácidos nucleicos produce alteraciones a nivel hepático, hematológico y hasta acumulaciones anormales de ácido úrico (fenómenos descritos en truchas por Sánchez-Muñiz et al., 1983).

Además de esto, muchas bacterias son deficientes en aminoácidos azufrados y la mayoría de ellas requieren de un tratamiento especial para romper su pared celular y poder mejorar su digestibilidad (Murray y Marchant, 1986).

2.2.14 Proteínas de origen animal:

Se elaboran principalmente a base de subproductos de distintas industrias y no se emplean en alimentación humana, por lo que su precio es bastante competitivo. Los principales tipos estudiados hasta ahora son tres:

a) Subproductos de matadero: Harinas de sangre, plumas hidrolizadas, huesos han sido incorporadas a distintos piensos y además, han sido sometidas a estrictos controles sanitarios durante todo su proceso de producción. Pese a su alto contenido en proteína, algunas de ellas presentan una baja digestibilidad y deficiencias en aminoácidos esenciales, principalmente, lisina, metionina y triptófano. Aun así, se han obtenido buenos resultados al realizar sustituciones de más de un 50% de harina de pescado por subproductos avícolas y de matadero en algunas especies carnívoras de peces (Moshen y Lowell, 1990; Fowler, 1990).

b) Harinas de invertebrados: Éstas son menos convencionales y las conclusiones derivadas de su inclusión en dietas son muy escasas. La abundante población de krill del Antártico y el Atlántico Norte y los resultados positivos obtenidos en alimentación de peces llevaron a muchos a considerar este crustáceo como sustituto perfecto para la harina

de pescado, pero no constituye una fuente viable a largo plazo ya que presenta los mismos inconvenientes que la harina de pescado: alta dependencia de la producción natural y de la pesca extractiva. (Shimizu et al., 1990),

c) Otro grupo de invertebrados con el que se ha experimentado mucho han sido los lumbrícos procedentes de granjas de lombrices dedicadas a la producción de humus. Los datos resultantes de estos experimentos concluyen que para algunas especies (por ejemplo, en salmón), la sustitución parcial de harina de pescado por lombriz promueve el crecimiento. (Akiyama et al., 1984; Stafford y Tacon, 1985; Velásquez et al., 1991).

Por el contrario, la harina de lombriz tiene muy baja palatabilidad y puede contener factores anti-nutritivos o contaminantes; Otra harina de invertebrados que va cobrando importancia es la de insectos que, por ser la que atañe a este proyecto, será desarrollada en un apartado propio. (Cardenete et al., 1991).

2.2.15 La harina de insectos como fuente alternativa a la harina de pescado

La entomofagia practicada por distintas culturas en diversas partes del mundo (Ramos-Elorduy. et al., 1998) llevó a muchos nutricionistas a evaluar sus aportes como alimento. De todos estos trabajos se concluye que la mayoría de los insectos analizados poseen, entre otros, un aporte proteico similar al de la carne. Esto, si bien no pareció aumentar su consumo para nutrición humana, arrojó nueva luz para la búsqueda de fuentes alternativas en acuicultura. Aunque a nivel global son muy pocos los estudios que se han centrado en obtener proteína a partir de harina de insectos, es destacable el proyecto de investigación “Aquaculture and Technology Group Neptune Industrie” desarrollado en la Universidad Estatal de Mississippi que se inició en abril de 2007. Los ensayos, llevados a cabo en lubina *Dicentrarchus labrax* son bastante positivos, ya que en este caso no se observó verdadera preferencia de los peces por la harina de pescado frente a la de insectos y no se aprecian diferencias en la apariencia, sabor o textura entre los peces alimentados con distintas dietas (Ratliff, 2007).

El estudio de la composición química y el valor nutritivo de algunos insectos indica

que contiene una gran proporción de proteína. En los países con un déficit proteico en la alimentación humana se ha estudiado su valor nutritivo como fuente de alimento y proteína para los humanos. Concretamente, Wang et al. (2007) han estudiado el valor nutritivo del saltamontes. *Acrida cinerea*, encontrando que el adulto está constituido (en materia seca) principalmente por: 65,4% de proteína bruta (PB), 8,3% de grasa, 8,7% de quitina y 3,5% de cenizas. Otras especies de insectos analizadas han sido el grillo mormón. *Anabrus simplex* (58% PB), el grillo doméstico *Acheta domestica* (62% PB) y seis especies de larvas de lepidópteros (de 49,4% a 58,1% P B). Como puede observarse, aunque estos valores sean inferiores a los obtenidos por (Wang et al. (2007) para el saltamontes *Acrida cinerea*, se puede decir que la proporción de proteína en estos insectos es similar a la harina de pescado (aproximadamente un 60% PB). Por otra parte, Ramos-Elorduy et al. (1998), ha analizado 104 especies distintas de insectos tanto acuáticos como terrestres, pertenecientes a diez órdenes diferentes, pensando en su influencia sobre la nutrición humana. El contenido proteico variaba desde el 9,5% (*Myrmecosistus melliger*) al 77% (*Melanoplus mexicanus*). Más de 20 especies poseían niveles superiores al 60% de proteína, y sólo 30 especies menos del 50%. En general, las fases larvarias de los insectos se caracterizan por contener menor proporción de proteína y mayor de grasa que los adultos, y así por ejemplo, la larva del picudo de la palmera *Rhynchophorus phoenicis* presenta un nivel proteico únicamente del 20,3% (Cerdeña et al., 1999). También se ha descrito que el contenido de aminoácidos más similar al de la harina de pescado (metionina 1,6%, lisina 0,5% y cisteína 1,6%) es el de la harina del saltamontes *Acrida cinerea* (metionina 1,7%, lisina 0,7% y cisteína 3,8%). Sin embargo, el grillo mormón y común son deficientes en metionina y se ha descrito que seis especies de lepidópteros son deficientes en los aminoácidos esenciales metionina, cisteína y posiblemente lisina. La mosca *Hermetia illucens* tiene la capacidad de reducir el nitrógeno y fósforo de residuos hasta en un 75%, y la masa de residuos de estiércol por encima de 50% en sistemas de aves de corral y cerdos. Además, las pre-pupas tienen aproximadamente un 40% de proteína y 30% de grasa lo que lo convierte en una fuente adecuada de alimento para animales. (Sheppard 1981, 1987).

2.2.16 *Hermetia illucens* (mosca soldado negra)

La mosca soldado negra es una especie de díptero braquícero de la familia Stratiomyidae originaria de América. Su distribución actual está en todo el mundo y

que se encuentran en la mayoría de los ambientes tropicales y subtropicales. Está adaptado a una amplia gama de temperaturas. La mosca adulta hace uso de una variedad de sustancias como sustrato de cría como fruta podrida y verduras, granos duros, descomposición de residuos orgánicos y residuos animales.

2.2.17 Taxonomía de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*)

CLASE	Insecta
ORDEN	Diptera
SUBORDEN	Brachycera
INFRAORDEN	Stratiomyidae
SUBFAMILIA	Hermetiinae
GENERO	Hermitia
ESPECIE	H. illucens

Tabla 1. Taxonomía de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*).

La mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) es una especie de díptero braquícero (con dos alas) de la familia Stratiomyidae originaria de América, a pesar de que se ha extendido por el sur de Europa, África, Asia e islas del Pacífico. En la península Ibérica se registró por primera vez en 1954. La forma adulta se asemeja a una abeja, sin embargo, carece de aguijón. Sus larvas tienen una longitud de 1 a 4 cm, con un grosor de 0.5 mm y su coloración varía desde el amarillo, verde, negro o azul con cierto aspecto metálico. Los adultos miden 20mm de largo, tienen una coloración azulada-negra con tarsos amarillo-blanco y dos puntos traslúcidos laterales en el segundo segmento abdominal. Pueden vivir dentro del compost en su fase larvaria según las condiciones de temperatura y humedad que haya dentro de éste. Su alimentación es muy amplia y variada. Las poblaciones de las moscas soldado pueden ser tan abundantes que pueden llegar a convertir la masa de la excreta de las gallinas en un medio líquido, evitando así que otras

moscas se desarrollen. Como dato curioso es que reducen hasta en un 50% la basura orgánica. (Martínez Sánchez et. al., 2011).

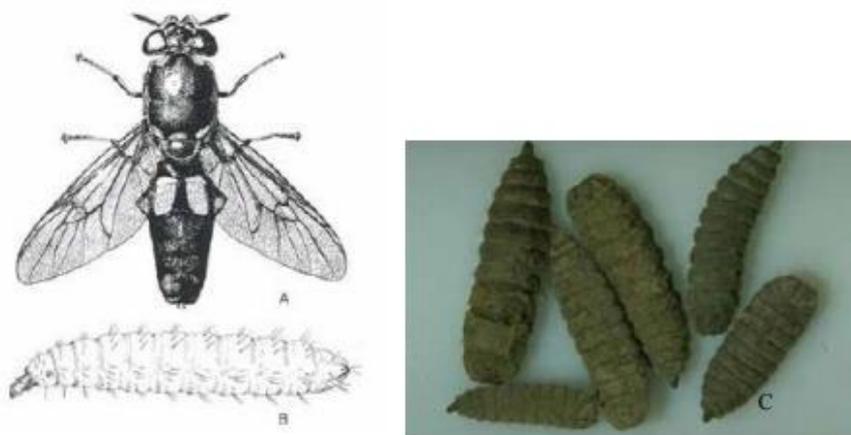


Figura. 2 Mosca soldado negro adulta (*Hemnitia illucens*) (A) y Larva (B, C)

2.2.18 Ciclo de Vida

El ciclo de vida de la mosca soldado negro comienza cuando la hembra pone alrededor de 600 huevos en grietas y hendiduras cercanas a restos orgánicos húmedos y ricos en nutrientes. La incubación de los huevos es de 3 a 4 días y después alcanzan un estado larvario. Las larvas son de crecimiento rápido y se caracterizan por seis estadios larvales (L1, L2, L3, L4, L5 y pre-pupa y pupa). En condiciones ideales, la larva puede madurar en 10 días, cuando ya tienen los tejidos desarrollados y han almacenado suficientes reservas.

Los adultos no necesitan alimentarse por lo que dependen de las reservas acumuladas durante la fase larvaria, mueren rápidamente y tienen un período de 5 a 8 días para aparearse, encontrar un lugar para poner los huevos y depositarlos. Todo esto dificulta la existencia de una colonia de moscas soldado adultas en el compostado. (Newton et al., 2005)

La temperatura afecta directamente sobre el crecimiento y desarrollo. El desarrollo de un insecto se puede describir mediante una curva de rendimiento térmico, donde desde una temperatura mínima su desarrollo aumenta hasta una temperatura óptima, disminuyendo rápidamente a una temperatura máxima. Las temperaturas mínima y máxima se denominan umbrales de desarrollo y cuando los

insectos se enfrentan a entornos ambientales más allá de sus umbrales de desarrollo, éste se ralentiza o detiene. Las temperaturas óptimas para el ciclo biológico de (*H. illucens*) se sitúan en el rango de 24 a 29,3°C. (Gullan y Craston, 2000).



Figura. 3 El ciclo vital de la mosca soldado, *H.illucens* a 25°. Fuente: Investigación, Tec., Año 2, No 4, enero de 2009 – ISSN: 1659-3383

2.2.19 Uso de la Mosca

La larva de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) procesa desechos orgánicos, reciclando los nutrientes que ingiere en proteína de alto valor. Esta proteína del insecto puede ser comercializada como alimento animal, además de generar residuos orgánicos aptos para enmiendas agrícolas. Se obtiene de este proceso dos subproductos útiles:

- 1) Las propias larvas que representan una excelente fuente de alimento para muchos tipos de animales, incluyendo peces, aves, rumiantes, reptiles, anfibios etc.
- 2) Desde los años 80 se está investigando esta especie y más concretamente en la última década, donde se ha comercializado como alimento para los animales domésticos exóticos y existe la posibilidad de su provecho a gran escala sobre una base comercial.

2.2.20 Importancia económica de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*).

Esta especie de díptero en su fase larvaria, pueden alimentarse de diversos tipos de residuos orgánicos y esta cualidad se puede utilizar en el control de residuos orgánicos. La digestión de restos orgánicos mediante el uso de insectos transformaría

estos en biomasa, reutilizable de diversas maneras, siendo una de las que presenta mejores perspectivas como alimento para aves de corral. Las larvas de mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) puede ser utilizadas como fuente de alimento para aves de corral, su alta concentración proteica y otros nutrientes como ácidos grasos, vitaminas y/o minerales, permiten su inclusión en las dietas en avicultura, ganadería y acuicultura, se usa la larva o la harina de larvas de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) en ensayos de pollos, cerdos y peces y ahora se prueba en rumiantes, demostrando su utilidad como fuente de proteína cruda y lípidos altamente deseables con cadenas medias de ácido grasos monosaturados, que sustituyen el 50% de la harina de pescado comercial. Otro interesante subproducto derivado de la utilización de las larvas de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) procede de su exoesqueleto, la cutícula de los insectos se compone de quitina además de lípidos y otros componentes. La quitina es de interés comercial debido a su alto porcentaje de nitrógeno (6.9%), sin embargo, la viabilidad económica de la extracción de quitina de pupas de la mosca soldado negro todavía debe ser evaluada.

Una ventaja adicional de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) es su capacidad para repelar la ovoposición de la mosca domestica que es un transmisor mecánico de enfermedades especialmente en los países en desarrollo, donde falta el saneamiento y de agua corriente esto implica fuentes potenciales de agentes patógenos. En estos sentidos el empleo de larvas de mosca soldado en la conversación de bio – estiércol disminuye los niveles de *Escherichia coli* esta capacidad sin embargo, está muy influenciada por la temperatura obtenida una tasa de reducción optima 27° C y 31° C. (Liu et al., 2008).

