

**UTILIZACIÓN DE HARINA DE PUPA (*Bombyx mori* L.), EN ALIMENTACIÓN DE  
POLLOS DE ENGORDE**



**JULIÁN ALEXANDER AGREDO ISOTO  
DIANA MARCELA ROJAS JOAQUÍ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2018**

**UTILIZACIÓN DE HARINA DE PUPA (*Bombyx mori* L.), EN ALIMENTACIÓN DE  
POLLOS DE ENGORDE**

**JULIÁN ALEXANDER AGREDO ISOTO  
DIANA MARCELA ROJAS JOAQUÍ**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de  
Ingeniero(a) Agropecuario(a)**

**Directores**

**MVZ M.Sc. FREDY JAVIER LÓPEZ MOLINA**

**Ing. Agrop. CONNIE MITCHELLE GRISALES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2018**

## **Nota de aceptación**

Los Directores y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

---

**MVZ M. Sc. FREDY JAVIER LÓPEZ M.**  
**Director**

---

**Ing. Agrop. CONNIE MITCHELLE GRISALES**  
**Directora**

---

**M. Sc. CARLOS AUGUSTO MARTÍNEZ M.**  
**Presidente del Jurado**

---

**M. Sc. JULIANA ISABEL CARVAJAL T.**  
**Jurado**

Popayán, 5 de febrero de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar le doy gracias a Dios por darme la vida y permitirme realizar mis sueños y anhelos porque sin la presencia del él no hubiera sido posible esto.*

*Le doy gracias a mi familia porque ellos fueron los artífices y fuente de inspiración para lograr culminar esta meta, debido a que ellos estuvieron incondicionalmente con su apoyo en esos momentos difíciles, y nunca dudaron de mis capacidades.*

**Julián Alexander Agredo I.**

*Infinitas gracias a Dios por prestarme la vida para cumplir mis metas, a la Santísima Virgen María por guiarme por el camino del bien y al Espíritu Santo por iluminarme y darme la sabiduría necesaria para afrontar cada etapa de mi carrera.*

*Gracias a mis padres, hermanas, sobrina y demás familiares por su apoyo constante a la largo de este camino. A mis dos grandes amores Daniel Rojas y Andrés Bados por ser ellos el motivo, inspiración y apoyo para salir adelante y nunca desfallecer en los momentos más difíciles.*

**Diana Marcela Rojas J.**

*Agradecemos también a nuestros compañeros de estudio y amigos porque con ellos compartimos momentos agradables durante el transcurso de la carrera. Le damos gracias a los profesores que nos ayudaron en nuestra formación y nos brindaron sus conocimientos, especialmente a nuestro director de tesis Fredy Javier López quien nos dirigió y nos acompañó durante la elaboración de nuestra tesis como también a nuestra codirectora Conni Grisales.*

**Diana Marcela Rojas J.  
Julián Alexander Agredo I.**

## **GLOSARIO**

**CRISÁLIDA:** es la etapa donde el insecto se encuentra en un cambio de larva a imago; también es conocida esta fase como estado de pupa.

**EXTRACTO ETÉREO:** Son los ácidos grasos de una materia prima la cual se obtiene mediante un método llamado Soxhlet.

**HOLOMETÁBOLOS:** es un desarrollo que presentan algunos insectos donde estos pasan por cuatro etapas embrión, larva, pupa, imago y adulto.

**LEPIDÓPTERO:** Esto hace referencia a la orden de los insectos donde presentan características como alas y que por lo general vuelan, pueden ser diurnos o nocturnos.

**LÍNEA GENÉTICA:** es un grupo de individuos, los cuales presentan un mismo genotipo es decir sigue una misma línea para todas sus características.

**MONÓFAGO:** este hace referencia a un animal que requiere un tipo de alimento específico para lograr su desarrollo.

**PROTEÍNA CRUDA:** Es el valor de la proteína que cierto alimento puede contener cuando se somete a un análisis químico que se basa en nitrógeno.

**SERICULTURA:** es la actividad que corresponde a la cría del gusano de seda, donde tiene que interactuar diferentes actividades para permitir producir un capullo y obtener la seda.

## RESUMEN

Uno de los subproductos generados en la cadena productiva serícola, es la pupa de gusano de seda, a la cual no se le ha dado un uso y manejo adecuado, convirtiéndose en una fuente de contaminación para el entorno donde se produce. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión del 5, 10 y 15% de harina de pupa (*Bombyx mori L.*), en la alimentación de pollos de engorde machos, de la línea Ross en la etapa de finalización. Para ello se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (T1: 0%, T2: 5%, T3: 10%, T4: 15% de harina de pupa, con cuatro repeticiones por tratamiento y 5 pollos por repetición; para lo cual se partió inicialmente de identificar el perfil nutricional de la harina de pupa y evaluar la respuesta productiva del lote, en términos de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, rendimiento en canal y la relación costo beneficio. En la harina de pupa se evidenció un valor de proteína cruda de 49.79% y valores de 8.25 y 3.54% para lisina y metionina respectivamente, siendo esta materia prima una fuente viable en la alimentación animal. Los resultados obtenidos, no reportaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para los parámetros evaluados ( $p < 0.05$ ). Se determinó que la harina de pupa puede reemplazar totalmente la harina de pescado al 10 y 15% de inclusión, sin que se afecten los parámetros productivos y con la obtención de un beneficio neto de campo positivo, con respecto al tratamiento control.

**Palabras claves:** Gusano de seda, Harina de pupa, Niveles de inclusión, Avicultura, Parámetros productivos.

## ABSTRACT

One of the byproduct of the productive chain sericola is the pupae silkworm, which has not had an suitable use and handle, becoming in a source of pollution for the environment where it is produced. For that reason, the objetive of this research was evaluate the inclusion effect of 5%, 10% and 15% of pupae flour, in the feeding of male broiler chickens, the Ross line in the completion phase. For that, a design chosen at random was used, with 4 treatments (T1: 0%, T2: 5%, T3: 10%, T4: 15%) of pupae flour, with four repetition by treatment with five chicken by repetition; for which it began with the identification of pupae flour nutritional profile and evaluate the productive response of the batch, in terms of food consumption, weight gain, food conversion, food efficiency, channel performance and the cost-benefit ratio. In the pupae flour was noted the crude protein value of 49,79%, also, a value of 82,5% and 3,54% of lysine and methionine respectively, being this raw material a viable source in the animal food. The results obtained, do not report significant statistical differences between the treatments for the evaluation parameters. It was determined that pupae flour can completely replace fish flour to 10% and 15% of the inclusion, without affecting the productive parameters and with the getting of a net benefit of positive contryside, related to the control treatment.

**Keywords:** Silkworm, Pupae flour, Inclusion level, Poultry farming, Productive parameters.

## CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN   | 14   |
| 1. MARCO REFERENCIAL   | 15   |
| 1.1 HISTORIA DE LA SERICULTURA                                     | 15   |
| 1.2 INCURSIÓN DE LA SERICULTURA EN COLOMBIA                        | 15   |
| 1.3 INCURSIÓN DE LA SERICULTURA EN EL CAUCA                        | 16   |
| 1.4 COMPONENTES DE LA CADENA SERÍCOLA                              | 17   |
| 1.4.1 Generalidades del cultivo de morera <i>Morus sp.</i>         | 17   |
| 1.4.2 Gusano de seda ( <i>Bombyx mori L.</i> )                     | 18   |
| 1.4.3 Ciclo biológico del gusano de seda ( <i>Bombyx mori L.</i> ) | 18   |
| 1.4.4 Crianza del gusano de seda ( <i>Bombyx mori L.</i> )         | 19   |
| 1.5 VALOR NUTRICIONAL DE LA PUPA DE GUSANO DE SEDA                 | 20   |
| 1.6 SECTOR AVÍCOLA   | 21   |
| 1.6.1 Sector avícola nacional                                      | 21   |
| 1.6.2 Generalidades del pollo de engorde                           | 22   |
| 1.6.2.1 Líneas genéticas   | 22   |
| 1.7 ANTECEDENTES DE USO  | 24   |
| 2. METODOLOGÍA   | 26   |
| 2.1 LOCALIZACIÓN   | 26   |
| 2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS  | 26   |
| 2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL  | 27   |
| 2.3.1 Alimentación   | 27   |



|  | pág. |
|--|------|
| 2.3.2 Dietas balanceadas   | 27   |
| 2.4 ETAPA EXPERIMENTAL   | 29   |
| 2.4.1 Manejo del ensayo  | 29   |
| 2.4.2 Diseño experimental  | 31   |
| 2.4.3 Variables de repuesta  | 31   |
| 2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO   | 32   |
| 2.5.1 Costos variables   | 32   |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN  | 34   |
| 3.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE PUPA DE GUSANO DE SEDA ( <i>Bombyx mori</i> L.) | 34   |
| 3.1.1 Análisis proximal  | 34   |
| 3.1.2 Aminograma   | 35   |
| 3.2 ANÁLISIS VARIABLES DE RESPUESTA  | 35   |
| 3.2.1 Consumo de alimento  | 35   |
| 3.2.2 Ganancia de peso   | 36   |
| 3.2.3 Conversión alimenticia   | 37   |
| 3.2.4 Eficiencia alimenticia   | 38   |
| 3.2.5 Rendimiento en canal   | 39   |
| 3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO   | 40   |
| 3.3.1 Costos variables   | 40   |
| 3.3.2 Beneficio bruto de campo   | 41   |
| 3.3.3 Beneficio neto de campo  | 41   |
| 4. CONCLUSIONES  | 42   |

|                    | pág. |
|--------------------|------|
| 5. RECOMENDACIONES | 43   |
| BIBLIOGRAFÍA       | 44   |
| ANEXOS             | 49   |