2.2.21 Valor nutritivo de la larva de la mosca soldado negro (Hermetia Illucens)

La mosca negra soldado (*Hermetia illucens*) L (*Dip.: Stratiomyidae*) se encuentra en la naturaleza en una amplia variedad de hábitat. No se le ha registrado como trasmisora de enfermedades y puede ser un insecto promisorio en la transformación de materiales orgánicos y en la producción de alimento de alta calidad, se evaluaron el uso de larvas o harinas de larvas de mosca negra soldado en ensayos con pollos, cerdos y tilapias, que por sus cualidades permiten su fácil incorporación y una mayor precisión en la formulación de dietas para animales, proporcionando proteína cruda y lípidos altamente deseables con cadenas medias de ácidos grasos monoinsaturados. (Sheppard et al. (2002).



Fig. 4. Mosca soldado negro Adulto (*Hermitia Illucens*)

2.2.22 Composición Química de las Diferentes Especies de Larvas de la mosca soldado negro (MSN) (*Hermitia illucens*)

a) Contenido de proteína cruda.

Como lo mencionaron muchos investigadores en los últimos 35 años, las larvas de moscas doméstica MD y larvas de mosca soldado negro MSN tienen la capacidad de consumir y reducir los productos de desecho en productos útiles ricos en nutrientes buscados, uno de los cuales es las proteínas (Newton et al., 2004). Esta fuente de proteína de calidad se puede agregar a las raciones de animales y utilizado por las granjas. Estudios previos realizados en los animales monogástricos, han comparado la proteína de harina de larvas de MSN con otras fuentes de proteína, tales como harina de pescado, harina de soja y torta de maní. (El Boushy, 1991).

En el estudio de dio a conocer que el contenido de proteína de la harina de larvas de mosca doméstica fue del 55.1%. Un estudio más reciente hecho por (Pretorius et al., 2011) mostró por análisis proximal, que la harina de larvas de moscas domésticas consistió en 60.4% de proteína. Estos resultados son altos, pero están dentro de este rango de 39.0% y 70.4% (Awoniyi et al. 2003)

El contenido de proteína de MSN es más bajo que el de la mosca doméstica. En un estudio de (St-hilaire et al. 2007), hallaron valores de proteína del 43.6% para las pupas de la MSN y del 70.4% para la mosca doméstica MD, como indica en la tabla de composición de nutrientes (Tabla. 1). El menor contenido de proteína de MSN, podría ser explicada por el mayor contenido de grasa de las larvas y pupas de la mosca soldado negro. Diferentes investigadores en diferentes temas de investigación

encontraron resultados en el contenido de proteína en la mosca soldado negro, en el rango de 31.9% a 47.6% (Diener et al, 2009).

Tabla 2. Composición de nutrientes de mosca soldado negro (MSN) y mosca doméstica (MD) en base a materia seca (g/kg).

Nutriente	Mosca soldado negro			Mosca doméstica		
	Newton et al . (1977)	St. Hilari et al . (2007)	Kroekel et al . (2012)	Awoniyi et al ., (2003)	St. Hilari et al (2007)	Pretorius. 2011. pupas
Humedad, (%)	7.9	8.4	4.4	75	11.9	-
Proteína cruda (g/kg)	421	436	476	551	704	762.3
EE/Grasa (g/kg)	348	331	118	207	161	143.9
Fibra bruta (g/kg)	70	-	-	63	-	157.1
Ceniza (g/kg)	146	155	159	104	98	77.3
Ca (g/kg)	50	-	65	-	-	5.2
P (g/kg)	15	-	7	-	-	17.2

b) Perfil de Aminoácidos

La composición de aminoácidos de la harina de larvas de la MSN es equivalente a la harina de pescado, incluidos los aminoácidos esenciales. También declaró que las pupas o los alimentos de gusanos son una buena fuente de arginina, lisina y metionina, que son aminoácidos esenciales importantes. (Boushy,1991)

También declaró que el alimento de las larvas de la MSN podría servir como una fuente de lisina en mezclas de alimentos para animales y la harina de pupas también podría ser una fuente de arginina, (En Tabla 2), los perfiles de aminoácidos de mosca soldado negro y la mosca doméstica son presentadas. La mosca doméstica tiende a tener un mayor contenido de aminoácidos, pero esto se debe al mayor contenido de proteína de la mosca doméstica y menor contenido de grasa de MSN. (Pretorius, 2011)

Tabla 3. Perfil de aminoácidos de mosca soldado negro y mosca doméstica en base de materia seca (g/100 g).

Aminoácidos	Mosca soldado negro		Mosca doméstica	
	Sealey et al . 2011 vaca lechera estiércol	Newton et al . 2005 canalla estiércol	St.Hilari et al . 2007 vaca estiércol	Pretorius Q. 2011
Metionina	0.77	0.83	1.04	1.37
Lisina	2.05	2.21	3.38	4.92
Leucina	2.66	2.61	3.43	4.14
Isoleucina	1.83	1.51	2.26	2.63
Histidina	0.76	0.96	1.63	0.86
Fenilalanina	1.83	1.49	2.62	3.61
Valina	2.99	2.23	3.26	3.37
Arginina	1.78	1.77	3.22	4.5
Treonina	1.58	1.41	2.3	2.31
Triptófano	-	0.59	-	-
Tirosina	2.22	2.38	3.22	4.06
Ác. aspártico	4.09	3.04	4.55	6.64
Serino	-	1.47	1.88	2.56
Ác. glutámico	-	3.99	5.52	9.16
Glicina	1.72	2.07	3.04	3.13
Alanina	2.45	2.55	3.1	3.11
Prolina	-	2.12	2.58	-
Cisteína	-	0.31	-	-
Amoniaco	-	-	-	-
Glutámico	1.72	-	-	-

c) Composición de Ácidos Grasos

El contenido de ácidos grasos y la composición de la harina de larva de la MSN dependen de los ácidos grasos contenidos en la dieta de la que se alimentan. Por lo tanto, el producto final de la harina de larvas de la MSN puede ser enriquecidos por la alimentación de productos de desecho ricos en ácidos grasos omega-3. El contenido total de lípidos de las larvas alimentadas con 50% de despojos de pescado y 50% de estiércol de vaca fueron 30% en comparación con 21% de las larvas alimentadas una dieta 100% de estiércol de vaca (St-hilaire et al., 2007).

Tabla 4. Composición de ácidos grasos de larvas y pupas de mosca domestica

(Pretorius y Quinto., 2011)

Autor	(Hwang et al., 2009)	(Calvert Martin, 1969)	(St-Hilaire et al., 2007)
Etapas de cosecha	Larva (edad no indicada)	Pupas	Pupas
Sustrato de alimentación	Leche en polvo, azúcar y estiércol de capa	CSMA **	Estiércol de vaca
Ácido graso (% f)			
Ácido laurico	-	-	0.18
Ácido mirístico	6.83	3.2	2.56
Ácido palmítico	26.74	27.6	26.40
Ácido palmítico	25.92	20.6	13.56
Ácido esteárico	2.32	2.2	4.77
Ácido oleico	21.75	18.3	19.17
Ácido linoleico*	16.44	14.9	17.83
Ácido linolénico	-	2.1	-
Ácido α -linolénico	-	-	0.87
Ácido araquidónico	-	-	0.07
Ácido eicosapentaenoico	-	-	0.05

(*) Ácidos grasos esenciales (f) % de ácidos grasos

**CSMA- Chemical Specialities Manufacturers Association's fly rearing medium

d) Contenido de Minerales

Los minerales tienen una influencia en la absorción de otros nutrientes, así como la absorción y disponibilidad de otros minerales. Los dos minerales predominantemente observados en las dietas son calcio (Ca) y fósforo (P), no hace falta decir que todos los demás minerales son igualmente importantes, informaron contenidos de 6.5% Ca y 0.7% P en harina de larvas de mosca soldado negro en la cual el calcio (Ca) fue más alto y fósforo (P) menor que los resultados de 5% de Ca y 1.5% de P (Newton et al, 1977).

Tabla 5. Contenido mineral de la harina de pre pupa mosca soldado negro (*Hermitia illucens*), seca criada en estiércol de cerdo y aves de corral (base materia seca)

Mineral	Estiércol de cerdo	Gallinaza
Ca %	5.36	5.00
P %	0.88	1.51
Mg %	0.44	0.39
K %	1.16	0.69
Mn (ppm)	348	246
Fe (ppm)	776	1370
B (PPM)	-	0
Zn (ppm)	271	108
Sr (ppm)	-	53
Na (ppm)	1260	1325
Cu (ppm)	26	6
Al (ppm)	-	97
Ba (ppm)	-	33
Ceniza %	16.6	14.6
ppm – partes por millón		

Fuente: (Newton et al, 2005).

2.2.23 Factores que influyen en la composición química de las larvas y la comida pre-pupa

a) Fuente de sustrato de alimentación

Se han realizado diversos estudios de la MSN producidos en diferentes sustratos de alimentación con algunos de los más comunes son los desechos municipales, estiércol de aves de corral, cerdos, estiércol de ganado y sangre, al utilizarse como sustrato de alimentación para larvas y pupa con el propósito de usarla como fuente de proteína en las dietas de aves de corral (Ocio y Vinaras., 1979). Los desechos del matadero incluyen sangre, intestinos, contenido intestinal, plumas, pezuñas, canales rechazados y grasas (Roberts y Jager., 2004).

La harina de sangre es una fuente rica en proteínas producida a partir de los desechos de sangre de los mataderos con un buen perfil aminoácidos desafortunadamente la harina de sangre tiene ciertos riesgos para la salud y, por lo tanto, no está permitido su uso en alimentos para animales en ciertos países del mundo (Ley N° 36 de 1947 con ajuste a 2006). La alimentación en Sudáfrica, no se prohíbe ni prohíbe el uso de sangre y carne en canal para el ganado, pero el uso de algunas comidas de desechos de matadero se consideran una práctica inaceptable Alimentar larvas de desechos de matadero puede ayudar con la circulación, y puede contribuir favorablemente a la industria de la alimentación animal y tiene un efecto positivo en el medio ambiente (Pretorius, 2011).

Otro producto de desecho que se utiliza como sustrato de alimentación de la MSN son productos de desecho de fábricas de cítricos que están por debajo de los estándares de los mercados, productos vencidos y en mal estado y también productos no consumidos de supermercados y restaurantes. Las tiendas minoristas en América. Producen más o menos 2.5 mil millones de kilogramos de residuos por año. Menos del cinco por ciento de esta cantidad proviene de material que es seguro para el consumo humano. La cantidad de los residuos del origen de los consumidores y de los servicios de alimentos en los Estados Unidos se estiman en una cifra de 42,3 mil millones Kilogramos, el 26% proviene de materias comestibles y frutas frescas, junto con la contabilidad de vegetales para el 20% Estos alimentos son más que adecuados para el consumo de larvas de MSN. (Kantor et al., 1997).

Las larvas de MSN tienen la capacidad de convertir el estiércol de pollo en un alimento de proteínas de alta calidad que contiene aminoácidos valiosos. Debido a las diferentes especies de aves, la edad de las aves, las diferentes raciones de alimento y la cantidad de plumas presentes en el estiércol, la composición química del estiércol varía considerablemente, según lo citado por Pretorius (2011), el tiempo de almacenamiento de estiércol de pollo influye en la pérdida de contenido de proteína. El tiempo de almacenamiento de 7 a 98 días, se ha encontrado que el contenido de proteína bruta disminuye de 30.3% a 18.3%. La mosca de casa captura estos nutrientes perdidos del estiércol de pollo como un sustrato de alimentación. Este producto puede usarse como fuente de proteínas en dietas de animales, especialmente dietas de aves de corral (El Boushy, 1991), compararon tres sustratos diferentes de excrementos de aves de corral, uno con excrementos frescos, un segundo con excrementos mezclados con aceite de cacahuete y otro con excrementos mezclados con aceite de palma. De los resultados se concluyó que los rendimientos para los excrementos frescos fueron más bajos ($P < 0.05$) que los rendimientos de los otros dos sustratos, que estadísticamente no difería. Los excrementos de aves de corral mezclados con aceite de palma fueron considerados el mejor sustrato. Los resultados preliminares de la producción de gusanos MSN en estiércol de cerdo como alimento han sido favorable, sugirió que podría ser incluso más eficiente en el estiércol de cerdo que en el pollo o la gallina. (Newton et al., 2005)

b) Harina de larvas de grasa completa, desgrasada e hidrolizada

La grasa es una fuente importante de energía y por lo tanto se usa en la dieta de los animales. La grasa tiene una densidad de energía de 2.5 veces más que los carbohidratos como el almidón y tiene un incremento de calor menor que los carbohidratos (Van der Merwe y Smith., 1991).

Las larvas de MSN son ricas en grasa, resultados previos indican que el contenido de grasa de la harina de larvas de MSN es 11.8% al 35% (Kroeckel et al., 2012). El contenido de grasa tiene efecto sobre el contenido de proteína y diluye el producto y por lo tanto conduce a un reducido total de contenido de proteína.

c) Edad en la Cosecha y Proceso de Secado

La investigación del efecto de la edad en la cosecha de los gusanos, así como el proceso de secado, en la composición próxima de la harina de gusano. Los resultados indicaron que con el aumento de días en la cosecha, o aumento en la edad de los gusanos, el contenido de proteína disminuyó significativamente ($p < 0.05$). El contenido de grasa de la harina de gusanos también aumentó significativamente a medida que el tiempo en la cosecha aumentó (Aniebo y Owen., 2010).

Tabla 6. Efecto de la edad de las larvas y método de secado sobre la composición proximal de la Harina de larvas mosca domestica

Larvas años días	Método de secado	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)
2 días	Secado horno	92.7	55.4	20.8	6.2	6.23
	Secado sol	92.8	51.3	23.4	6.3	6.24
3 días	Secado horno	92.7	50.2	22.2	6.7	6.23
	Secado sol	92.9	47.1	26.0	6.7	6.23
4 días	Secado horno	92.7	47.1	25.3	7.0	6.25
	Secado sol	92.9	42.3	25.9	7.1	6.26

Fuente: Aniebo y Owen., 2010

Los resultados mostraron que las larvas de la mosca doméstica en su contenido de grasa están inversamente relacionadas con el contenido de proteína. Por lo tanto, cuanto más cerca esté la larva de la fase pupa, mayor será el contenido de grasa y nos dará como resultado un contenido de proteína reducido, los mejores resultados se obtuvieron de las larvas que se recolectaron a los dos días, juntos con el método de secado al horno. (Aniebo y Owen., 2010).

d) Digestibilidad y degradabilidad de la harina de larvas de mosca doméstica.

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la

formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum et al., 1999). La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos.

La literatura sobre la digestibilidad de la harina de larvas como pienso es limitada, especialmente para los rumiantes. La digestibilidad es la eficiencia de un animal para utilizar su alimento. Esto es importante para una productividad máxima del animal. Un estudio reciente fue realizado por Pretorius (2011) para determinar la digestibilidad de las larvas usado como alimento para pollos de engorde y utilizó marcadores insolubles en ácido para determinar el tracto total de digestibilidad aparente de tres dietas, una que incluía la comida de la larva, Hwangbo y col. (2009), se encontró que la digestibilidad total del tracto para la proteína bruta y los aminoácidos es del 98% y 94.8% respectivamente para pollos de engorde. En los estudios posteriores de Pretorius (2011) los valores eran más pequeños que el de Hwangbo et al. (2009).

Los resultados demostraron una digestibilidad del 69% para la proteína de harina de larvas de mosca doméstica en pollos de engorde y 79% para la harina de pupa de mosca doméstica. Los resultados de ambos autores indican una alta disponibilidad de nutrientes para la harina de gusanos y que puede ser utilizado eficientemente por pollos de engorde. Los resultados indican que la digestibilidad total del tracto de aminoácidos de harina de gusano de mosca doméstica es superior a la harina de torta de aceite de soja en dietas para aves de corral (Hwangbo et al., 2009).

e) Toxicidades, estrés de órganos y enfermedades

Algunos alimentos tienen la tendencia a causar algunas enfermedades y toxicidades no deseadas cuando no es de buena calidad o no se incluye y no aplica correctamente en las dietas. Harina de pescado, por ejemplo, tiene la tendencia para causar la erosión de la molleja en pollos y otras especies de aves de corral. Esto causa la erosión de la molleja y presencia de úlceras en la musculatura de la molleja (Johnson, 1971). Las micotoxinas también juegan un papel en la erosión de molleja. En estudios realizados por Pretorius (2011), una

coloración amarillenta del revestimiento interno de la molleja cuando se alimentó con la harina de larvas. Sin embargo, este cambio de color no estaba relacionado con erosión y no tuvo ningún efecto sobre la salud y el rendimiento. Pretorius (2011) también realizó pruebas en de los cuales los datos resultantes no mostraron efectos negativos de los síntomas. Concluyó que las larvas. Por lo tanto, la comida es un producto seguro para incorporar en la alimentación de las aves de corral. La información disponible en cualquier otro. Los efectos tóxicos de la harina de larvas de mosca doméstica son limitados en la literatura publicada. Awoniyi et al. (2003), no mencionó ningún riesgo con respecto a la toxicidad.

f) Rendimiento potencial en animales monogástricos

El potencial rendimiento de la mosca soldado negro como ingrediente de alimento para animales se ha probado en ensayos con variedades de animales especie y ha demostrado ser un producto digno, se llevó a cabo un ensayo con cerdos y descubrió que la harina de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) es adecuada para el uso en las dietas. El autor mencionado anteriormente dice que la larva MSN (*Hermitia illucens*) es valioso alimento por su contenido de aminoácidos, así como por el contenido de Ca y lípidos. Las larvas, sin embargo, fallaron en treonina, metionina y cisteína que todos necesitan ser formulados en una dieta balanceada (Newton et al, 1977). En un ensayo realizado por (Newton et al., 2005). El alimento de larva y pupas reemplazó el 50% del plasma seco en una dieta de destete a cerdos destetados tempranamente. Sin la suplementación de aminoácidos, esta dieta tuvo un mejor rendimiento de producción (+ 4% de ganancia y + 9% de alimentación, con mayor eficiencia que la dieta de control. En otro estudio donde las larvas de mosca soldado negro, criadas en estiércol de aves de corral, fueron picadas y alimentadas a *Ictalurus punctatus* (bagre de canal), las larvas picadas dieron resultados similares en la longitud total y el peso corporal como la dieta de control en el bagre. Aunque la harina de larvas se alimentó a los peces, no tuvo efecto sobre la textura y el aroma de los peces y era aceptable para los consumidores. Resultados similares fueron encontrados en tilapia azul, sin embargo, cuando la harina de larvas se comparó con harina de pescado y el 10% sustituido de la harina de pescado en una dieta de bagre de canal, se

encontró que el crecimiento las tasas fueron más lentas para el bagre. (Bondari y Sheppard., 1987).

(Newton *et al*,2005) aclararon que el alimento de pupa será ventajoso hasta una inclusión nivel 7,5% cuando se sustituye la harina de pescado. En términos de peso vivo promedio, alimentación semanal y consumo acumulativo de alimento se encontró que el rendimiento de pollos de engorde no difirió significativamente cuando fueron alimentados con dietas que contenían harina de larvas y harina de pescado. Se encontró que con la inclusión del 10% de la harina de larvas de mosca doméstica en una dieta, el peso vivo promedio, el consumo de alimento acumulado y la ingesta semanal, así como la ganancia diaria promedio fueron significativamente mayor en comparación con una dieta comercial de pollos de engorde que contiene torta de aceite de soja como fuente de proteína. (Pretorius (2011)

En un estudio de (Hwangbo., 2009) se encontró que el aumento de peso de pollos de engorde alimentados con una dieta de harina de gusanos fue superior en comparación con el aumento de peso cuando se alimenta con un control basal dieta. No se encontraron diferencias significativas en el estudio en el aumento de peso, la tasa de conversión de alimento, la retención de nutrientes y la ingesta de pollos de engorde cuando la torta de maní fue reemplazada con harina de larvas en diferentes niveles. Se concluyó que la harina de larvas puede reemplazar la torta de maní en la dieta de pollos de engorde. En el estudio actual, se decidió para investigar el potencial de las larvas y pupa de dos especies de moscas para servir como fuente de proteína, que podría ser un reemplazo potencial para otras fuentes de proteínas en las dietas de rumiantes. (Adeniji et al.,2007).

2.2.24 Composición de nutrientes de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) larva y pupa

El contenido de proteína cruda (PC) de la larva y pupa varían entre 31.9% y 47.6%. Además, son ricas en grasa y aceites, lo que hace al producto una valiosa fuente de energía, sin embargo, hay factores que influyen significativamente en el valor nutricional como la edad de la cosecha (larvas y pupas) y el alimento con el cual fueron criadas. Otros factores que afectan la composición de nutrientes fueron el

método de secado e hidrólisis o desgrasado de larvas (Fasakin et al., 2003).

Tabla 7. Análisis proximal de (*Hermitia illucens*)

Tratamiento	Humedad %	Mat Seca %	Proteína Cruda %	Grasa Cruda %	FDN %	Ca %	P %	Ceniza %
<i>Hermitia illucens</i> pre-pupa	6,93	93,07	34,63	40,10	21,85	3,35	0,68	8,75
<i>Hermitia illucens</i> larva	5,27	94,73	35,10	39,13	16,85	2,73	0,58	8,03
<i>Hermitia illucens</i> pre-pupa desgrasada	3,43	96,58	47,72	27,42	18,77	6,04	0,67	12,97
<i>Hermitia illucens</i> larva desgrasada	2,40	97,60	38,05	33,87	16,13	5,56	0,63	13,15

El contenido de humedad de la harina de larvas y pupa, obtuvieron resultados más altos (7.9-8.4%) que los resultados observados en este estudio. Los del contenido de humedad del tratamiento con fue, por comparación numérica, el más alto (10,1%) mientras que el contenido de humedad de los tratamientos desgrasados fue menor que los resultados observados para la grasa completa. El contenido de PC de los tratamientos con mosca soldado negro y mosca común varió desde 34.6% hasta 58.6 %. El contenido de PC de los tratamientos con toda la grasa fue más bajo que los tratamientos desgrasados, (42.1% vs 43.6%). que fueron más cercanos a los resultados reportados por Newton et al . 1977),

El contenido mineral de los tratamientos se muestra a continuación en Tabla 7. Es evidente a partir de los resultados, que las larvas MSN y la comida pre-pupa son una buena fuente de calcio (Ca), especialmente los tratamientos con los contenidos de grasa más bajos. La relación Ca: P osciló entre 4.7 y 9.0, con los tratamientos desgrasados que tienen las relaciones Ca, P más altas. Las larvas MSN y MC y las pre-pupas.

Las comidas también son una buena fuente de minerales. Los niveles de hierro (Fe) en las larvas y pre-pupas, las comidas eran altas Los resultados en la Tabla 3.3 sugieren que el contenido de algunos minerales aumentó con menor contenido de grasa, pero para otros minerales su contenido disminuyó a pesar de que la ceniza contenido aumentado Se habría esperado que la cantidad absoluta aumentaría, sin embargo, los resultados mostraron que las relaciones entre los minerales también cambiaron. Podría ser que algunos minerales se han ligado al componente graso. Desafortunadamente no hay evidencia o resultados que apoyen la anterior declaración

como definitiva PC).

Tabla 8. Composición mineral de *H.illucens* (MSN) y *C.Chloropyga* (MD) Larvas (L) y Pupas (P)

	HMSN entera		MD	HMSN desgrasada	
	Pre-pupa	Larva		Pre-pupa	Larva
P %	0.68	0.58	0.79	0.67	0.63
K %	1.02	0.88	1.08	0.93	1.06
Ca %	3.35	2.27	0.34	6.04	5.54
Mg %	0.30	0.25	0.14	0.35	0.27
Na mg /kg	1603.0	1405.0	5513.00	926.00	1392.00
Fe mg/kg	459.00	0	184.40	3670.00	1181.00
Cu mg/kg	13.82	1568.0	21.44	12.52	9.80
Zn mg/ kg	105.16	0	177.80	101.70	66.76
Mn mg/kg	124.42	8.89	22.38	184.30	119.56
Bo mg/kg	2.91	83.93	1.21	6.19	4.65
Al mg/kg	128.00	115.80	18.00	81.00	76.00
		4.22			
		130.00			

Los resultados de los aminoácidos de los tratamientos de (*H. illucens*) fueron más bajos que los resultados informados por la fuente de alimentación y el contenido nutricional de los mismos pueden tener un posible efecto sobre la composición nutricional de la harina de larvas. En un estudio de un grupo de larvas se alimentaron de estiércol de carne y otro grupo de estiércol de cerdo. El aminoácido del contenido de larvas alimentadas con estiércol de res fue mayor que el alimentado con estiércol porcino, por lo tanto, aparece ese material de alimentación afecta el contenido nutricional de las larvas o pre-pupas. (Newton *et al.* 2005)

Tabla 9. Composición de aminoácidos de *H. illucens* (MSN) Pupas y larvas y Larvas de *C.Chloropyga* (MD)

	HMSN PUPA Gras	HMSN LARVA Gras	LARVA MD	HMSN PUPA Desg	HMSN LARVA Desg
Histidina	0.67	0.55	1.07	1.50	0.66
Serina	1.05	0.97	1.33	2.06	1.19
Arginina	1.08	0.95	1.24	2.29	1.16
Glycina	1.95	1.73	2.14	3.58	1.79
Asp	1.91	1.95	2.60	4.56	2.21
Glutamina	2.68	2.59	3.50	4.89	2.85
Treonina	0.89	0.85	1.23	1.90	1.00
Alanina	1.61	1.59	1.77	2.87	2.07
Prolina	1.50	1.40	1.33	2.65	1.76
Cisteina	0.04	0.04	0.03	0.10	0.05
Lysina	1.23	1.17	1.96	2.96	1.34
Tyrosina	1.36	1.19	2.31	2.78	1.43
Metionina	0.35	0.25	0.62	0.80	0.37
Valina	1.43	1.31	1.67	2.72	1.55
Isoleucina	0.89	0.93	1.30	2.09	1.13
Leucina	1.58	1.40	1.30	3.34	1.83
Phe	0.88	0.77	1.99	1.87	0.93

Tabla 10. Composición del análisis proximal entre la harina de las larvas de (*Hermitia illucens* L.) y la composición bromatológica de la harina de pescado.