## LISTA DE CUADROS

|   | pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la morera ( <i>Morus alba</i> )                       | 17   |
| Cuadro 2. Clasificación taxonómica de <i>Bombyx mori</i> L.                                 | 18   |
| Cuadro 3. Composición nutricional de la harina de pupa ( <i>Bombyx mori</i> L.)             | 21   |
| Cuadro 4. Requerimientos nutricionales para pollos de la línea Ross                         | 23   |
| Cuadro 5. Porcentaje de materias primas utilizadas para cada tratamiento                    | 28   |
| Cuadro 6. Diseño experimental y distribución de los tratamientos dentro del galpón          | 31   |
| Cuadro 7. Análisis proximal de la harina de pupa ( <i>Bombyx mori</i> L.)                   | 34   |
| Cuadro 8. Perfil de aminoácidos en porcentaje de la harina de pupa ( <i>Bombyx mori</i> L.) | 34   |
| Cuadro 9. Costo variable por tratamiento  | 40   |
| Cuadro 10. Beneficio bruto de campo   | 41   |
| Cuadro 11. Beneficio neto de campo  | 41   |

## LISTA DE FIGURAS

|   | pág. |
|---|------|
| Figura 1. Ciclo biológico del gusano de seda ( <i>Bombyx mori</i> L.)   | 19   |
| Figura 2. Subproducto del devanado del capullo ( <i>Bombyx mori</i> L.)   | 20   |
| Figura 3. Ubicación geográfica  | 26   |
| Figura 4. Elaboración de harina de pupa. A) Cocción; B) Retiro de pupa; C) Secado; D) Molienda y empaçado                                     | 27   |
| Figura 5. Proceso de la elaboración de las dietas. A) Materias primas, B) Pesaje, C) Mezcla, D) Peletizado, E) Secado, F) Molienda y empaçado | 28   |
| Figura 6. Adecuación del galpón. A) Construcción de divisiones; B) Ensamble de divisiones; C) Instalación eléctrica; D) Montaje de cortinas   | 30   |
| Figura 7. Pesaje y registro de datos  | 30   |
| Figura 8. Consumo de alimento por tratamiento en etapa de finalización  | 35   |
| Figura 9. Ganancia de peso por tratamiento en etapa de finalización   | 37   |
| Figura 10. Conversión alimenticia por tratamiento en etapa de finalización  | 38   |
| Figura 11. Eficiencia alimenticia por tratamiento en etapa de finalización  | 39   |
| Figura 12. Rendimiento en canal por tratamiento en etapa de finalización  | 39   |

## LISTA DE ANEXOS

|   | pág. |
|---|------|
| Anexo A. Formulación de ración del 5%             | 49   |
| Anexo B. Formulación de ración del 10%            | 50   |
| Anexo C. Formulación de ración del 15%            | 51   |
| Anexo D. Guía de consumo de Solla                 | 52   |
| Anexo E. Aminogramas de harinas de pupa y pescado | 53   |

## INTRODUCCIÓN

La producción comercial del gusano de seda *Bombyx mori L.*, está enmarcada dentro de la sericultura, la cual se ha convertido en un conjunto de actividades económicas y culturales, que se desarrollan en torno a la producción de seda (Pescio *et al.*, 2008); la cual, se integra en tres componentes: el agrícola, con el cultivo de morera *Morus sp*, el pecuario, con la cría del gusano de seda y el agroindustrial, con la transformación del hilo para uso industrial (Cifuentes y Sohn, 1998).

El gusano de seda *Bombyx mori L.*, es un insecto monófago estricto, es decir, se alimenta única y exclusivamente de hojas de morera *Morus sp*, ya que en estas encuentra y obtiene todos los elementos nutricionales necesarios (proteínas, grasas, hidratos de carbono, fibra, vitaminas, macro y micro elementos), para su desarrollo fisiológico y productivo, con el fin de producir seda de excelente calidad (Rodríguez *et al.*, 2012).

De la producción de seda, se logra obtener una amplia gama de productos que van desde la fabricación de telas, material quirúrgico, construcción, aeronáutica, la producción de proteína recombinante, hasta injertos óseos, ya que, estimula el crecimiento y adhesión de las células, además que es biodegradable y muy resistente (Elices, 2011).

De igual forma, se obtienen subproductos de alto valor nutricional, como la pupa de gusano de seda, de la cual, procesada y secada, se obtiene una materia prima animal con valores que ascienden a un 50 % de proteína, 26 % de grasa, 7.2 % de agua y 2.2 % de cenizas, entre otros (Gibert, 2013), lo que convierte a esta materia prima, en una fuente potencial en la alimentación animal.

La combinación de proteína y energía, aunado a un buen perfil de aminoácidos, permite inferir las potencialidades nutricionales que se pueden generar del uso de esta materia prima en la alimentación de pollos de engorde, es por ello, que en el marco del proyecto “Desarrollo Tecnológico para la Obtención de Productos Orgánicos e Innovadores de Seda natural”, financiado por el Sistema General de Regalías, se pretende analizar el efecto de la inclusión de la harina de pupa de gusano de seda en diferentes dietas, en términos de ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento en canal, en etapa de finalización, para proponer una opción al uso del subproducto del devanado del capullo, para lograr articular cada eslabón de la cadena productiva serícola y también definir el costo beneficio, de los diferentes niveles de inclusión de harina de pupa en las dietas de pollos de engorde, para determinar si es viable su implementación en términos económicos y productivos.

Los pollos de engorde requieren diferentes contenidos de aminoácidos en su alimentación y a su vez que presenten balance y perfil ideal para formar proteínas que se utilicen en la formación de músculos, nervios, piel y plumas en los pollos de engorde, tales como lisina y metionina (AVIAGEN, 2014).

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 HISTORIA DE LA SERICULTURA**

La cría del gusano de seda y la producción textil, consecuentemente fueron actividades que comenzaron en china hacia el año 2700 a.C. Según la tradición china, la emperatriz Silico-Ling-Si-Ling-Chi, descubrió el prodigio de la seda cuando llevada por la curiosidad, logró devanar un capullo silvestre que, de modo casual, encontró a los pies de un moral en su jardín, desde ese momento las técnicas de la sericultura fueron celosamente custodiadas, incluso bajo la amenaza de crueles castigos, hasta la misma muerte, a fin de que pudieran mantenerse los lucrativos beneficios con el monopolio de su explotación (Tena, 2008).

De acuerdo con Charro (2012), en el año 139 a.C. se abrió la mayor ruta mundial de comercio de la seda, que abarcaba desde el Este de China hasta el mar Mediterráneo, que recibió el nombre de ruta de la seda, debido a que, era el artículo que más comercio y economía generaba. En el año 300 d.C. el secreto de la producción de seda había llegado a la India y Japón. Durante los siglos XVIII y XIX los países europeos produjeron diversos avances en la producción de seda. En el siglo XVIII, Inglaterra lideraba la producción de seda europea, debido a las innovaciones en la industria textil inglesa, donde incluían mejores telares de seda, telares mecánicos y el estampado con rodillos (Charro, 2012).

A nivel mundial, la seda se reconoce como una fibra de lujo, que tiene una composición única que no posee ninguna otra fibra, la cual presenta un brillo natural, donde los teñidos se lucen con mayor vigor y se presenta una buena absorción de humedad y una alta resistencia a la rotura; estas características diversas, que presenta el uso de esta fibra, han permitido que sea amplio su comercio, ya que, resulta muy agradable al contacto con la piel por su suavidad. Por todas estas cualidades que presenta, la seda es apreciada y fue la musa inspiradora al desarrollo textil de fibras manufacturadas (Pescio *et al.*, 2009).

### **1.2 INCURSIÓN DE LA SERICULTURA EN COLOMBIA**

Según Cifuentes y Sohn (1998), en Colombia el gusano de seda fue introducido por el doctor Manuel Vicente de la Roche, distinguido médico de este país Colombia, quien aclimató la morera y el gusano de seda asiático, a las condiciones ambientales del país.

La sericultura en el país se desarrolló notablemente y existieron por lo menos 30 municipios, que dejaron de producir café para cultivar morera y criar gusanos de seda. Las tierras sembradas para este propósito se calculaban en 400 mil hectáreas. Sin embargo, dadas las coyunturas de producción en el país, donde se le ha dado más importancia y apoyo a otros productos agrícolas como el café, cacao, aguacate, entre otros, la sericultura se ha concentrado especialmente en el suroccidente colombiano,

siendo el departamento del Cauca, su mayor productor, quizás por elementos de tradición cultural, asociado a su cría y producción de seda. (Toro y Londoño, 2007).

En el año 1994 se creó el Centro de Desarrollo para la Sericultura – CDTS, con el fin de realizar avances tecnológicos y de investigación en la cadena productiva de la seda; sin embargo, hoy en día, la tecnología y el banco de germoplasma se encuentra en la Universidad Tecnológica de Pereira, actualmente, dicha universidad es la encargada de la producción de huevos, para abastecer a los agricultores que aún producen capullos (Mesa y Millán, 2008). Esta entidad vende la larva a los sericultores del país, quienes terminan el proceso de cría y obtienen el capullo fresco, el cual, es comercializado, a la planta industrial o a grupos artesanos.

En Colombia en los años 2006 y 2007, se alcanzó una producción de 4.160 kilogramos de seda y su consumo se estimó en 8.522 kilogramos; es importante destacar que la producción de capullo fresco ha venido aumentando año tras año, pero Brasil, lidera la producción de hilo devanado en Latinoamérica, siendo el tercer productor mundial (Espinoza, 2012 citado por Garzón, 2015).

### **1.3 INCURSIÓN DE LA SERICULTURA EN EL CAUCA**

El departamento del Cauca es el único que cuenta activamente con la producción de seda de manera formal, existen productores de capullo y artesanos de la seda que procesan y producen sus propios productos (Vivas y Córdoba, 2016). La sericultura en el Cauca ha sido una actividad importante desde hace 30 años, especialmente en los municipios de Morales, Timbío y el Tambo, donde se convirtió en una alternativa para la diversificación de las actividades productivas del campo y contribuyó al mejoramiento de los ingresos y condiciones de vida de las familias campesinas (Rodríguez *et al.*, 2012).

Como indican Vivas y Córdoba (2016), han transcurrido más de 26 años desde que el primer gusano de seda llegó a Timbío, Cauca, tiempo en el cual Patricia Conway, nacida en Wisconsin, Estados Unidos y Elvira Gómez de Inchima, tomaron la iniciativa de mostrar a otras mujeres del Cauca que la sericultura representaba una oportunidad para salir adelante; así, el paisaje timbiano fue adornado por las hojas verdes de la morera, planta con la cual debía ser alimentado el gusano de seda *Bombyx mori L.*, proveniente del Japón y Corea, en proporciones de 25 mil huevos a punto de reventar, y de los que debían hacerse cargo durante un mes cada familia.

Vivas y Córdoba (2016), mencionan que después de un tiempo se presenta un nuevo rumbo que ha llevado a los agricultores asociados a la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca (CORSEDA), a que sean hoy los productores de una de las fibras naturales y orgánicas certificadas a nivel mundial por organizaciones como JAS, USDA Organic, Biotrópico, Certifier Mayacert, y próximamente por la organización GOTS, siendo la única corporación en el mundo en obtenerla en el campo de la seda.



CORSEDA, es una organización conformada por cerca de 300 familias productoras de capullo y artesanas de la seda con influencia en la zona centro - norte del Departamento del Cauca (CORSEDA, 2012). En la actualidad, la entidad trabaja en la articulación de la cadena productiva de la seda, buscando mejorar la productividad y competitividad mediante la organización e integración de cada uno de sus eslabones, que involucran a los cultivadores de la morera, los sericultores, las tejedoras de fibra, los empresarios y comercializadores(CORSEDA, 2012).

## 1.4 COMPONENTES DE LA CADENA SERÍCOLA

**1.4.1 Generalidades del cultivo de morera *Morus sp.*** La morera *Morus sp.*, es el alimento tradicional del gusano de seda, ha sido seleccionada y mejorada por calidad y rendimiento de hojas en diversos ambientes y actualmente se encuentra presente en varios países alrededor del mundo (Leyva, 2012). Esta se desarrolla mejor en el trópico y subtropical, justo donde hay suficiente luz, humedad y calor (Pescio *et al.*, 2008), ya que encuentra las condiciones óptimas requeridas por esta especie vegetal para desarrollar todo su potencial productivo.

Leyva (2012), indica que esta planta presenta hojas alternas, ovales, enteras o lobuladas (en los árboles jóvenes más lobuladas que en los adultos) y de márgenes dentados, de color verde brillante y lustrosas por el haz, más claras por el envés, posee pequeñas flores que crecen formando espigas apretadas y alargadas, frutos compuestos formados por pequeñas drupas, estrechamente agrupadas, entre 2-3 cm de largo, llamadas moras de color blanco a rojizo.

En el cuadro 1, se presenta la clasificación taxonómica de esta planta, la cual posee varias especies, pero destacándose la especie *Morus alba*, que, por su adaptación y aceptable producción, ha sido la más diseminada en el suroccidente colombiano.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la morera (*Morus alba*)

|         |               |
|---------|---------------|
| Reino   | Plantae       |
| Filo    | Magnoliophyta |
| Clase   | Magnoliopsida |
| Orden   | Urticales     |
| Familia | Moraceae      |
| Tribu   | Moreae        |
| Género  | Morus         |
| Especie | Morus alba    |

Fuente: Leyva, 2012.

Esta planta presenta diferentes usos como: alimento para el gusano de seda, forraje para animales rumiantes y no rumiantes, como té para aliviar dolor estomacal, en muchas regiones se utiliza como leña y el fruto es cotizado para la elaboración de mermeladas y

conservas. De igual forma, existen numerosos reportes de su uso en alimentación de especies menores, dado su alto potencial nutricional (Leyva, 2012).

**1.4.2 Gusano de seda (*Bombyx mori* L.).** El insecto que produce seda a partir de la morera es una especie domestica que ha sido trabajada por más de 4.500 años. El gusano de seda *Bombyx mori* L, es un insecto de la familia *Bombycidae* (cuadro 2), orden lepidóptero, el orden más grande de la clase insecta. Todas las razas criadas hasta hoy han sido derivadas de gusanos silvestres *Bombyx mandarina* perteneciente al mismo género (Cifuentes y Sohn, 1998).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Bombyx mori* L.

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Reino           | Animalia           |
| División        | Arthropoda         |
| Clase           | Insecta            |
| Orden           | Lepidoptera        |
| Familia         | Bombycidae         |
| Género          | Bombyx             |
| Nombre binomial | <i>Bombyx mori</i> |
| Nombre vulgar   | Gusano de seda     |

Fuente: Rosell, 2016.

Para su desarrollo morfológico y para llevar a cabo sus funciones fisiológicas, el gusano de seda necesita de proteína cruda y carbohidratos, nutrientes que se encuentran concentrados en altos porcentajes en las hojas jóvenes de la morera. La cantidad de nutrientes en estas hojas (proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua), varía de acuerdo con la variedad, fertilidad del suelo, clima, época del año, edad y posición de las hojas (Roy *et al.*, 2000, citado por Rodríguez *et al.*, 2012).

**1.4.3 Ciclo biológico del gusano de seda (*Bombyx mori* L.).** Las etapas de vida de los gusanos de seda se diferencian por las fases de mudas, donde desarrollan sus órganos y van aumentando su tamaño, para finalmente realizar la metamorfosis y llegar a la edad adulta con un único objetivo: la reproducción (Mora, 2009).

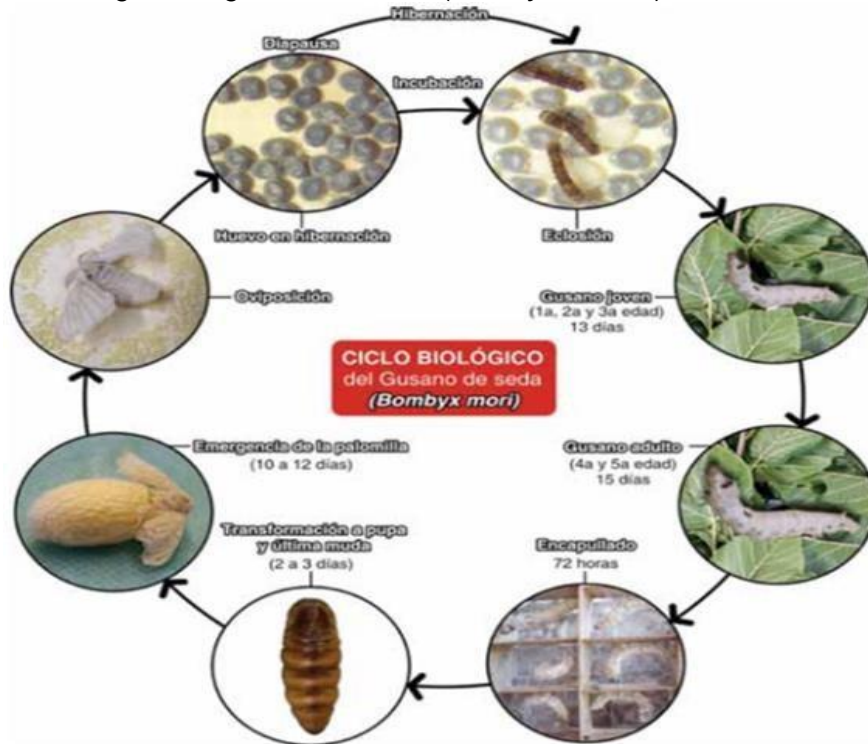
Los gusanos de seda son holometábolos, con tres etapas morfológicas distintas; las larvas, las ninfas y los adultos. De los huevos nacen las larvas que son minúsculos gusanos con un tamaño de menos de 1 mm. Después de haber salido del huevo las larvas mudan cuatro veces durante su crecimiento y crecen llegando a medir 4 o 5 cm al cabo de 30 días. Durante cada muda, la cubierta vieja se desecha y se produce una nueva que es más grande. La vida de las larvas de los gusanos de seda se divide en cinco estadios, separados por las cuatro veces que mudan (Campo, 2016).

La 1ª edad comprende 4 días y da paso a la 1º muda otro día más.  
La 2º edad comprende 3 días y da paso a la 2º muda otro día más.