COMPOSICION	HARINA DE PESCADO %	HARINA DE LARVAS DE (<i>Hermitia illucens</i> L.) (%)
Humedad	10.00	10.00
Proteína	60.99	36.98
Grasas	10.49	18.82
Cenizas	17.40	17.47
Calcio	4.40	7.60
Fosforo	2.24	0.58

En la Tabla 10 se observa la comparación de los análisis proximales de las harinas de pescado y de las larvas de la mosca; de acuerdo a la información obtenida, se pueden resaltar las diferencias en el porcentaje de proteína, grasas y calcio de la harina de mosca con respecto a la harina de pescado. La grasa que es el nutriente que mayor cantidad de energía aporta por unidad de peso, tiene un efecto en el sabor característico de la dieta, además incide en la sensación de saciedad a una comida.

De acuerdo a los análisis del perfil de ácidos grasos la harina de la larva contiene mayor cantidad de ácidos grasos insaturados que la harina de pescado. Según pescado. Los insectos albergan mayor cantidad de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados, siendo este recurso valioso como materia prima. En este caso la harina de la mosca soldado presenta un promedio de $18,73 \pm 4,8$ % de grasas comparado con la harina de pescado que presenta un 10,49%, esto hace que la harina de (*Hermetia illucens* L) pueda ser considerada como un ingrediente con un buen contenido calórico o energético.

El contenido de las sales minerales y especialmente de calcio, depende del alimento y el hábitat en el cual las larvas de la mosca soldado viven. Los insectos y especialmente el orden díptero presentan una proporción elevada de elementos como el K, Ca, Fe y Mg comparado con materias primas convencionales como es el caso de la harina de pescado. Para el caso en estudio, al comparar las cenizas de las harinas son muy similares, pero al analizar el calcio y fósforo por separado se observa una menor cantidad en calcio en la harina de pescado y una mayor concentración de fósforo en la harina de la mosca soldado. (Ramos,. 2003)

2.2 Antecedentes de investigación

- ***El uso de Hermetia illucens y larvas Chrysomya chloropyga y Comida pre-pupas en nutrición de rumiantes. (Pierre Haasbroek) Departamento de Ciencias Animales, Universidad Stellenbosch.***

Se basó en buscar los recursos proteicos en las dietas para rumiantes, ya que la harina de pescado viene siendo limitado y caro, por lo tanto, opto en estudiar los insectos como una proteína alternativa, las especies utilizadas fueron la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) y mosca de fondo de cobre (*Chrysomya cholropyga*). El objetivo de este estudio fue determinar el valor de los nutrientes y obtener el potencial degradable en el rumen de las diferentes larvas de la mosca y tratamiento pre-pupas.

- **Composición bromatológica (*Hermetia illucens*) (Macarena Segura Cazorla).** Consiste en la búsqueda de una fuente proteica y lipica alternativa para la elaboración de piensos, se ha evaluado el potencial de la harina de la larva (*Hermetia illucens*) conocida como mosca soldado negro, el motivo de porque lo eligió fue por su alto grado de proteína y grasa, posibilidad de modificar el valor

nutritivo y además de reducir el uso de la presión pesquera que favorezca una acuicultura sostenible en este caso este trabajo se estudia el potencial de la (*Hermitia illucens*) como fuente sostenible y alternativa como remplazo a la harina de pescado.

- **Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* I (diptera:stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia.** Gloria Patricia Arango Gutiérrez; Rodrigo Antonio Vergara Ruiz y Humberto Mejía Vélez. Se estudió el valor nutritivo de la harina de las larvas de *Hermitia illucens* partir del análisis composicional, prueba de digestibilidad y calidad microbiológica de esta, comparada con una materia prima convencional como la harina y con otro harina de pescado y con otro díptero como es la Mosca domestica ya que comparten habidad y ha sido estudiado como materia prima. La harina de las larvas de la mosca negra soldado, por su análisis proximal puede ser considerada un ingrediente proteico, además presenta una alta digestibilidad. La característica bromatológica asociada a su calidad microbiológica la convierte en una materia promisoría en la alimentación animal.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Materiales.

3.1.1 Localización del trabajo.

a) Localización espacial.

El trabajo de campo se realizó en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Localidades	Latitud Sur	Longitud Este
C. Arequipa	16° 23'	71° 31'
Fundo La Banda	16° 27'	71° 33'

b) Localización temporal.

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de setiembre y octubre del 2019.

3.1.2. Material biológico.

- 01 Vaca fistulada.
- Muestras de harina de la larva y pupa de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*).

3.1.3. Material de laboratorio.

- Frascos estériles de 100 ml. y 500 ml de vidrio.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.
- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Agua destilada.
- Beakers de 100 ml, 400 ml y 1000 ml.
- Frascos de plástico de 100 ml.
- Barrillas de vidrio.
- Mandil.
- Barbijo.

3.1.4. Material de campo.

- 02 cadenas y ganchos

- 42 bolsitas de Ankom de 10 x 20 cm y 50 μm de porosidad.
- Guantes de látex.
- Frascos de 1000 ml estériles.
- Pabilo.
- 01 carrete de nylon.
- Papel toalla.
- Guantes obstétricos.

3.1.5. Equipos y materiales.

- Estufa de aire forzado a 55 °C.
- Balanza electrónica, sensibilidad 0.01 gr.
- Equipo destilador de agua.
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- 01 molino tipo sifón, con mallas de 1.0 mm y 2.0 mm.

3.1.6. Materiales digitales.

- 01 equipo Laptop.
- Cámara digital.
- Memoria USB.

3.1.7. Otros materiales.

- Computadora con software Word, Excel y SAS V8.0.
- Fichas para el registro del animal registrado.
- Cronograma de muestreo.

3.2. Métodos.

3.2.1 Muestreo

A) Universo.

Se encuentra compuesto por la harina de larva y pupa de la mosca soldado negro (*Hermitia illucens*) producidos en el moscario instalado en el Fundo de la Universidad Católica de Santa María en la Irrigación de Majes.

B) Tamaño de la muestra.

Para decidir el tamaño de muestra que se recolectó, se tomó en cuenta dos aspectos, uno es la necesidad de muestra para el análisis de MS y PC y el otro será la cantidad suficiente para colocar dentro de las bolsitas de nylon

considerando las replicaciones y los tiempos.

Se utilizaron 03 bolsitas en el animal para los diferentes tiempos de incubación.

C) Procedimientos de muestreo.

Se tomó la muestra a partir de la harina de larva y pupa de la mosca soldado negro, que luego fue utilizada para evaluar la degradabilidad de la Materia seca y Proteína Cruda.

3.2.2 Formación de unidades experimentales de estudio.

La unidad de estudio, estuvo formada por la especie díptera considerada como la proteína alternativa.

Nombre común	Nombre científico	Estado de presentación.
Mosca soldado negro	<i>Hermitia illucens</i>	Harina de pupa Harina de larva

3.2.3 Métodos de evaluación.

A) Metodología de la experimentación.

- **Metodología para la elección de las unidades de experimentación y su alimentación.**

Se utilizó 01 vaca criolla, sin preñez, en seca, con fístula ruminal permanente y de características homogéneas.

La dieta elegida se ajustó a las recomendaciones de (Ørskov et al. 1980), y estará compuesta por heno de alfalfa en un 100 %, concentrado y suplementación mineral.

El alimento fue suministrado en dos porciones iguales cada 12 horas, además de agua, a fin de mantener relativamente estable el ambiente ruminal. Las raciones fueron calculadas a orden de permitir un consumo diario de 1.0 vez el nivel de mantenimiento.

- **Metodología para la recolección y preparación de las muestras.**

Las muestras estuvieron constituidas por material previamente desecado y que representaban a la harina de pupa y de larva

correspondiente a sus respectivos ciclos biológicos.

Las muestras obtenidas del Laboratorio de Producción de Mosca Soldado Negro del Fundo La Católica en Majes, se pesaron y trasladaron en refrigeración. En el laboratorio de análisis nutricional del Fundo La Banda Huasacache se colocaron en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 horas y posteriormente se molieron en un molino Cyclotec (Foss, Hillerød - Dinamarca), utilizando una malla de 2.0 mm, para su posterior análisis.

- **Procesamiento para el análisis de degradabilidad *in situ* de las muestras.**

Para la incubación de las muestras, se utilizaron bolsitas de nylon (ANKOM® R510) con un tamaño de 5 cm de ancho por 10 cm de largo y con un tamaño de poro de 50 µm. Cada bolsita fue identificada y se llenó con 5 g de muestra. Todas las bolsitas fueron lavadas, secadas y pesadas antes de cada incubación.

Las muestras que se colocaron en las bolsitas, fueron secadas a peso constante en la estufa de aire forzado y molidas a 2.0 mm, se utilizaron 03 en el animal para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 03 repeticiones por muestra. Los tiempos de incubación serán de 0, 2, 4, 8, 16, 24 y 48 horas.

Las bolsitas fueron atadas a cadenas de metal de 60 cm, donde se colocaron 03 bolsitas por cada tiempo de incubación en su extremo, permitiendo su libre desplazamiento por el rumen, el otro extremo se fijó en la cánula de fistulación para su rápida remoción.

Culminadas las horas de incubación, las bolsitas fueron retiradas del rumen y lavadas con agua corriente hasta que ésta salga clara, aparentemente limpia. Posteriormente, se secaron en la estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 48 horas para su posterior análisis.

La degradabilidad al tiempo cero (fracción soluble) fue medida con tres muestras, en bolsas colocadas en agua tibia a 37 °C por 30 minutos, luego fueron secadas, pesadas para su posterior análisis.

- **Procesamiento para el análisis de PC y MS**
 - a) **Materiales.** -
 - Muestras
 - b) **Reactivos**
 - Ácido sulfúrico concentrado.
 - Hidróxido de Sodio al 40%.
 - Ácido bórico al 4%
 - Ácido clorhídrico 0.2 N
 - c) **Catalizadores**
 - Sulfato de potasio anhídrido. 3gr
 - Sulfato de cobre (II) pentahidratado $\text{Cu SO}_4,5\text{H}_2\text{O}$ 3.5 gr
 - d) **Indicador**
 - Naranja de metilo
 - e) **Equipos**
 - Equipo microKjeldahl de digestión y destilación.
 - Tubo de microKjeldahl.
 - Balanza analítica
 - Espátula
 - Probeta de 100, 200 ml.
 - Erlenmeyer de 250 ml.
 - Vidrio de reloj.
 - f) **Método: KJELDAHL**
 - Factores para los diferentes tipos de alimento.

Procedimiento

- 1) Peso exactamente 1-2 gr de muestra con exactitud de 0.1 gr sobre un trozo de papel libre de amoníaco (papel glicina o similar) luego colocar la muestra dentro del balón de digestión Kjeldahl (evitar que se quede muestra adherida al cuello del balón).
- 2) Agregar 15 gr de sulfato de potasio, 5 gramos de sulfato de cobre y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado.

- 3) Colocar el balón en el aparato de la digestión y calentar la mezcla de digestión a temperatura baja hasta que cese la formación de espuma. Aumentar progresivamente la temperatura de la hornilla 8 no permita que escape ácido del balón por exceso de calor puesto que se pueden producir pérdidas de nitrógeno por volatilización de amonio.)
- 4) La digestión termina cuando el color de la muestra sea verde turquesa transparente (son partículas visibles de muestra) y luego continúe calentando durante 1h y 30 minutos. La digestión demora aprox. 2h. Retire los balones del equipo y dejar enfriar.
- 5) Agregar a cada balón 50 ml de agua destilada con mucho cuidado. (Precaución recordar que al agregar al ácido sulfúrico se desarrolla una reacción fuertemente exotérmica, por lo que hay que ser extremadamente cuidadoso).

Destilación

- 6) Preparar un matraz de 500ml, que contenga 50 ml de ácido bórico al 4%(sobre el cual se va recoger el NH_3 destilado) y 3 a 4 gotas del indicador, y colocarlo a la salida del refrigerante cuidando que el extremo de la pipeta colectora quede sumergido en la solución. Abrir la llave del agua de refrigeración.
- 7) Adicionar 1 gramo aproximadamente de perlas de vidrio al balón que contiene la muestra digerida, luego agregar cuidadosamente 70^a 75 ml de Na OH al 33% por las paredes del balón de manera que las dos capas no se mezclen. En seguida se conecta el matraz al pico del aparato de destilación. Se calienta el líquido alcalino pasando vapor, hasta que hierva durante 20 min. Al comienzo se calienta poco para reducir la espuma.
- 8) El volumen recogido de destilación deberá ser de por lo menos 150 ml.

Titulación

- 9) El ácido bórico remanente del destilado se titula con solución de HCl 0.1 N valorada, hasta el cambio de color.
- 10) Titule la muestra con 0.1 N de HCl. Un color violeta indica el punto final de la titulación. Compárese este color con el del blanco. Cada equivalente de N en la muestra original. El peso del N en mg está dado por mil equivalentes del ácido X 14 (el peso equivalente del N).

- **Cálculos**

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{M}$$

V = Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación en ml

N = Normalidad de ácido clorhídrico

M = Masa de la muestra en gramos

0.014 = Miliequivalentes del Nitrógeno.

Para calcular el porcentaje de proteína hay que multiplicar por un factor de conversión el % de nitrógeno calculado. El contenido de nitrógeno en diferentes proteínas es aproximadamente 16 % por lo que multiplicado el por ciento del nitrógeno obtenido por el factor 6.25 se obtiene la cantidad de proteínas presentes en los alimentos. Sin embargo la relación nitrógeno proteínas varía en forma trascendente

Procesamiento para la MS

Materiales:

- Balanza digital con rango de 0.1 g.
- Horno de aire por convección natural JP Selecta

PROCESO

- Pesar la muestra y anotar el peso inicial (Pi) y después del proceso de secado a 55°C por 48h se anota el peso final (Pf).