La 3<sup>o</sup> edad comprende 4 días y da paso a la 3<sup>o</sup> muda otro día más.  
 La 4<sup>o</sup> edad comprende 5 días y da paso a la 4<sup>o</sup> muda dos días para realizarla.  
 La 5<sup>o</sup> edad dura 9 días hasta la formación del capullo.

A continuación, se describen los días y duración de la muda (Figura 1).

Figura 1. Ciclo biológico del gusano de seda (*Bombyx mori* L.)



Fuente: Rodríguez *et al.*, 2012, citado por Campo, 2016.

**1.4.4 Crianza del gusano de seda (*Bombyx mori* L.).** La cría del gusano de seda para obtener su hilo, inicia con el huevo, el cual presenta un tamaño muy pequeño similar a la cabeza de un alfiler y una vez este eclosiona se dedica a engordar, siendo de máxima importancia en esta etapa el suministro de hojas de morera frescas y de buena calidad, la cual, es recolectada a mano por los productores y llevadas al lugar de crianza para permitir que los gusanos se conviertan en larvas productoras de seda, con el objetivo de que este insecto, multiplique su peso por diez mil (Discovery, 2016). A los 40 días y 40 noches, la larva esta lista para el letargo, pero antes los gusanos empiezan la tarea de tejer un capullo, que los protege mientras se transforman en mariposa (Discovery, 2016).

Según Discovery (2016), el capullo está compuesto de un único hilo de saliva de insecto, donde cada oruga puede producir casi un kilómetro de seda para protegerse, tras 4 a 7 días el capullo está listo para ser cosechado.

Obtención de seda del gusano (*Bombyx mori L.*). Una vez obtenido el capullo de seda, se inicia con el proceso de selección y limpieza con el objetivo de clasificar los capullos de primera, segunda y no devanables, para posteriormente depositarlos en canastas según su clasificación (Abc rural, 2009).

Terminado este proceso, se pasa a sumergir los capullos en agua caliente que disuelve la sericina, lo que facilita el despegue de la fibra y su posterior paso, al proceso de devanado. Dependiendo de la clasificación del capullo, también será la duración en agua caliente. Una vez realizada esta operación, se trasladan los capullos a la maquina devanadora, la cual extrae los filamentos, hasta formar un hilo fuerte; al obtener las madejas de hilo, se cuelgan para su secado y como subproducto se obtiene la pupa en este proceso (Discovery, 2016).

Figura 2. Subproducto del devanado del capullo (*Bombyx mori L.*)



## 1.5 VALOR NUTRICIONAL DE LA PUPA DE GUSANO DE SEDA

Según Piñeiro (2009), el valor nutritivo de los insectos es elevado, siendo las proteínas su constituyente más elevado, dado que en general, forma la mayor parte de su cuerpo y se pueden calificar de buena calidad.

El consumo de pupa de gusano de seda se presenta en personas y en mayor proporción en los países orientales, esto se debe a la presencia de numerosas fábricas de seda, donde la clase campesina y obrera iniciaron con el consumo de este alimento (Patiño, 2008). La gastronomía coreana, japonesa, china y tailandesa gustan de las pupas hervidas o al vapor y son consideradas en la actualidad, como simples delicias exóticas y fuentes ricas en proteínas (Pijoan, 2001).

Las cinco principales especies de insectos utilizadas en alimentos para animales son: mosca soldado negro, gusano de la harina, grillos, gusanos de mosca doméstica y

gusanos de seda. Según Makkar *et al.*, (2014), la harina de insectos podría reemplazar potencialmente entre el 25% y el 100% de la harina de soya o harina de pescado, en alimentación para animales. Esto se debe a que los niveles generales de los aminoácidos esenciales en las harinas de insectos son buenos; hasta el punto de que se reporta que la harina de pupas de gusano de seda y las larvas de mosca soldado negro, presentan contenidos más altos de estos aminoácidos con respecto a la harina de soya, proporcionado una composición de aminoácidos equilibrado, para la alimentación de animales de granja.

La pupa de gusano de seda presenta una materia seca del 90% y en este estado presenta los siguientes contenidos nutricionales (cuadro 3).

Cuadro 3. Composición nutricional de la harina de pupa (*Bombyx mori L.*)

| Análisis        | Unidad         | Valor |
|-----------------|----------------|-------|
| Materia seca    | % con alimento | 81,1  |
| Proteína cruda  | %MS            | 51,6  |
| Fibra cruda     | %MS            | 2,5   |
| Extracto etéreo | %MS            | 6,2   |
| Cenizas         | %MS            | 3,3   |
| Energía bruta   | MJ/kg MS       | 25,8  |
| Calcio          | g/kg MS        | 0,7   |
| Fósforo         | g/kg MS        | 1,9   |
| Magnesio        | g/kg MS        | 1,9   |
| Manganeso       | g/kg MS        | 9     |
| Zinc            | g/kg MS        | 79    |
| Cobre           | g/kg MS        | 2     |
| Hierro          | g/kg MS        | 262   |
| Arginina        | % proteína     | 4,4   |
| Cistina         | % proteína     | 0,5   |
| Lisina          | % proteína     | 6,5   |
| Metionina       | % proteína     | 2,3   |
| Treonina        | % proteína     | 4,8   |
| Triptófano      | % proteína     | 0,9   |

Fuente: Valdivié, 2016.

## 1.6 SECTOR AVÍCOLA

**1.6.1 Sector avícola nacional.** La avicultura hace parte del sector agropecuario y está constituida por las actividades de producción de huevos y carnes de aves. En Colombia esta actividad ha tenido un continuo crecimiento en los últimos años; en el año 2014 fue de 1.359.157 Tn, en el 2015 fue de 1.424.388 Tn, en el 2016 fue de 1.478.924 Tn y para el primer semestre del año 2017 la producción fue de 887.816 Tn (FENAVI, 2017), lo cual representó un crecimiento del 7,1% promedio anual, pasando de aportar el 7,0% de la producción total nacional de carnes de res, cerdo y pollo en 1961 al 50,4% en 2012 (Díaz, 2014). Esto permite vislumbrar el potencial de este sector en la economía colombiana, debido a que cada año presenta tasas de crecimiento positivas y se afianza más en el

mercado nacional, aunque en el año 2016, paso por difíciles condiciones, el sector avícola superó las expectativas proyectadas para ese año. En efecto, se proyectó en su momento una tasa de 2.7% y se llegó a un 4.4%, convirtiéndose en uno de los renglones con mayor contribución al crecimiento del sector agropecuario, dinámica que no estuvo ajena a factores críticos tanto a nivel interno como externo (FENAVI, 2017).

Según FENAVI (2017), la industria del pollo de engorde tuvo un crecimiento positivo para este año, estimando que, durante el primer trimestre del 2017, el sector avícola creció 5.2% en relación al mismo periodo del 2016, aumentando la producción de pollos en 6.3%, comparado con el año anterior, aunado a un consumo per cápita de 32.2 kilos, siendo la carne más consumida por los colombianos.

**1.6.2 Generalidades del pollo de engorde.** El pollo de engorde actual, es un animal mejorado para producir carne en poco tiempo; si se mantienen en condiciones óptimas es posible alcanzar pesos de 1,8 Kg a 2 Kg en 42 días de edad. Para lograr estas metas es necesario proveer un alojamiento adecuado con buena comida, agua de excelente calidad y un buen manejo sanitario (Ojeda, 2012).

**1.6.2.1 Líneas genéticas.** Son aquellas que se han creado a través de planes de selección y cruzamiento, con el fin, de obtener un ave con las características deseadas para la producción. Una línea es el conjunto de individuos descendientes de un selecto número de aves, y en las que se ha logrado fijar características propias que los diferencian de otros grupos o conjuntos similares (Jácome, 2014).

- **Características de la línea genética Ross.** El pollo de engorde Ross, debido al perfil de crecimiento con que se ha seleccionado, se caracteriza por tener una resistencia natural a las enfermedades metabólicas como Ascitis o Muerte súbita; esa rusticidad, lo lleva a producir eficientemente en diferentes tipos de clima. Este presenta rendimiento de producciones de 2.4 kg a los 42 días con una conversión alimenticia de 1.7 Kg de alimento por Kg de carne para lotes mixtos. Para un macho de 2.4 kg de peso vivo, el rendimiento que se obtiene después del sacrificio es del 70.92%; la hembra para ese mismo peso y mismas condiciones, rinde 70.57% de carne con relación al peso vivo (AVIAGEN, 2014).

Paz y Guzmán (2009), demuestran que los pollos de sexo macho en la etapa de finalización son más eficientes en términos de consumo de alimento con 2864 gr, ganancia de peso de 1595 gr y conversión alimenticia de 1,92 en un periodo de 42 días.

El pollo de engorde Ross, tiene un crecimiento muy rápido, una conversión alimenticia excepcional y un alto rendimiento en carne, por lo que satisface las necesidades de los productores que requieren versatilidad para producir toda una gama de productos. Estos pollos de engorde se han seleccionado por su vigorosidad, por sus piernas fuertes y gruesas y un desarrollado aparato cardiovascular (AVIAGEN, 2014).

- **Requerimientos nutricionales de la de línea Ross.** Los requerimientos nutricionales son un aspecto fundamental para la producción, el pollo de carne Ross tiene una gran capacidad de respuesta en términos de crecimiento, eficiencia alimenticia y rentabilidad, cuando las raciones están equilibradas con el objetivo de generar una ganancia adecuada de peso (AVIAGEN, 2010). En el cuadro 4, se enuncian, los requerimientos de acuerdo con la etapa productiva.

**Energía:** los pollos de carne requieren energía para el crecimiento de sus tejidos, para su mantenimiento y su actividad. Las fuentes de carbohidratos, como el maíz y el trigo, además de diversas grasas o aceites son la principal fuente de energía (AVIAGEN, 2010).

**Proteína:** las proteínas son compuestos complejos que el proceso digestivo degrada para generar aminoácidos, los cuales se absorben y ensamblan para constituir las proteínas corporales utilizadas en la construcción de tejidos como músculos, nervios, piel y plumas (AVIAGEN, 2010).

**Macrominerales:** el suministro de los niveles adecuados de los principales minerales es importante para los pollos de carne de alto rendimiento. Estos macrominerales son calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro; donde el calcio en la dieta influye en el crecimiento, la eficiencia alimenticia, el desarrollo óseo, la salud de las patas, el funcionamiento de los nervios y el sistema inmune. Niveles excesivos de estos minerales pueden hacer que aumente el consumo de agua y esto afecta adversamente la calidad de la cama (AVIAGEN, 2010).

**Minerales traza y vitaminas:** los minerales traza y las vitaminas son necesarios para todas las funciones metabólicas, donde los complementos apropiados de estos dependen de los ingredientes que se utilicen en la elaboración del concentrado (AVIAGEN, 2010).

**Agua:** es un ingrediente esencial para la vida. Cualquier reducción en el consumo de agua o el aumento en la pérdida de ésta, pueden tener un efecto significativo sobre el rendimiento total de los pollos. El agua que se administre a los pollos no debe contener niveles excesivos de minerales ni estar contaminada con bacterias que puedan causar enfermedades (AVIAGEN, 2010).

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales para pollos de la línea Ross

|                                |         | Inicial |         | Crecimiento |         | Final    |          |
|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|----------|----------|
|                                |         | Machos  | Hembras | Machos      | Hembras | Machos   | Hembras  |
| Edad                           | días    | 0-10    | 0-10    | 11-28       | 11-28   | 29-final | 29-final |
| Proteína Bruta                 | %       | 22-24   | 22-24   | 20-22       | 20-22   | 18-20    | 17-19    |
| energía Metab. Pollito         | kcal/kg | 2845    | 2845    | 2845        | 2990    | 3060     | 3060     |
| Energía Metab. Adulto          | kcal/kg | 3010    | 3010    | 3175        | 3175    | 3225     | 3225     |
| <b>AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES</b> |         |         |         |             |         |          |          |
| Arginina                       | %       | 1,29    | 1,29    | 1,19        | 1,19    | 1,01     | 0,97     |

Cuadro 4. (Continuación)

|                                |      | Inicial |         | Crecimiento |         | Final    |          |
|--------------------------------|------|---------|---------|-------------|---------|----------|----------|
|                                |      | Machos  | Hembras | Machos      | Hembras | Machos   | Hembras  |
| Edad                           | días | 0-10    | 0-10    | 11-28       | 11-28   | 29-final | 29-final |
| <b>AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES</b> |      |         |         |             |         |          |          |
| Isoleucina                     | %    | 0,79    | 0,79    | 0,72        | 0,72    | 0,62     | 0,59     |
| Lisina                         | %    | 1,16    | 1,16    | 1,05        | 1,05    | 0,88     | 0,84     |
| Metionina                      | %    | 0,44    | 0,44    | 0,42        | 0,42    | 0,37     | 0,35     |
| Metionina + Cistina            | %    | 0,81    | 0,81    | 0,78        | 0,78    | 0,69     | 0,66     |
| Treonina                       | %    | 0,73    | 0,73    | 0,68        | 0,68    | 0,59     | 0,56     |
| Triptófano                     | %    | 0,21    | 0,21    | 0,18        | 0,18    | 0,16     | 0,15     |
| <b>MINERALES</b>               |      |         |         |             |         |          |          |
| Calcio                         | %    | 1,00    | 1,00    | 0,90        | 0,90    | 0,85     | 0,85     |
| Fósforo Disponible             | %    | 0,5     | 0,5     | 0,45        | 0,45    | 0,42     | 0,42     |
| Sodio                          | %    | 0,16    | 0,16    | 0,16        | 0,16    | 0,16     | 0,16     |
| Potasio                        | %    | 0,40    | 0,40    | 0,40        | 0,40    | 0,40     | 0,40     |
| <b>ESPECIFICACIÓN MÍNIMA</b>   |      |         |         |             |         |          |          |
| Colina por kg                  | mg   | 1800    | 1800    | 1600        | 1600    | 1400     | 1400     |
| Ácido linoleico                | %    | 1,25    | 1,25    | 1,20        | 1,20    | 1,00     | 1,00     |

Fuente: AVIAGEN, 2002, citado por Yepes, 2007.

## 1.7 ANTECEDENTES DE USO

En la actualidad la morera se ha convertido en una especie conocida y utilizada en los países por los campesinos y es de gran aceptación, sobre todo para la alimentación de especies menores y ganadería, pero en cuanto harina de pupa el reporte de usos son pocos los estudios reportados del uso de la harina de pupa en alimentación de pollos de engorde. Al respecto, se citan los siguientes:

Oratai (2011) evaluó el rendimiento en la producción de pollos de engorde, alimentados con gusano de seda (*Bombyx mori L.*), utilizando cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno, donde: (T1: 10% de harina de pescado y 0% harina de pupa de gusano de seda), (T2: 10% de pupa de gusano de seda y 0% de harina de pescado), (T3: 20% de pupa de gusano de seda, y 0% de harina de pescado), (T4: 5% de harina pupa de gusano de seda más 5% de pupa de gusano de la industria), (T5: 10% de pupa de gusano de seda más 10% de pupa de gusano de seda de la industria); en el cual los tratamientos T1 y T4 obtuvieron la mayor ganancia de peso diario, como también los pollos de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron los que consumieron más alimento, con respecto al tratamiento T1.

Por otra parte, Sheikh *et al.*, (2005), evaluaron el efecto del consumo de pupas de gusano de seda, en las características de la canal de los pollos de engorde, donde reemplazaron la harina de pescado por harina de pupa. La harina de pescado se usó a un nivel del 5% en la dieta de pollos de engorde y fue reemplazada por harina de pupa, donde: (T0: 0% de harina de pupa), (T1: 50% de harina de pupa) y (T2: 100% de harina de pupa), y los



rendimientos productivos fueron estudiados hasta la semana 7. Se concluyó, que la harina de pescado en la dieta de pollos de engorde podría reemplazarse completamente con harina de pupa de gusano de seda sin mostrar ningún efecto adverso.

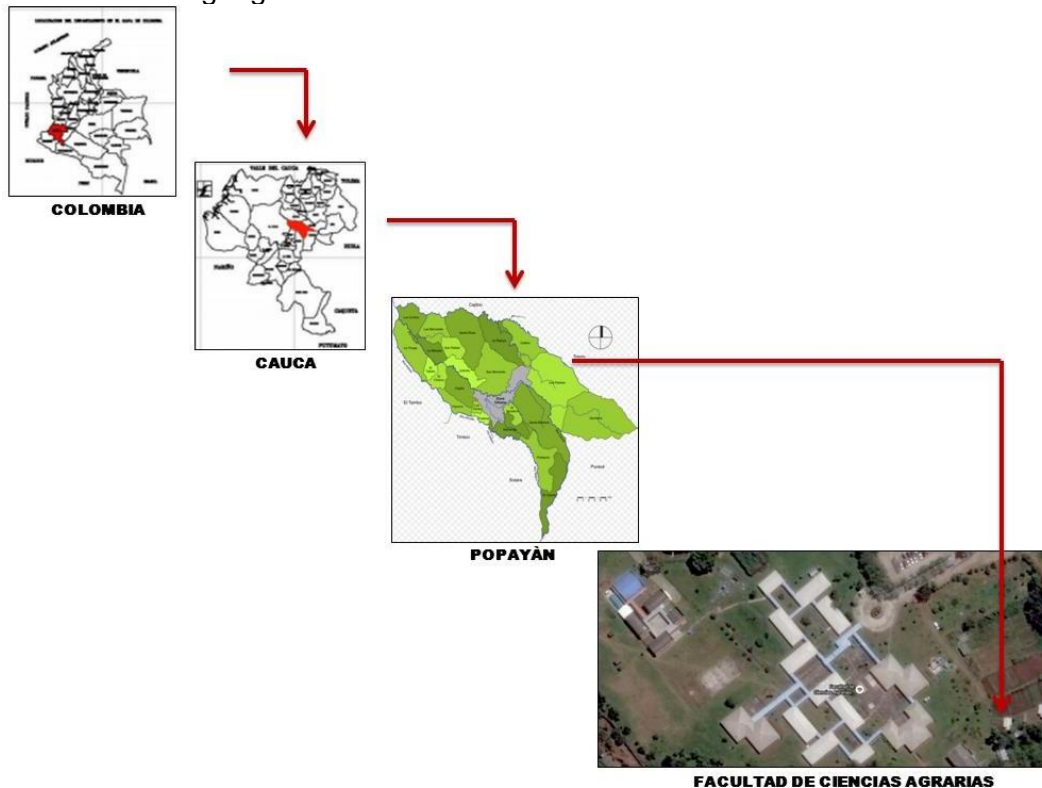
Finalmente, Sapkota *et al.*, (2003), analizaron el efecto de la suplementación con gusanos de seda, sobre el rendimiento de los pollos de engorde, para el cual se estudiaron las consecuencias de reemplazar la harina de pescado por harina de pupa de gusano de seda en el rendimiento de los pollos. La harina de pescado que se usó al nivel del 5%, fue reemplazada por harina de pupa, donde los tratamientos estuvieron distribuidos de la siguiente manera: (T0: 0% de harina de pupa), (T1: 50% de harina de pupa) y (T2: 100% de harina de pupa), y los rendimientos productivos fueron estudiados hasta la séptima semana. Su investigación arrojó que no hubo ningún efecto adverso sobre el aumento de peso corporal; también encontraron que el consumo promedio de alimento fue más bajo y la eficiencia alimenticia mejor en el T1, concluyendo que la harina de pescado podría reemplazarse completamente con harina de pupa de gusano de seda sin mostrar ningún efecto adverso.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias, propiedad de la Universidad del Cauca, ubicada en el departamento del Cauca, municipio de Popayán, vereda las Guacas, con coordenadas geográficas de 2° 29' latitud Norte, 76° 33' longitud Este, a una altitud de 1900 msnm, temperatura de 18°C, precipitación promedio anual de 2000mm, humedad 80 - 90% (Estación meteorológica Guillermo León Valencia - 2603503).