- Dónde:
Pi = Peso inicial de la muestra
Pf = Peso final de la muestra
- % Materia Seca (MS) =
$$\frac{Pf \times 100\%}{Pi}$$

- **Metodología para determinar la curva de degradabilidad del MS Y PC.**

Los porcentajes de degradación de la MS y PC se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{\text{cantidad inicial (g)} - \text{cantidad residual (g)}}{\text{cantidad inicial (g)}} \times 100$$

La degradabilidad de la materia seca y de la proteína se ajustó por el modelo descrito por (Ørskov y McDonald *et al.*, 1979).

La curva debe mostrar la degradación de la muestra con el tiempo; se asume que desaparición es sinónimo de degradación. Aunque se han informado algunas ecuaciones para describir la curva de degradación ruminal, la primera y más utilizada es la planteada por Ørskov y McDonald (1979).

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

Donde:

p: porcentaje de degradación al tiempo t.

a: es la fracción soluble o degradable al tiempo 0 (intercepto de la curva con el eje y).

b: es la fracción insoluble pero potencialmente degradable si el tiempo no es limitante (diferencia entre a y la asíntota de la curva).

a + b: es el potencial de degradabilidad del material. Todos se expresan en porcentaje.

c: es la velocidad o tasa de degradación y se expresa en porcentaje por

hora.

e: base de los logaritmos naturales.

t: tiempo de incubación en el rumen por horas.

B) Recopilación de la información.

- En el campo.
 - Recolección de muestras de pupas y larvas en su estado óptimo de desarrollo
- En el laboratorio.
 - Mediante el análisis químico e *in situ* de las muestras.
- En la biblioteca.
 - Libros relacionados al tema.
 - Revistas científicas especializadas.
- En otros ambientes generadores de la información científica.
 - Internet páginas Web relacionadas al tema.
 - Intercambio de información con profesionales de campo.
 - Eventos científicos relacionados nacionales e internacionales.

3.2.4 Variables de respuesta.

A) Variables independientes.

Harina de mosca soldado negro (Larva)

Harina de mosca soldado negro (Pupa)

B) Variables dependientes.

- Porcentaje de degradabilidad de la Materia seca
- Porcentaje de degradabilidad de la Proteína Cruda.

3.2.5 Evaluación estadística

3.2.5.1 Diseño experimental.

El diseño estadístico utilizado fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) donde el tratamiento fueron los tiempos de incubación de (0, 2, 4, 8, 16, 24 y 48) y los bloques los estadios de la MSN (larva y pupa) según el modelo lineal siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Son las observaciones obtenidas la j -ésima vez que se repita el experimento i -ésimo.

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

B_j = Efecto de bloque j

E_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento

ESTADIO (BLOQUES)	TRATAMIENTOS TIEMPOS DE INCUBACION						
	0	2	4	8	16	24	48
LARVA	3	3	3	3	3	3	3
PUPA	3	3	3	3	3	3	3

3.2.5.2 Unidades experimentales.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por las muestras de harina de larva y pupa de la mosca soldado negro (*H. Illucens*) procedentes del Fundo La Católica en dos estadios de crecimiento.

3.2.5.3 Análisis estadísticos.

Se ajustaron los valores a la ecuación exponencial propuesta por Ørskov y McDonald (1979). El análisis estadístico consistió en evaluar los datos obtenidos mediante estadística descriptiva que considera medidas de tendencia central (promedios) y variabilidad (coeficiente de variación y desviación estándar) por cada muestra analizada.

Adicionalmente se ajustaron los datos observados mediante el procedimiento de optimización realizado con el complemento SOLVER del programa Excel© 2013 de Microsoft.

3.2.5.4 Análisis de significancia.

Para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó una prueba de Tuckey a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación la curva de degradabilidad de la Materia seca de pupas y larvas de *Hermetia illusens*

Para la estimación de las degradabilidades de la MS y PC de la HMSN de larvas y pupas se determinó primeramente la composición química de ambos tipos de harina, mediante las metodologías convencionales de laboratorio. (AOAC, 2005) y cuyos resultados se muestran en la Tabla 11

Tabla 11. Composición química de la Harina de Mosca Soldado Negro de Larvas y Pupas

	Harina de Larva	Harina de pupa
Materia seca (%)	96.27	94.99
Proteína cruda (%MS)	57.75	52.40
Grasa cruda (%MS)	20.99	22.04
Fibra deterg neutro (%MS)	21.52	20.07
Cenizas (%MS)	9.94	8.57
Prot Insol Det Neutro (%MS)	19.89	37.24
Prot Insol Det Acido (%MS)	6.17	11.38
Carboh. No Fibrosos¹ (%MS)	27.05	16.81

¹Carbohidratos No Fibrosos=100-(PC+GC+(FDN-PIDN)+CZS)

Los valores de materia seca fueron de 96.27% y 94.99% para harina de larvas y pupas respectivamente, los cuales corresponden a los reportados por la literatura para harinas de MSN obtenidas por secado en horno. El contenido de proteína cruda fue mayor en la harina de larvas que en el de pupas, 57.75% vs 52.40%. Estos valores fueron superiores a los obtenidos por Haasbroek (2016) pero similares (55.9%) al reportado por Al-Qazzaz et al. (2016)

El contenido de grasa cruda fue de 20.99% y 22.04% para harina de larvas y pupas respectivamente muy por debajo a lo reportado por Haasbroek, (2016), 40.1% y 39.13% en harina de pre-pupas y larvas respectivamente. Sin embargo, fueron muy parecidos a los reportados por Al-Qazzaz et al, (2016) de 18.6%. El contenido de fibra detergente neutra fue de 21.52% y 20.07% para harina de larvas y pupas respectivamente, valores similares a los reportados por Haasbroek,

(2016), quien obtuvo 21.85% y 16.85% para harina de pre-pupas y larvas respectivamente.

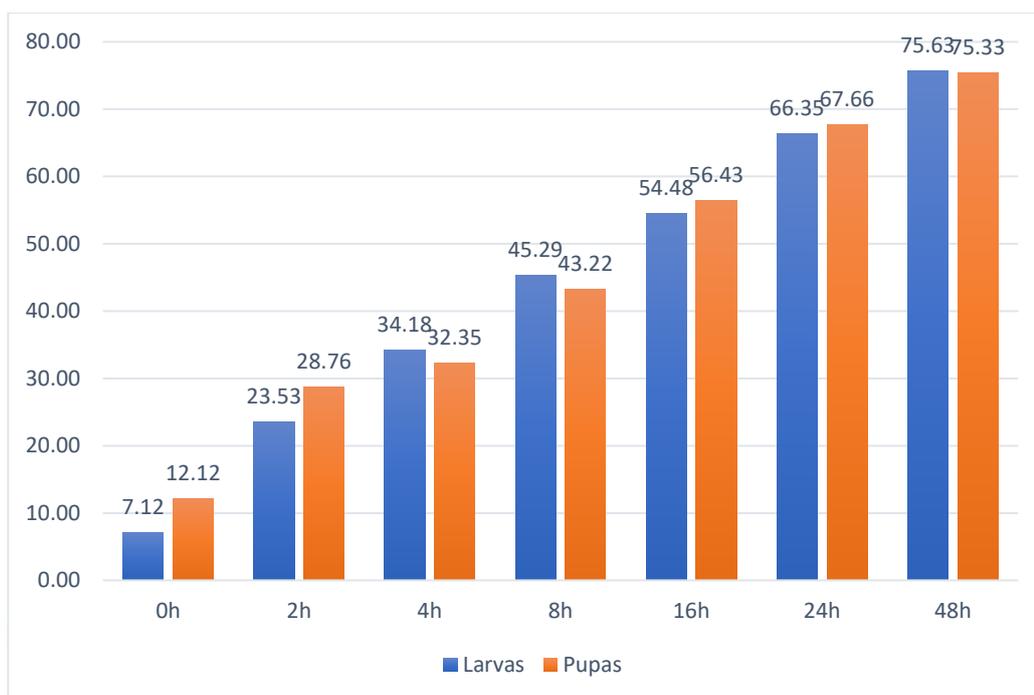
El contenido de materia inorgánica o cenizas fue de 9.94% y 8.57% en harina de larvas y pupas respectivamente, los cuales coincidieron con Haasbroek, (2016), que obtuvo 8.75% y 8.03% para harina de pre-pupas y larvas respectivamente, así como también con Al-Qazzaz et al, (2016) quienes reportaron 8.1% de cenizas para harina de larvas de MSN.

4.1.1 Degradabilidad ruminal de la MS

Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de pupa y larva a los tiempos de incubación de 0,2,4,8,16,24 y 48 horas mediante la técnica de degradabilidad ruminal *in situ* obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 12 y el Grafico 01.

Tabla 12. Degradabilidad ruminal de la MS de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de larva y pupa a diferentes tiempos de incubación

Tiempos de incubación	Larvas	Pupas
0	7.12 ^a	12.12 ^b
2	23.53 ^a	28.76 ^b
4	34.18 ^a	32.35 ^b
8	45.29 ^a	43.22 ^b
16	54.48 ^a	56.43 ^b
24	66.35 ^a	67.66 ^a
48	75.63 ^a	75.33 ^a
Promedio	43.80^a	45.13^a



Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

Gráfico 1. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS según estadios y tiempos de incubación ruminal

Los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) tanto entre estadios de crecimiento de la MSN como entre tiempos de incubación ruminal. La degradabilidad de la MS en promedio a lo largo de los diferentes tiempos de incubación fue mayor, en las Pupas (45.1%) que en las Larvas (43.8%) aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la MS disminuyó significativamente conforme se incrementó el crecimiento de la MSN y en consecuencia el estadio biológico del insecto.

En el tiempo 0 nuestros resultados coincidieron con los obtenidos por Haasbroek, (2016) quien evaluó la degradabilidad ruminal de la harina de MSN en dos estadios, Pre-pupa y Larva, encontrando valores que fluctuaron entre 3.67% y 12.94%, frente a 7.12% y 12.12% encontrados en nuestro estudio.

Los valores a tiempo 0 de los tratamientos de pupa y larva en el presente estudio fueron marcadamente más bajos que los reportados para Harina de Soya extraída con solventes (29.6%) y la soya cruda (30.3%) (Canbolat et al., 2005).

4.1.2 Cinética de la degradación de la MS

Se logró estimar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS y linealizar las curvas de degradación mediante el modelo descrito por Orskov y McDonald (1979).

Tabla 13. Parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h

Tratamientos	a (0h) ± EE	b (48h) ± EE	kd (h ⁻¹) ± EE
Larvas	10.9 ^a ± 0.1	63.4 ^a ± 3.6	0.09 ^a ± 0.00026
Pupas	15.6 ^b ± 1.2	60.8 ^a ± 2.3	0.08 ^a ± 0.00001
Valor de p	<i>0.019</i>	<i>0.143</i>	<i>0.245</i>

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$. kd: tasa de degradación de "b" EE: Error estándar de las medias

Los valores a las 0 horas de incubación o valores "a" se pueden ver en la Tabla 13. Estas muestras no se incubaron en el rumen, sino que solo se lavaron con agua como se describe en la sección de materiales y métodos.

La HMSN de larvas tuvo el valor a más bajo (10.9%) y la HMSN de pupas el valor a más alto (15.6%). Los resultados mostraron que ambos tipos de HMSN difirieron significativamente ($p < 0.05$). Estos valores fueron mayores a los reportados por Haasbroek, (2016) quien reporto valores para la fracción "a" de 3.67% y 5.75% para pre-pupas y larvas de MSN, respectivamente.

Los valores de 0 horas de ambos tratamientos en el presente estudio fueron notablemente más bajos que los resultados de 0 horas para la harina de soja extraída con solvente (29.6%) y la soja cruda con toda la grasa (30.3%) (Canbolat et al., 2005).

La fracción potencialmente degradable o valor "b" es la fracción de la MS que ha desaparecido después de 48 horas (en este estudio) de incubación. El tratamiento de HMSN de Pupas tuvo el valor b más bajo (60.8%) y la de Larvas tuvo el valor b más

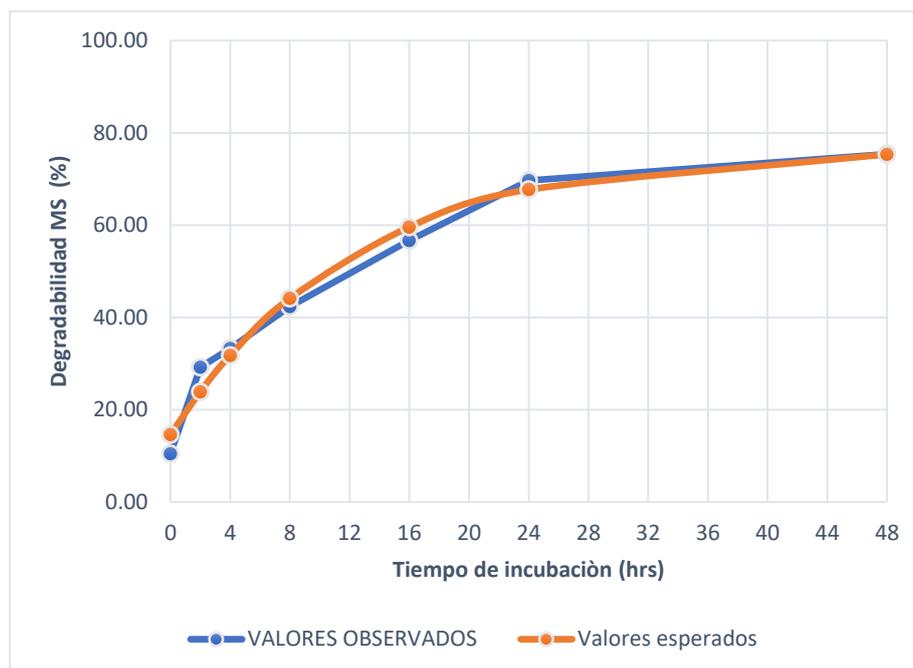
alto (63.4%), no habiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos, ($p > 0.05$). Estos valores para la fracción “b” son inferiores a los de la harina de soya extraída con solvente (81.5%) y la soya cruda con toda la grasa (81.9%) (Canbolat et al., 2005), pero muy superiores a los de la harina de pescado (13.5%) reportados por Boschini y Elizondo, (2005) pero similares (64.21%) a los reportados por PIEA INCAGRO UCSM (2010) en harina de pescado superprime de origen nacional.

La tasa de degradación de la fracción “b” fue más baja en la HMSN de pupas con 8%/h y 9%/h para larvas, sin diferencias estadísticas entre ambas ($p > 0.05$). Los valores reportados por Haasbroek, (2016) para la tasa de degradación “c” fueron muy disimiles, mientras que para la harina de pre-pupas fue de 51%/h para la de larvas fue de 12%/h valor este último muy similar al encontrado en nuestro estudio para ese mismo estadio biológico de la MSN.

Gráfico 2. Curva de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN de Larvas



Gráfico 3. Curva de degradabilidad ruminal de la MS de la HMSN de Pupas



4.2 Determinación la curva de degradabilidad de la Proteína cruda de pupas y larvas de *Hermetia illusens*

4.2.1 Degradabilidad ruminal de la PC

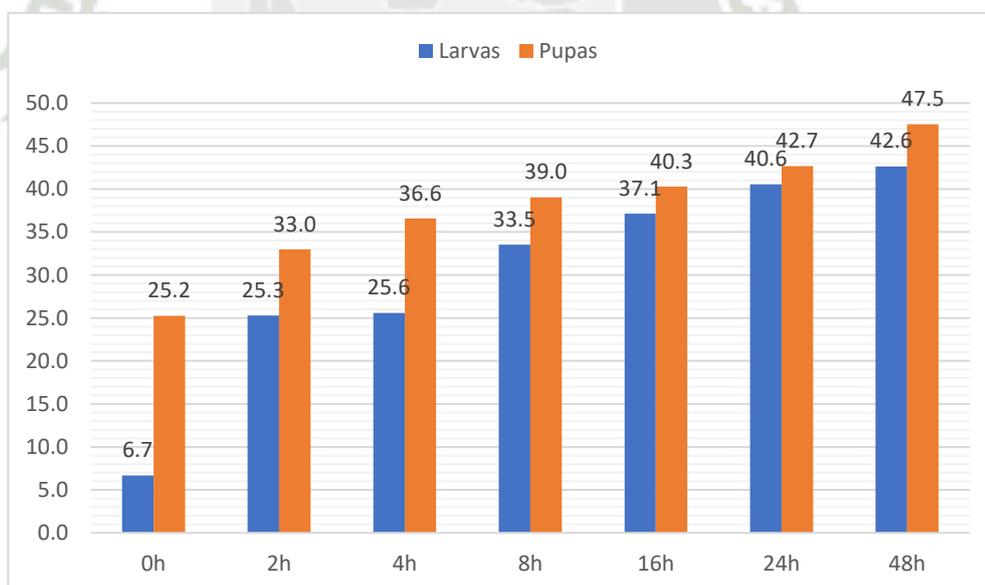
Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de pupa y larva a los tiempos de incubación de 0,2,4,8,16,24 y 48 horas mediante la técnica de degradabilidad ruminal *in situ* obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 14 y el Grafico 04

Tabla 14. Degradabilidad ruminal de la PC de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de larva y pupa a diferentes tiempos de incubación

Tiempos de incubación	Larvas	Pupas
0	6.7 ^a	25.2 ^b
2	25.3 ^a	33.0 ^b
4	25.6 ^a	36.6 ^b
8	33.5 ^a	39.0 ^b
16	37.1 ^a	40.3 ^a
24	40.6 ^a	42.7 ^a
48	42.6 ^a	47.5 ^b
Promedio	30.2^a	37.8^b

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

Gráfico 4. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC según estadios y tiempos de incubación ruminal



Se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de degradación entre HMSN de larvas y HMSN de pupas en todos los tiempos de incubación a excepción de las 16 y 24 horas ($p > 0.05$). Del mismo modo hubo diferencias significativas entre el promedio de degradabilidad ruminal de la HMSN de larvas (30.2%) y de pupas (37.8%) ($p < 0.05$), concluyéndose que la degradabilidad ruminal

de la PC aumentó significativamente conforme se incrementó el crecimiento de la MSN y en consecuencia el estadio biológico del insecto.

4.2.2 Cinética de la degradación de la PC

Se logró estimar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la PC y linealizar las curvas de degradación mediante el modelo descrito por Orskov y McDonald (1979). Gráfica N° 05

Gráfico 5. Curva de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN de Larvas

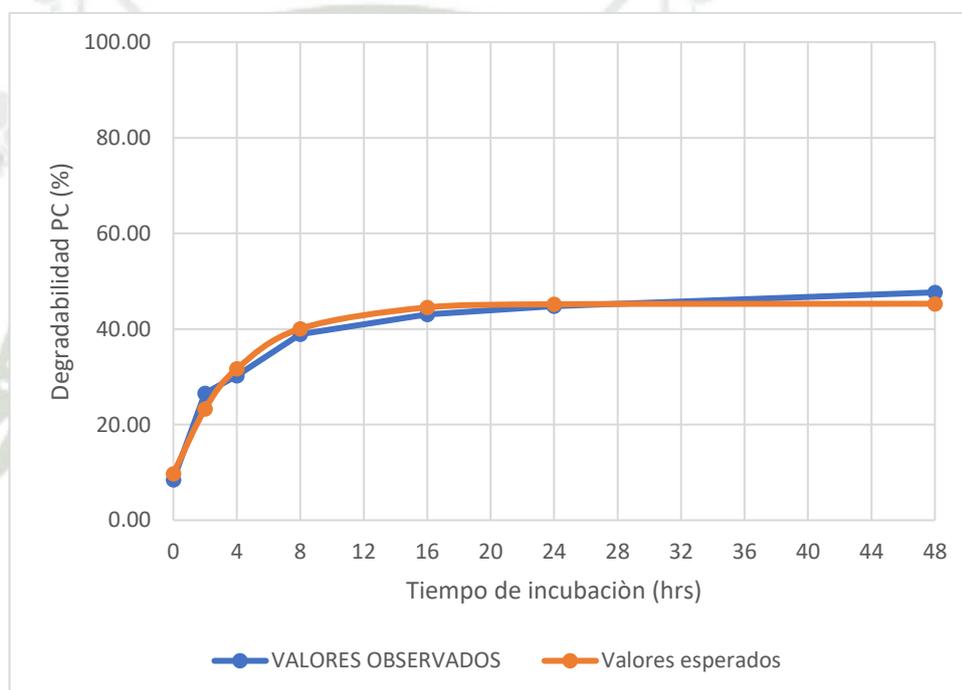


Gráfico 6. Curva de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN de Pupas

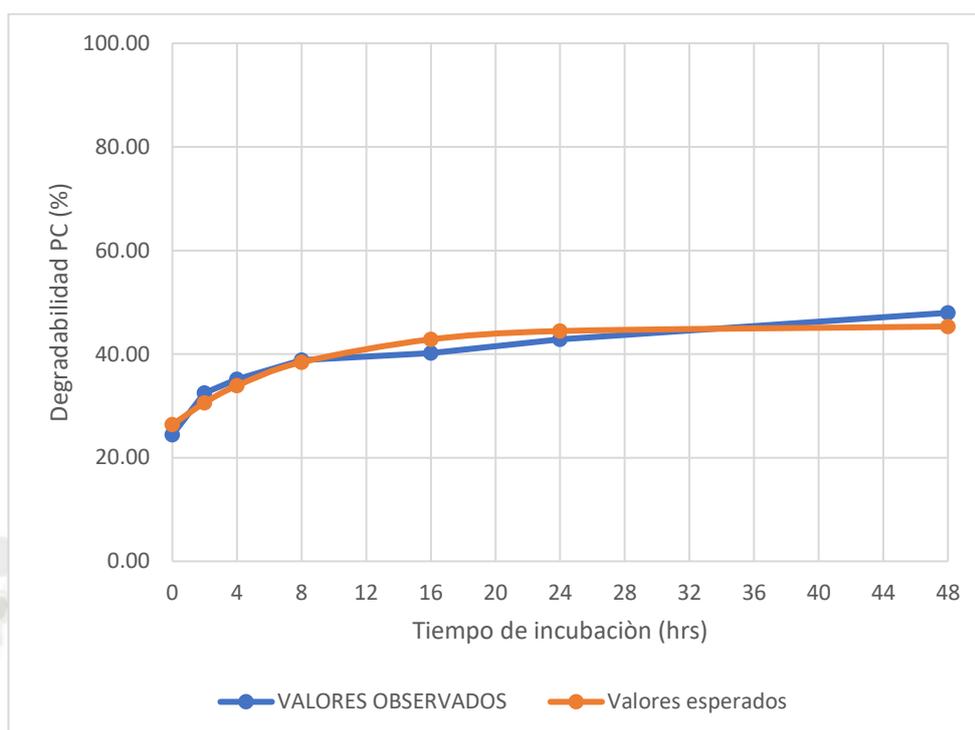


Tabla 15. Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h

Tratamientos	a (0h) ± EE	b (48h) ± EE	kd (h ⁻¹) ± EE
Larvas	8.3 ^a ± 1.1	30.9 ^a ± 2.3	0.26 ^a ± 0.03
Pupas	27.0 ^b ± 0.3	18.3 ^b ± 0.5	0.16 ^a ± 0.06
Valor de p	0.003	0.034	0.236

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$. kd: tasa de degradación de “b” EE: Error estándar de las medias

Los valores “a” para la degradabilidad de la PC de ambos tratamientos evaluados en este estudio 8.3% y 27.0% para larvas y pupas, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) y muy superiores a los reportados por Haasbroek, (2016), pero más bajos que los de la harina de soja extraída con solvente (33,1%) y el 30,8% de la soja cruda entera (Canbolat et al., 2005). Adicionalmente, los valores para el parámetro “a” presentados en este estudio fueron inferiores a los de la harina de pescado (41,2%), la harina de carne y huesos (39,6%) y la harina de sangre (13,2%), a excepción del

tratamiento de HMSN de pupas (27.0%) que fue más alto que el de la harina de sangre (England et al., 1997).

Los valores de “b” de 30.9% y 18.3% para harina de larvas y pupas respectivamente, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) y estuvieron muy por debajo de los reportados por Haasbroek, (2016) de 64.10% y 58.92% en harinas de pre-pupas y larvas respectivamente. Sin embargo, los valores “b” de los tratamientos de harina de larvas y pupas fueron similares a los valores b para la harina de carne y huesos (43,9%) y la harina de sangre (18,1%) respectivamente, según lo reportado por England et al (1997).

El valor “c” es la velocidad a la que desaparece la fracción potencialmente degradable (b) y se mide como porcentaje por hora (%/h). El tratamiento HMSN de larvas tuvo 26%/h y el de pupas 16%/h ($p > 0.05$) ambos diferentes a los reportados por Haasbroek, (2016) con un valor “c” de 11%/h para larvas y 37%/h para pre-pupas.

Tabla 16. Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la HMSN en estadios de larva y pupa a las 0 y 48h

Tratamientos	DE ¹ ± EE	PND ± EE	PNDPD ± EE
Larvas	34.1 ^a ± 2.6	65.9 ^a ± 2.6	7.8 ^a ± 1.4
Pupas	40.1 ^a ± 1.1	59.9 ^a ± 1.1	8.5 ^a ± 2.2
Valor de p	0.125	0.125	0.800

DE=Degradabilidad efectiva (%)

PND=Proteína no degradable ruminal (%)

PNDPD=Proteína no degradable potencialmente digestible (%)

¹ $k_p = 0.05\%/h$

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$. kd: tasa de degradación de “b”

EE: Error estándar de las medias

La degradabilidad efectiva (DE) se calculó utilizando los parámetros no lineales a, b y c (Kd) obtenidos del modelo utilizado por Orskov y McDonald (1979). El valor de Kp se estimó en un 5% por hora.

La DE o Proteína Degradable Ruminal (PDR) fue de 34.1% y 40.1% para harina de larvas y pupas respectivamente valores, ligeramente por debajo a los reportados

por Haasbroek, (2016) de 37.88% y 56.59% para harina de larvas y pre-pupas respectivamente. Al compararlos con otras fuentes proteicas como la harina de pescado de 1ra (39%) y de 2da (52%) fueron muy similares, pero sin embargo inferiores a los de la harina de pescado superprime (67%) y la harina de soya (84%) todas ellas evaluadas en un estudio de degradabilidad ruminal en fuentes proteicas de la región sur del Perú (Jasuai et al; 2010).

La fracción de PNDR, más conocida como proteína no degradable o proteína “by pass” se determinó como un valor porcentual de $100 - \text{PDR} (\%)$ según lo descrito por la NRC (2001) y fue de 65.9% y 59.9% para harina de larvas y pupas respectivamente. Estos valores, estuvieron por encima de los reportados por Haasbroek, (2016) de 62.12% y 43.41% para harina de larvas y pre-pupas respectivamente.