Figura 3. Ubicación geográfica



Fuente: IGAC, 2012.

### 2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Se utilizó un galpón de 30m<sup>2</sup>, sobre piso y paredes en cemento y techo en tejas de fibrocemento; dividido en 16 compartimentos de 0,5 m<sup>2</sup>, con capacidad para cinco pollos cada uno. Las divisiones del galpón se hicieron con malla en polietileno de alta densidad para galpón; donde cada compartimento estuvo condicionado con un comedero lineal, un bebedero manual y una cama de viruta de madera.

## 2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

Animales experimentales. Para la investigación se trabajó con 80 pollos machos de la línea Ross de 21 días de edad, los cuales llegaron vacunados contra Mareck y Gumboro y contaban con características físicas y de sanidad acordes a la etapa productiva.

**2.3.1 Alimentación.** Obtención de la harina de pupa. Para la obtención de la materia prima necesaria (harina de pupa), para las dietas de cada tratamiento, se sometieron las pupas parcialmente devanadas (proceso de obtención de seda del capullo), a cocción en agua, a una temperatura de 90°C, a la cual se le adiciono bicarbonato de sodio por un lapso de 45 minutos para liberar la pupa; posteriormente, se retiraron las pupas del forro de seda sobrante y se procedió al secado utilizando un horno deshidratador de alimentos con flujo de aire horizontal diseñado para tal fin a una temperatura de 65° C, proceso que duró entre 4 a 5 horas, con lo que se obtuvo pupas con 8 a máximo 10% de humedad, finalmente se procedió a la molienda y obtención de la harina (Figura 4).

Figura 4. Elaboración de harina de pupa. A) Cocción; B) Retiro de pupa; C) Secado; D) Molienda y empackado



La harina de pupa se sometió a un análisis proximal y aminograma, para lo cual se envió una muestra de 150 gramos de harina de pupa, a un laboratorio especializado (Quantar S.A.S) en análisis y calidad de alimentos, para determinar el porcentaje de proteína cruda y el perfil de aminoácidos completo por HPLC.

**2.3.2 Dietas balanceadas.** Las dietas manejadas en el ensayo se elaboraron teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de los pollos de engorde en la etapa de finalización, haciendo uso de una hoja de cálculo de Excel, donde se especifica las

materias primas utilizadas y los requerimientos nutricionales de esta etapa (Anexo A, B, C). Las dietas a evaluar fueron balanceadas isoprotéica e isoenergicamente, tratando de que las materias primas complementarias diferente a la harina de pupa, tuviesen un nivel de inclusión muy similar en cada tratamiento.

En el cuadro 5, se muestra el balance (expresado en porcentaje) de las materias primas empleadas en cada tratamiento (T2 T3 y T4), en el tratamiento control (T1) se empleó concentrado comercial Brolier I de la casa comercial Solla.

Cuadro 5. Porcentaje de materias primas utilizadas para cada tratamiento

| Materia prima  | Porcentaje (%) |     |     |
|----------------|----------------|-----|-----|
|                | T2             | T3  | T4  |
| Harina pescado | 5              | 0   | 0   |
| Harina de pupa | 5              | 10  | 15  |
| Torta de soya  | 19             | 20  | 16  |
| Harina de maíz | 62             | 62  | 57  |
| Trigo mogolla  | 3              | 3   | 4   |
| Melaza         | 2              | 1,3 | 2   |
| Fosfato        | 0,6            | 0,7 | 1,3 |
| Carbonato      | 0,2            | 1,5 | 0,3 |
| Bentonita      | 0,2            | 0,3 | 2,5 |
| PMV            | 0,2            | 0,3 | 0,7 |
| Sal            | 0,3            | 0,2 | 0,2 |
| Aceite         | 2,5            | 0,7 | 1   |

El proceso de elaboración de las dietas evaluadas (T2, T3, T4) se indica en la figura 5, el cual se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

Figura 5. Proceso de la elaboración de las dietas. A) Materias primas, B) Pesaje, C) Mezcla, D) Peletizado, E) Secado, F) Molienda y empackado



## 2.4 ETAPA EXPERIMENTAL

El ensayo abarcó tres semanas (21 días), donde la primera semana (7 días) se destinó al periodo de acostumbramiento a las distintas dietas alimenticias, con el objetivo de ajustar el metabolismo y el aparato digestivo de las aves al nuevo alimento, así que únicamente se evaluaron las dos últimas semanas, correspondientes a la etapa de finalización, la cual se caracteriza por tener un mayor consumo de alimento y mayores ganancias diarias de peso. Este periodo va desde el día 28 de vida hasta el sacrificio (42 días) (Solla, 2015).

**2.4.1 Manejo del ensayo.** Se realizaron las siguientes actividades:

**Adecuación del galpón:** para llevar a cabo este proceso, se dispuso de los 15 días previos a la llegada de los animales, en los cuales se realizaron actividades de limpieza y desinfección de las instalaciones; para ello se implementó el siguiente protocolo:

**Lavado:** este se realizó con agua a presión, con el fin de lograr que las partículas más pequeñas fueran eliminadas.

**Desinfección química:** se emplearon productos tales como: detergente ácido y alcalino en proporciones de 1:160 respectivamente, posteriormente yodo en una proporción de 200cc/20 litros de agua, cada uno se aplicó con un lapso de 24 horas, seguido a ello se realizó el proceso de encalado (20Kg bulto de cal viva/100 litros de agua).

**Desinfección física:** se realizó el proceso de flameado, este con el propósito de eliminar posibles agentes que pueden llegar a generar problemas sanitarios a lo largo de la investigación.

**Adecuación área experimental:** esta actividad se desarrolló de la siguiente manera: construcción de las divisiones sobre las medidas anteriormente mencionadas, para la cual se hizo uso de bastidores de madera y malla plástica, seguido a esto se realizó el ensamble de las mismas; se continuó con la instalación eléctrica y de 8 bombillos de luz amarilla a lo largo de los dos pasillos entre las divisiones con el fin de aportar calor en los días en los cuales se reportaron bajas temperaturas; finalmente se llevó a cabo el montaje interno y externo de cortinas (Figura 6).

**Recepción de pollos:** los pollos se recibieron de 21 días de edad, en el momento del recibimiento se llevó a cabo un pesaje individual y evaluación en términos de su apariencia general, lo que permitió evidenciar unas condiciones físicas acordes a la semana de producción y sin presencia de malformaciones y secreciones. Seguido a esto, se distribuyeron cinco pollos con pesajes similares por cada división o tratamiento.

Figura 6. Adecuación del galpón. A) Construcción de divisiones; B) Ensamble de divisiones; C) Instalación eléctrica; D) Montaje de cortinas



Suministro de alimento y agua: el alimento diario correspondiente a la etapa de finalización se repartió en tres suministros diarios; el primero a las 7:00 a.m, segundo a las 11:00 a.m y el tercero en la tarde a las 4:00 p.m. La cantidad suministrada se estableció de acuerdo con la tabla de consumo comercial (Anexo D), los residuos de alimento se recogieron y se pesaron al día siguiente antes del primer suministro, para determinar el consumo real por parte de los animales evaluados. El suministro de agua fue a voluntad, utilizando para ello agua apta para consumo humano, acondicionada los primeros tres días con una pastilla de Aquatabs por cada 20 lts de agua, con el fin de eliminar microorganismos nocivos.

Pesaje de animales. Este procedimiento, inicio a partir del día de recepción de los pollos, continuando una vez por semana (cada siete días) antes del primer suministro de alimento, lo que permitió determinar la ganancia de peso y conversión alimenticia de los animales evaluados de acuerdo con cada dieta suministrada. Para ello se utilizó una balanza digital modelo Scout Pro SP6001 con precisión a 0,1gr (Figura 7).