Al compararlos con otras fuentes proteicas como la harina de pescado de 1ra (61%) y de 2da (48%) fueron similares, pero sin embargo muy superiores a los de la harina de pescado superprime (33%) y la harina de soya (16%) todas ellas evaluadas también, en un estudio de degradabilidad ruminal de fuentes proteicas para ganado lechero de la región sur del Perú (Jasuai et al; 2010). Esto demuestra el potencial de la harina de mosca soldado negro como una muy buena fuente de proteína “by pass” o sobrepasante para ganado rumiante.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

1. Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de pupa y larva, encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tiempos de incubación ruminal. La degradabilidad de la MS en promedio a lo largo de los diferentes tiempos de incubación fue mayor en las Pupas (45.1%) que en las Larvas (43.8%) aunque estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$), concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la MS, en promedio, no se modificó significativamente, conforme se incrementó el crecimiento de la MSN y en consecuencia el estadio biológico del insecto.
2. Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC de la harina de *Hermetia illusens* en estadios de pupa y larva encontrándose diferencias significativas entre los porcentajes de degradación entre HMSN de larvas y HMSN de pupas en todos los tiempos de incubación a excepción de las 16 y 24 horas ($p > 0.05$). Del mismo modo hubo diferencias significativas entre el promedio de degradabilidad ruminal de la HMSN de larvas (30.2%) y de pupas (37.8%) ($p < 0.05$), concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la PC aumentó significativamente conforme se incrementó el crecimiento de la MSN y en consecuencia el estadio biológico del insecto.
3. Se determinaron los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS). La HMSN de larvas tuvo el valor "a" más bajo (10.9%) y la HMSN de pupas el valor a más alto (15.6%) con diferencias significativas entre ambos ($p < 0.05$). El tratamiento de HMSN de pupas tuvo el valor "b más bajo" (60.8%) y la de larvas el más alto (63.4%), sin diferencias significativas entre ambos tratamientos, ($p > 0.05$). La tasa de degradación "c" fue más baja en la HMSN de pupas con 8%/h y 9%/h para larvas, sin diferencias estadísticas entre ambas ($p > 0.05$).

4. Se determinaron los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la proteína cruda (PC) Los valores “a” para la degradabilidad de la PC de ambos tratamientos evaluados en este estudio 8.3% y 27.0% para larvas y pupas, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) Los valores de “b” de 30.9% y 18.3% para harina de larvas y pupas respectivamente, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$). El valor “c” de la tasa de degradación fue de 26%/h para harina de larvas y de 16%/h para la de pupas sin diferencias significativas entre ambas ($p > 0.05$).
5. Se establecieron las diferencias en la cinética de degradación de harinas de larva y pupa de MSN. La DE o Proteína Degradable Ruminal (PDR) fue de 34.1% y 40.1% para harina de larvas y pupas respectivamente, mientras que la fracción de Proteína no degradable o proteína “by pass” fue de 65.9% y 59.9% para harina de larvas y pupas respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos en ambos casos.
6. Los resultados encontrados de la degradabilidad ruminal de la MS y la PC de la HMSN tanto de larvas como de pupas, evidencian que ambos suplementos constituyen una muy buena fuente proteica, con un alto porcentaje de proteína “by pass” o sobrepasante ideal para ganado rumiante.

CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES

1. Evaluar las variaciones en la composición nutricional de la harina de mosca soldado negra a diferentes estados biológicos y sustratos de producción, ya que son fuentes de variación importante en su calidad nutricional.
2. Determinar la composición aminoacídica de la HMSN para evaluar su calidad como fuente de proteína a nivel intestinal
3. Realizar estudios para determinar los niveles de inclusión la HMSN en reemplazo de otras fuentes proteicas de origen animal en las dietas para rumiantes.
4. Estandarizar el proceso de obtención de la HMSN para reducir las variaciones en su calidad y composición nutricional

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeniji, A., 2007. Effect of Replacing Groundnut Cake with Maggot Meal in the Diet of Broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 6: 822–825.
2. Agbossamey, Y.R., Petit, H. V & Seoane, J.R., 1998. Performance of Lambs Fed Either Hay or Silage Supplemented with Canola or Fish Meals. *Can. J. Anim. Sci.*, (578): 135–141.
3. Akayezu, J.M. et al., 1997. Yield Response of Lactating Holstein Dairy Cows to Dietary Fish Meal or Meat and Bone Meal. *J. Dairy Sci.*, 80: 2950–2963. Available at: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76261-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76261-1).
4. Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80:1447–1462.
5. Al-Qazzaz M, I. Dahlan, H. Akit y L. Idris. (2016) Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *R. Bras. Zootec.*, 45(9):518-523, 2016
6. Aniebo, A.O. y Owen, O.J., 2010. Effects of Age and Method of Drying on the Proximate Composition of Housefly Larvae (*Musca domestica Linnaeus*) Meal (HFLM). *Pakistan J. Nutr.*, 9: 485–487.
7. Alexandrov, A.N., 1998. Effect of Ruminant Exposure and Subsequent Microbial Contamination on Dry Matter and Protein Degradability of Various Feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 71:99–107.
8. Awoniyi, T.A.M., Aletor, V.A. & Aina, J.M., 2003. Performance of Broiler-Chickens Fed on Maggot Meal in Place of Fish meal. *Int. J. Poult. Sci.*, 2: 271–274.
9. Bach, A., Calsamiglia, S. & Stern, M.D., 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen*. *J. Dairy Sci.*, 88: E9–E21. Available at: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7).
10. Bondari, K. & Sheppard, D.C., 1987. Soldier Fly, *Hermetia illucens L.*, Larvae as Feed for Channel Catfish, *Ictalurus Punctatus (Rafinesque)*, and Blue Tilapia, *Oreochromis Aureus (Steindachner)*. *Aquacult. Fish. Manag.*, 18: 209–220.

11. Bochi-Brum, O.; Carro, D.; Valdés, C.; González, J. y López, S. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Arch. Zoot., 48(1):51-61.
12. Boschini, C y J. Elizondo. (2005). Caracterización energética y proteica de materias primas de origen animal, empleadas en la formulación de alimentos balanceados para vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana 16(2): 191-198. 2005
13. Brock, F.M., Forsberg, C.W. & Buchanan-Smith, J.G., 1982. Proteolytic Activity of Rumen Microorganisms and Effects of Proteinase Inhibitors. Appl. Environ. Microbiol., 44: 561–569.
14. Canbolat, O. et al., 2005. Effect of Heat Treatment on In Situ Rumen Degradability and In Vitro Gas Production of Full-Fat Soybeans and Soybean Meal. S. Afr. J. Anim. Sci., 35: 186–195.
15. Church, CD, 1979. Fisiología digestiva y nutrición de rumiantes. Volumen 1, 2 nd Ed. pp. 8.
16. Diener, S., Zurbrügg, C. & Tockner, K., 2009. Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. J. Int. Solid Wastes and Public Clean. Assoc., ISWA, 27: 603–610. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19502252> [Accessed July 30, 2014].
17. El Boushy, A.R., 1991. House-Fly Pupae as Poultry Manure Converters for Anim. Feed: A Review. Bioresour.Technol., 38: 45–49.
18. Erfle, J.D. et al., 1982. Effect of pH on Fermentation and Protein Degradation by Rumen Microorganisms In Vitro. J. of Dairy Sci., 65: 1457–1464.
19. Fasakin, E.A., Balogun, A.M. & Ajayi, O.O., 2003. Evaluation of Full-Fat and Defatted Maggot Meals in the Feeding of Clariid Catfish Clarias Gariepinus Fingerlings. Aquac. Res., 34: 733–738.
20. Ferreira, R. y Valadares, D., 2003. Ruminal Feed Protein Degradation and Microbial Protein Synthesis. Nutr. Requir. Zebu Beef Cattle - BR CORTE: 16–43.
21. Gullan, P.J.; Cranston, P.S. 2005. An outline of entomology. Ed. BItda. (USA). 511p.

22. Haasbroek P. (2016) The use of *Hermetia illucens* and *Chrysomya chloropyga* larvae and pre-pupae meal in ruminant nutrition. Thesis of Master of Science in Agriculture (Animal Science) in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
23. Hwangbo, J. et al., 2009. Utilization of House Fly-Maggots, a Feed Supplement in the Production of Broiler Chicken. J. Environ. Biol., 30: 609–614.
24. Jasauri, J; Zegarra J. y V. Vélez (2010) Tablas de composición química nutricional de alimentos y forrajes. Arequipa 2010. Gloria SA. UCSM
25. Johnson, D.L., 1971. Case Report: Gizzard Erosion and Ulceration in Peru Broilers. Avian Diseases, 15: 835–837.
26. King, K.W. y Moore, W.E.C., 1957. Density and Size as Factors Affecting Passage Rate of Ingesta in the Bovine and Human Digestive Tracts. J. of Dairy Sci., 5: 528.
27. Kopečný, J., Wallace, R.J. y Kopečný, J.A.N., 1982. Cellular Location and Some Properties of Proteolytic Enzymes of Rumen Bacteria Cellular Location and Some Properties of Proteolytic Enzymes of Rumen Bacteria. Appl. Environ. Microbiol., 43: 1026.
28. Kroeckel, S. et al., 2012. When a Turbot Catches a Fly : Evaluation of a Pre-Pupae Meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Fish Meal Substitute — Growth Performance and Chitin Degradation in Juvenile Turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture, 364-365: 345–352. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>.
29. Martínez-Sánchez, A., Magaña, C., Saloña, M. y Rojo, S. (2011). First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula.
30. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. y Morgan, C.A., 2002. Animal Nutrition, 6th edition. Pearson, Prentice Hall, UK. London.
31. Michel A. Wattiaux. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la industria lechera, Universidad de Wisconsin Madison. Metabolismo de Proteína en las vacas lecheras.
32. Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88: 645-650.

33. Moyano, F.J., De la Higuera, M., y Cardenete, G. (1992). Anim. Prod. Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Castelló Orvay, F. Universitat de Barcelona. 84: 475-477, 8.
34. Murray, A, y Marchant, R. (1986). Aquaculture. Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Castelló Orvay, F. Universitat de Barcelona. 84: 475-477, 8.
35. Newton, G.L., Booram, R.W. y Hale, O.M., 1977. Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. J. Anim. Sci., 44: 395–400.
36. Newton, G.L. et al., 2004. The Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens*, as a Manure Management/Resource Recovery Tool.
37. Newton, L; Sheppard C, Watson D, Burtle G, y R. Dove. (2005). Using the Black Soldier fly, *Hermetia Illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. University of Georgia, Tifton, G.A.
38. National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. ed., National Acadamey Press. Wishington, D.C.
39. Ocio, E. y Vinaras, R., 1979. House Fly Larvae Meal Grown on Municipal Organic Waste as a Source of Protein in Poultry Diets. Anim. Feed Sci. Technol., 4: 227–231.
40. Orskov, E.R. y McDonald, L., 1979. The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage. J. Agric. Sci., 92: 499–503.
41. Orskov, E. R.; Barnes, B, J, Lukins, B, A., 1980. A note on the effect of different amounts de NaOH application on digestibility by cattle feed barley, oats, wheat and maize. J. agri. Sci., 94 (2): 271- 273.
42. PIEA INCAGRO UCSM (2010). Informe final subproyecto “Valoración químico nutricional de recursos alimenticios, conocimiento base para mejorar la competitividad y la sustentabilidad de la ganadería bovina del sur peruano”. UCSM.
43. Pretorius, Q., 2011. The Evaluation of Larvae of *Musca Domestica* (Common House Fly) as Protein Source for Broiler Production. Stellenbosch University.

44. Valadares, D., 2003. Degradación de proteína de alimentación ruminal y proteína microbiana Síntesis. Nutr. Requerir Ganado vacuno de cebú - BR CORTE: 16-43. (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula.
45. St-hilaire, S., Cranfill, K.C., *et al.*, 2007. Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids. J. World Aquac. Soc., 38: 309–313.
46. St-hilaire, S., Sheppard, C., *et al.*, 2007. Fly Pre-pupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. J. World Aquac. Soc., 38: 59–67.
47. Ramos, Elorduy Julieta. Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones. En: CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (30: 2003: Cali). Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN, 2003. p. 38.
48. Roberts, H. y Jager, L. De, 2004. Current Meat-Related Waste Disposal Practices of Free State Red-Meat Abattoirs, South Africa. 8th World Congress on Environ. Health., pp. 0–4.
49. Romagnolo, I.C., Polan, C.E. & Barbeau, W.E., 1994. Electrophoretic Analysis of Ruminant Degradability of Corn Proteins. J. Dairy Sci., 77: 1093–099.
50. Sheppard, C. (2002). Black soldier fly and others for value added manure management. Athens, GA.: University of Georgia. Department of Entomology and Animal Science, 2002. Disponible en Internet: <http://www.virtualcentre.org/en/enl/vol1n2/blackfly.htm>
51. Van der Merwe, FJ y Smith, WA, (1991). Dierivoeding . 2 nd Ed., Animal. Ciencias. PTY Ltd.
52. Wang, D., Zhai, S.W., Zhang, C.X., Zhang, Q., Chen, H. (2007) Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. Animal Feed Science and Technology, (1-2): 66-74.135.
53. Wohlt, JE *et al.*, 1976. Metabolismo del nitrógeno en los marranos afectado por la solubilidad de la proteína en la dieta y perfil de aminoácidos. J. of Anim. Sci., 42: 1280-1289.