Figura 7. Pesaje y registro de datos

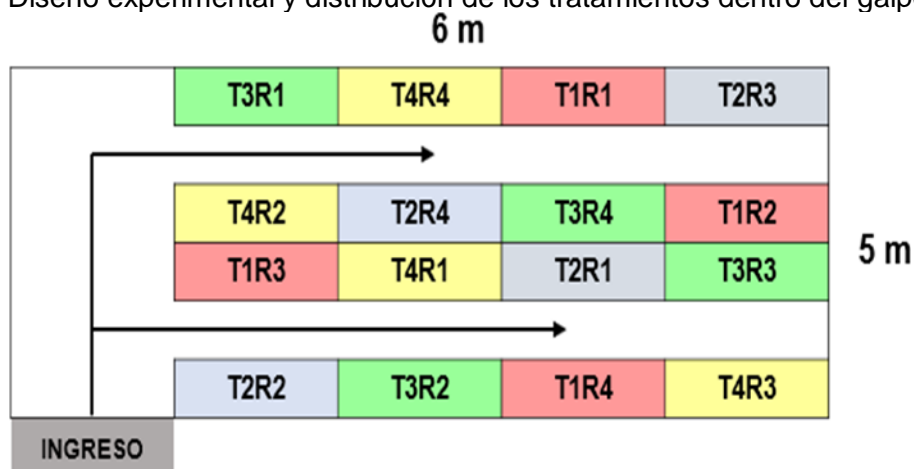


Los datos obtenidos sobre la cantidad de suministro de alimento y pesaje de animales fueron reportados en registros durante todo el periodo de evaluación, con el fin de realizar posteriormente el análisis de datos.

**2.4.2 Diseño experimental.** Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y cinco unidades experimentales por repetición, para un total de 80 pollos machos de la línea Ross (Cuadro 6); la distribución de las repeticiones dentro del galpón se hizo al azar. La diferencia de tratamientos se basa en los niveles de inclusión de la harina de pupa *Bombyx mori* L., los cuales se detallan a continuación:

- T1 = 100% Concentrado comercial
- T2 = 5% Inclusión de Harina de pupa *Bombyx mori* L.
- T3 = 10% Inclusión de Harina de pupa *Bombyx mori* L.
- T4 = 15% Inclusión de Harina de pupa *Bombyx mori* L.

Cuadro 6. Diseño experimental y distribución de los tratamientos dentro del galpón



Una vez obtenidos los datos de cada variable evaluada, se sometieron a un análisis de varianza, utilizando para ello, el programa estadístico informático, Statistical Package for the Social Sciences, SPSS.

**2.4.3 Variables de repuesta.** Las variables utilizadas para determinar el desempeño productivo del lote fueron:

Consumo de alimento: se registró el consumo diario de alimento al igual que el rechazado en cada tratamiento, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento rechazado}$$

Ganancia de peso: se determinó semanalmente pesando todo el lote, discriminando por tratamiento. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

Conversión alimenticia: esta es una medida de la productividad de los animales, la cual se define como la relación entre el alimento que consume con el peso que gana. Su determinación se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento (g/ave)}}{\text{Peso promedio (g/ave)}}$$

Rendimiento en canal: para calcular esta variable se requirió que el ave estuviera en estado de faenado y eviscerado y se realizó por medio del registro de su peso final.

Eficiencia alimenticia: indica la potencia del alimento para producir carne a partir de la genética disponible. Para ello se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia alimenticia} = \frac{\text{Peso promedio}}{\text{Conversión}}$$

Mortalidad: permitió registrar y calcular el porcentaje de mortalidad que presentó durante el ensayo en la etapa productiva evaluada.

$$\text{Mortalidad} = \sum \text{animales muertos} * 100\%$$

## 2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para determinar el comportamiento de cada tratamiento en términos de su desempeño productivo y económico, se utilizó el método de presupuestos parciales, el cual permitió interpretar los resultados obtenidos, comparando el tratamiento control con los demás y determinar su viabilidad en términos de costo beneficio (Campo *et al.*, 2017), para lo cual se consideraron los siguientes conceptos:

**2.5.1 Costos variables.** Se calculó mediante la sumatoria del concepto del precio del kg del concentrado experimental, por la cantidad consumida y el concepto del precio del kg del concentrado comercial utilizado por la cantidad consumida.

Beneficio bruto de campo: equivale al kg de carne producida durante el experimento, multiplicado por el precio promedio de kg de carne al momento del análisis (\$/kg carne).



Beneficio neto de campo: se constituyó en la diferencia entre el valor del beneficio bruto de campo y el valor de los costos variables (\$/Kg carne).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARINA DE PUPA DE GUSANO DE SEDA (*Bombyx mori* L.)

**3.1.1 Análisis proximal.** En el cuadro 7 se reportan los resultados obtenidos del análisis proximal de la harina de pupa de gusano de seda *Bombyx mori* L., el cual fue realizado por el laboratorio BICAMSA, perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación, de la Universidad del Cauca.

Cuadro 7. Análisis proximal de la harina de pupa (*Bombyx mori* L.)

| Parámetro       | BICAMSA | Gilbert, (2013) | Makkaret al., (2014) | Valdivié, (2016) |
|-----------------|---------|-----------------|----------------------|------------------|
| Materia seca    | 85,3    |                 | 70,6%                | 81,10%           |
| Proteína cruda  | 49,79   | 50%             | 51,60%               | 51,60%           |
| Extracto etéreo | 37,53   | 26%             | 37,10%               | 37,10%           |
| Fibra cruda     | 2,43    | No reporta      | 2,50%                | 2,50%            |

Fuente: Laboratorio BICAMSA, 2015; Gilbert, 2013; Makkar *et al.*, 2014; Valdivié, 2016.

Según el cuadro 7, el resultado del análisis proximal de la harina de pupa (*Bombyx mori*), realizado para esta investigación, presentan valores similares de proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, con respecto a los obtenidos por Gilbert (2013), Makkar *et al.* (2014), Valdivié (2016), con la excepción de (Gilbert, 2013), quien reporta un valor de extracto etéreo (26%), que está por debajo del encontrado en esta investigación. Estos valores permiten inferir el potencial nutricional de esta materia prima, al combinar proteína cruda, más un nivel energético importante, representado en el extracto etéreo.

**3.1.2 Aminograma.** Como elemento complementario al análisis proximal, se determinó el perfil de aminoácidos completo de la harina de pupa, lo que permitió efectuar un ajuste más preciso, para cada uno de los balances nutricionales. En el cuadro 8, se reportan los resultados obtenidos del aminograma.

Cuadro 8. Perfil de aminoácidos en porcentaje de la harina de pupa (*Bombyx mori* L.)

| Aminoácidos  | %     |
|--------------|-------|
| Serina       | 13,58 |
| Aspártico    | 2,95  |
| A. glutámico | 11,79 |
| Glicina      | 4,72  |
| Histidina    | 3,73  |
| Treonina     | 2,95  |
| Arginina     | 8,64  |
| Alanina      | 5,30  |
| Prolina      | 4,52  |
| Tirosina     | 6,29  |

Cuadro 8. (Continuación)

| Aminoácidos  | %    |
|--------------|------|
| Valina       | 5,50 |
| Metionina    | 3,54 |
| Lisina       | 8,25 |
| Isoleucina   | 4,52 |
| Leucina      | 8,84 |
| Fenilalanina | 4,91 |
| Triptófano   | 0,00 |

Fuente: Laboratorio QUANTAR S.A.S, 2016.

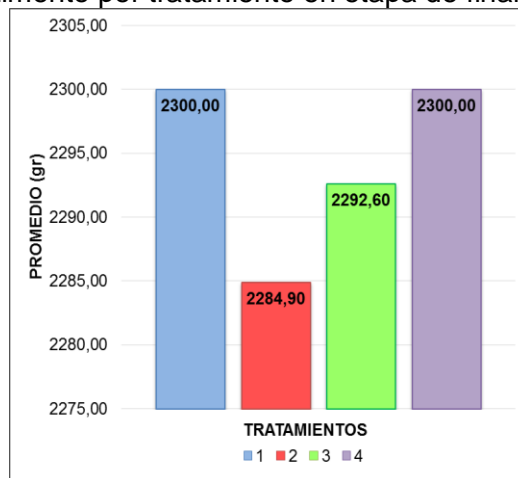
En el cuadro 8, se observa que los aminoácidos de mayor importancia (metionina, lisina y treonina) en la elaboración de raciones para pollos de engorde en etapa de finalización, son inferiores a los reportados por (Valdivié, 2016), donde reportan valores de 4,6 y 4,8%, para metionina y treonina respectivamente y superior con respecto a lisina 7,5%. Por otra parte, se denota la ausencia de triptófano en esta muestra, lo cual coincide con lo reportado por Rodríguez *et al.* (2016), quienes al analizar los contenidos de aminoácidos en pupas y larvas de *Bombyx mori L.*, no encontraron presencia de triptófano.

Los anteriores aminoácidos son limitantes en la alimentación para aves debido a que fisiológicamente son esenciales para el mantenimiento, crecimiento y síntesis de proteína muscular, la cual es su función principal (Sá *et al.*, 2012).

### 3.2 ANÁLISIS VARIABLES DE RESPUESTA

**3.2.1 Consumo de alimento.** Al realizar el análisis de varianza para esta variable, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), entre tratamientos (Figura 8). Los consumos se ajustaron de acuerdo con la tabla de manejo de alimentación, propuesta por la casa comercial Solla S.A. (Anexo D).