54. Yang, CM y Russell, JB, 1992. Resistencia de los péptidos que contienen prolina a la degradación ruminal In Vitro. Appl. Reinar. Microbiol., 58: 3954 - 3958



ANEXOS

Ficha de muestreo

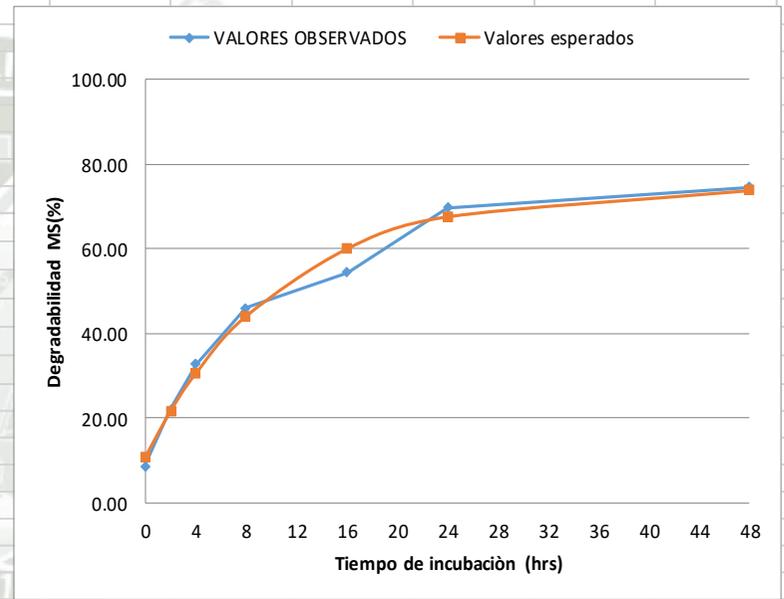
Productor	UCSM Moscario
Dirección	Fundo La Católica
Muestra	Harina de larva y pupa de la mosca soldado negro
Variedad	
Etapa de cosecha	
Cantidad de muestra	500 grs



		HARINA LARVA			HARINA PUPA				
HORA	R1	peso/ entrada	peso/ salida		peso/ entrada	peso/ salida			
48	R1	5.0075	3.0163	39.76	5.0067	2.7341	45.39		
		5.0043	2.978	40.49	5.0045	2.7324	45.40		
		5.0022	3.0618	38.79	5.0099	2.7452	45.20		
24	R2	5.0059	2.7719	44.63	5.0099	3.0234	39.65		
		5.0052	3.135	37.37	5.0045	2.7929	44.19		
		5.0085	2.7602	44.89	5.0027	3.0452	39.13		
16	R3	5.0053	3.2802	34.47	5.0049	3.1689	36.68		
		5.0053	3.2727	34.62	5.0039	3.1506	37.04		
		5.0089	3.2881	34.35	5.0099	3.2274	35.58		
8	R4	5.0042	3.7035	25.99	5.0007	3.3849	32.31		
		5.0032	3.489	30.26	5.0091	3.3067	33.99		
		5.0099	3.5267	29.61	5.0099	3.3387	33.36		
4	R5	5.0098	3.8713	22.73	5.0099	3.3444	33.24		
		5.0046	3.7704	24.66	5.0084	3.4179	31.76		
		5.0043	3.7462	25.14	5.0054	3.4014	32.05		
2	R6	5.0045	3.8968	22.13	5.0041	3.5424	29.21		
		5.0084	3.8937	22.26	5.0031	3.5773	28.50		
		5.0081	3.6963	26.19	5.005	3.5748	28.58		
0	R7	5.0015	4.5685	8.66	5.0094	4.488	10.41		
		5.0007	4.7509	5.00	5.0027	4.3067	13.91		
		5.0007	4.6146	7.72	5.0081	4.4045	12.05		

Repetir	Fecha 24/09/08		Muestras entrada				Factor de correccion	Hcl 0.25 N					Promedio	Promedio N
	Nro	Codigo	Descripcion	Peso M (g)	H2SO4 ml.	NI		Normalidad	Gasto	% NT (MF)	% PT (MF)	% PT (MS)		
	1	114-19	Harina de pupa	0.1541	0.04	1.1527	0.25	3.70	9.58	59.89	57.64			
	2	114-19	Harina de Pupa	0.1511	0.04	1.1527	0.25	3.64	9.61	60.08	57.85	57.75	9.60	
	3	115-19	Harina de Larva	0.1551	0.04	1.1527	0.25	3.46	8.90	55.60	52.78			
	4	115-19	Harina de Larva	0.1580	0.04	1.1527	0.25	3.47	8.76	54.74	52.02	52.40	8.83	
	5	0	Larva 48 H R1	0.1509	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.35	8.85	55.31	52.57		
	6	0	Larva 48 H R2	0.1557	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.40	8.71	54.41	51.72	52.14	8.78
	7	0	Larva 48 H R3	0.1506	0.04	1.1527	8.93	0.25	2.89	7.63	47.72	45.35		
	8	0	Larva 24 H R1	0.1595	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.75	9.38	58.65	55.74	50.55	8.51
	9	0	Larva 24 H R2	0.1595	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.70	9.26	57.86	54.99		
	10	0	Larva 24 H R3	0.1516	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.40	8.94	55.89	53.11	54.05	9.10
	11	0	Larva 16H R1	0.1550	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.64	9.37	58.56	55.66		
	12	0	Larva 16H R2	0.1555	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.70	9.50	59.35	56.41	56.03	9.43
	13	0	Larva 16H R3	0.1559	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.25	8.31	51.92	49.34		
	14	0	Larva 08H R1	0.1511	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.20	8.44	52.73	50.12	49.73	8.37
	15	0	Larva 08H R2	0.1500	0.04	1.1527	8.93	0.25	2.75	7.29	45.56	43.30		
	16	0	Larva 08H R3	0.1592	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.13	7.83	48.94	46.51	44.91	7.56
	17	0	Larva 04H R1	0.1598	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.40	8.48	53.02	50.39		
	18	0	Larva 04H R2	0.1552	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.50	8.99	56.21	53.43	51.91	8.74
	19	0	Larva 04H R3	0.1537	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.44	8.92	55.78	53.01		
	20	0	Larva 02H R1	0.1562	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.44	8.78	54.89	52.16	52.59	8.85
	21	0	Larva 02H R2	0.1562	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.46	8.83	55.21	52.47		
	22	0	Larva 02H R3	0.1558	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.30	8.44	52.76	50.14	51.31	8.64
	23	0	Larva 00H R1	0.1515	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.40	8.95	55.92	53.15		
	24	0	Larva 00H R2	0.1514	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.40	8.95	55.96	53.18	53.17	8.95
	25	0	Larva 00H R3	0.1566	0.04	1.1527	8.93	0.25	3.54	9.02	56.36	53.56		
	26	0	Pupa 48H R1	0.1553	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.55	9.12	56.99	54.88	54.22	9.07
	27	0	Pupa 48H R2	0.1592	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.65	9.15	57.18	55.06		
	28	0	Pupa 48H R3	0.1583	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.72	9.38	58.62	56.45	55.75	9.26
	29	0	Pupa 24H R1	0.1531	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.65	9.51	59.46	57.25		
	30	0	Pupa 24H R2	0.1544	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.73	9.64	60.26	58.03	57.64	9.58
	31	0	Pupa 24H R3	0.1539	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.85	9.99	62.42	60.11		
	32	0	Pupa 16H R1	0.1533	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.45	8.97	56.09	54.01	57.06	9.48
	33	0	Pupa 16H R2	0.1538	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.81	8.89	61.81	59.52		
	34	0	Pupa 16H R3	0.1578	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.90	9.87	61.68	59.40	59.46	9.88
	35	0	Pupa 8H R1	0.1542	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.70	9.58	59.85	57.63		
	36	0	Pupa 8H R2	0.1572	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.75	9.52	59.51	57.31	57.47	9.55
	37	0	Pupa 8H R3	0.1551	0.04	1.1527	9.60	0.25	3.81	9.81	61.29	59.02		
	38	0	Pupa 4H R1	0.1543	0.04	0.973	9.60	0.25	3.80	8.30	51.87	49.95	54.48	9.05
	39	0	Pupa 4H R2	0.1571	0.04	0.973	9.60	0.25	3.75	8.04	50.26	48.40		
	40	0	Pupa 4H R3	0.1595	0.04	0.973	9.60	0.25	3.82	8.07	50.44	48.57	48.49	8.06
	41	0	Pupa 2H R1	0.1565	0.04	0.973	9.60	0.25	3.85	8.29	51.82	49.90		
	42	0	Pupa 2H R2	0.1592	0.04	0.973	9.60	0.25	3.75	7.94	49.60	47.76	48.83	8.11
	43	0	Pupa 2H R3	0.1519	0.04	0.973	9.60	0.25	3.80	8.43	52.69	50.73		
	44	0	Pupa 0H R1	0.1522	0.04	0.973	9.60	0.25	3.66	8.10	50.62	48.75	49.74	8.26
	45	0	Pupa 0H R2	0.1536	0.04	0.973	9.60	0.25	3.70	8.11	50.72	48.84		
	46	0	Pupa 0H R3	0.1566	0.04	0.973	9.60	0.25	3.85	8.29	51.78	49.87	49.35	8.20

		Parametros de la funcion								
		a	b	kd	t					
	celdas cambiantes	10.66	64.03	0.09	74.70	100				
	(c2:e2)						Restricción	c2+d2<100		
Tiempo	Valores	Valores de		(Yi-f(Xi))2	Kp					
Horas	Observados (%)	Prediccion (%)			0.05					
	0	8.66	10.66	4.024107461						
	2	22.13	21.46	0.458103886						
	4	32.73	30.43	5.261789728						
	8	45.99	44.10	3.591673683						
	16	54.47	60.07	31.455079725						
	24	69.76	67.71	4.224966608						
	48	74.63	73.93	0.480581871						
				49.496302963						
	$DE = a + [(b \times kd) / (kp + kd)]$									
	Degradabilidad Efectiva (DE)		52.20							
	$PND = 100 - DE$									
	Proteina No Degradable (PND)		47.80							
	$PNDPD = 100 - [(100 - (a + b)) / PND] \times 100$									
	Proteina No Degradable Potencialmente Digestible (PNDPD)		47.07							
PDR	52.1975									
PND	22.5914									



Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo						
RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0h	2	19.2490056	9.62450282	12.4996198		
2h	2	52.2893527	26.1446763	13.6931017		
4h	2	66.5244551	33.2622276	1.66892347		
8h	2	88.5059171	44.2529586	2.14010857		
16h	2	110.912112	55.456056	1.91107143		
24h	2	134.00635	67.0031751	0.85635849		
48h	2	150.959659	75.4798296	0.04354767		
Larvas	7	306.570486	43.7957837	581.057027		
Pupas	7	315.876366	45.1251951	511.958727		
ANÁLISIS DE VARIANZA DEGRADABILIDAD DE MS						
FV	SC	GL	CM	F	Valor de p	Ft
Tiempos	6531.46747	6	1088.57791	245.294356	0.00000067	4.28386571
Estado biológico	6.18567139	1	6.18567139	1.39384629	0.28243381	5.98737761
Error	26.6270597	6	4.43784329			
Total	6564.2802	13				

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo						
RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0h	2	31.9265214	15.9632607	172.322409		
2h	2	58.2765491	29.1382746	29.4744356		
4h	2	62.1595748	31.0797874	60.4036046		
8h	2	72.5595655	36.2797827	14.9373008		
16h	2	77.4143738	38.7071869	4.89917911		
24h	2	83.2296533	41.6148267	2.20529652		
48h	2	90.1491801	45.0745901	11.9806213		
Larvas	7	211.445297	30.206471	153.286971		
Pupas	7	264.270121	37.7528745	51.3544614		
ANÁLISIS DE VARIANZA DEGRADABILIDAD DE PC						
FV	SC	GL	CM	F	VALOR DE P	FC
Tiempos	1130.94447	6	188.490745	11.6707568	0.00435221	4.28386571
Estados biológicos	199.318722	1	199.318722	12.3411913	0.01262529	5.98737761
Error	96.9041243	6	16.1506874			
Total	1427.16732	13				



Laboratorio de
**Nutrición y
Alimentación
Animal**

Programa Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Sr(es.)
Job Anculle
Arequipa
Arequipa

INFORME DE ENSAYO
LNAA 114/115/2019

Resultados obtenidos de muestras remitidas por el solicitante y corridas en duplicado

Todos los resultados en base seca:
¹CNF estimados según NRC(2001)

Parámetros Nutricionales	Muestra	HMSN Larvas	HMSN Pupas
	Código	114-19	115-19
Materia Seca Total (MST)**	(%)	96.27	94.99
Proteína Cruda (PC)	(%MS)	57.75	52.40
Extracto Etéreo (EE)	(%MS)	20.99	22.04
Fibra Det. Neutro (FDN)	(%MS)	21.52	20.07
Cenizas (CZS)	(%MS)	9.94	8.57
Carboh. No Fibrosos (CNF) ¹	(%MS)	27.05	16.81

Arequipa, 20 de agosto del 2019


JORGE L. ZEBALPA PAREDES MVZ, M.S.C.
MEDICINA VETERINARIA ZOOTECNISTA
C. M. V. P. 3024

** Materia seca total obtenida en estufa a 105 °C x 3h

MS, PC, EE, CZS según AOAC, (1990)

FDN, FDA, LDA, según Van Soest y Roberston, (1991), modificado por ANKOM, (2005)

PIDN, PIDA, según Van Soest y Roberston, (1991), modificado por ANKOM, (2005)

ALM y PH según ITPHOTONICS (2019) Curva de calibración Ensilaje de maíz

LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL - UCSM E.P. MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Teléfono: 054-382038 Anexo 1186 Celular: 959670257 RPM: #959670257

lnaavet@ucsm.edu.pe