Figura 8. Consumo de alimento por tratamiento en etapa de finalización



En términos de esta variable, según Oratai (2011), reporta que la crisálida del gusano de seda contiene mucha quitina, que puede causar baja digestibilidad y por ende generar un mayor consumo de alimento, para cumplir con el requerimiento de energía. Bajo esta premisa, se observa que al no existir diferencias estadísticas en consumo de alimento, se puede evidenciar, que los valores de quitina presentes en la harina no afectaron estadísticamente esta variable. En efecto, Grisales y López (2017), identificaron porcentajes de quitina de 5.49 y de 2.47%, para la harina y pupa en base seca respectivamente.

Por otra parte SIAQ (2014), indica que la quitina se presenta de dos clases, una obtenida de insectos y otra de calamares, donde la de los insectos presenta mejor digestibilidad con respecto a la otra debido a que mediante procesos de hidrólisis tiene mayor facilidad para romper los enlaces y aprovechar de una mejor manera los otros aminoácidos.

De igual forma, Rodríguez *et al.* (2016) estudiaron en detalle la composición nutricional de la larva y de la pupa de gusano de seda, reportando una digestibilidad de 79.46% para la proteína de la pupa en rumiantes y especies menores, lo que denota que los niveles de quitina y los demás constituyentes de esta materia prima, generan un aporte nutricional importante y que su digestibilidad se asemeja a las materias primas de origen animal como la harina de pescado, que habitualmente se utilizan en balances para especies menores.

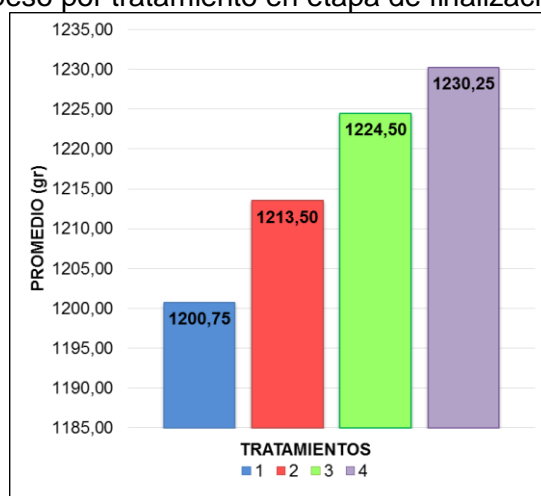
Cabe resaltar que la calidad de la harina de pescado varía en función del origen, procesamiento y almacenamiento, entre otros. Esto afecta su digestibilidad que en promedio oscila en 78.55%, por lo que los valores de esta materia prima, aun en una misma especie, pueden tener grandes fluctuaciones (Gutiérrez *et al.*, 2010).

Por otra parte, el consumo de alimento en pollos de engorde se ve influenciado por muchos factores como, el apetito del animal (Quishpe, 2006); aspectos visuales y de tamaño de partícula, consumo y disponibilidad de agua (Gernat, 2006), factores de ambiente dentro del galpón, (Muñoz *et al.*, 2015), (Estrada y Márquez, 2005). Todos estos factores fueron controlados, con las distintas maniobras de manejo zootécnico, lo que permitió que esta variable no se viera afectada. Otra causa que pudo intervenir en el consumo de alimento es la cantidad de cada materia prima utilizadas en el balance de las dietas con respecto al T4 que presentó igual consumo que el T1.

**3.2.2 Ganancia de peso.** Con relación a esta variable, el análisis de varianza no reporta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados (Figura 9).

Según reportes literarios, el rendimiento óptimo en la etapa de finalización de los pollos de la línea Ross, es de 1351 gramos de peso promedio. Con respecto a lo obtenido en esta investigación, se encuentra que el peso obtenido en esta etapa estuvo entre 120 y 150 gramos, por debajo con respecto a las tablas de manejo (AVIAGEN, 2014).

Figura 9. Ganancia de peso por tratamiento en etapa de finalización



Por otra parte, Sá *et al.*, (2012), menciona que los aminoácidos limitantes se pueden definir como aquellos, que están presentes en el alimento, en una concentración menor a la exigida por los animales para desarrollar su potencial productivo y siendo en pollos de engorde la metionina, lisina, treonina y valina como los cuatro primeros aminoácidos limitantes en orden de importancia, seguidos de isoleucina, arginina y triptófano. Al no presentarse diferencias estadísticas en esta variable, se puede evidenciar que dichos aminoácidos fueron suplidos por la dieta, en especial recalcando que las materias primas de origen animal (harina de pescado y harina de pupa) usadas en los balances de esta investigación, hicieron un aporte importante de estos nutrientes.

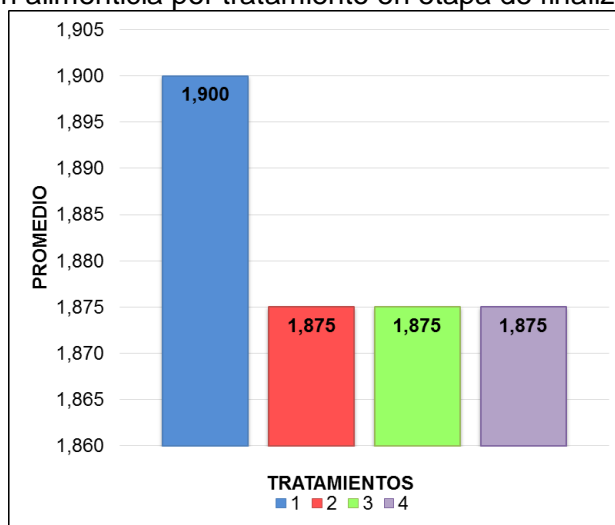
Siendo el triptófano un aminoácido esencial en la dieta de pollos de engorde y al no estar este reportado en el aminograma de la harina de pupa de gusano de seda, se demuestra que este fue suplido con las otras materias primas incluidas en el balance de cada dieta, por lo que no se presentaron diferencias estadísticas con respecto al tratamiento control.

En los aminogramas de las harinas de pupa y pescado (Anexo E), se observa que la harina de pupa se caracteriza por tener valores de 3,54 y 8,25%, de metionina y lisina respectivamente, que son superiores a lo reportado para la harina de pescado, con niveles de 1,6 y 4,3% para los mismos aminoácidos respectivamente.

Desde este punto de vista, vale la pena analizar que los tratamientos T3 y T4, con 10 y 15% de inclusión de harina de pupa, no se les adicionó harina de pescado, lo que permite evidenciar que la harina de pupa puede suplir con estos niveles de inclusión, las necesidades de estos aminoácidos.

**3.2.3 Conversión alimenticia.** Para esta variable, el análisis de varianza permite evidenciar que no existieron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos (Figura 10).

Figura 10. Conversión alimenticia por tratamiento en etapa de finalización



El pollo de engorde Ross es particularmente capaz de responder a los niveles de aminoácidos digestibles de la ración de manera muy eficiente, en términos de crecimiento y conversión alimenticia, cuando recibe los niveles recomendados en las especificaciones nutricionales para el pollo de engorde (AVIAGEN, 2009).

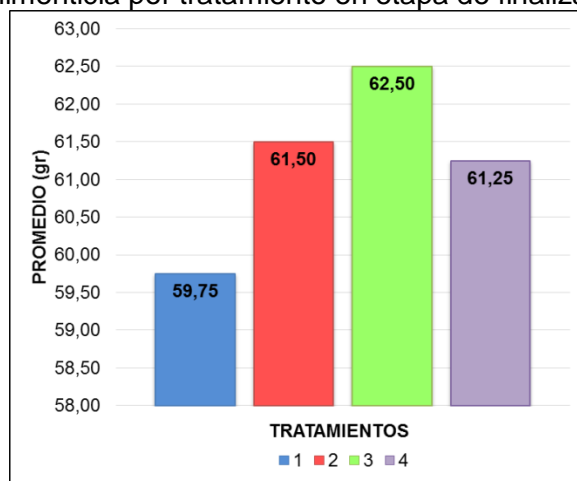
Según la tabla de manejo convencional (AVIAGEN, 2014), la conversión alimenticia en pollos de la línea Ross a los 42 días de edad es de 1,7. En esta investigación la conversión alimenticia estuvo por encima, con un valor de 1,87 con respecto al indicado en la tabla de manejo. Cabe resaltar que los datos de tabla son bajo condiciones muy exigentes de manejo, lo que permite que las aves expresen al máximo su potencial genético.

De igual forma, (Oratai, 2011), reporta que el reemplazo de la harina de pescado con crisálida de gusano de seda al 10%, en uno de sus tratamientos, presenta una conversión alimenticia de 1,87, la cual es igual a la obtenida en esta investigación, cuando se hizo uso del mismo porcentaje de inclusión en esta etapa productiva.

De igual forma, (Roa, 2017), menciona que los pollos pueden convertir el alimento en carne muy eficientemente, y que alcanzan valores de 1.80 a 1.90, presentando similitud con los valores obtenidos en esta investigación; también (Paz y Guzmán, 2009) reportan una conversión alimenticia de 1,92 y (Gonzales, 2010) reporta que la conversión alimenticia es buena cuando es <2,0.

**3.2.4 Eficiencia alimenticia.** El análisis de varianza para esta variable reporta que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los resultados obtenidos, se muestran en la Figura 11.

Figura 11. Eficiencia alimenticia por tratamiento en etapa de finalización

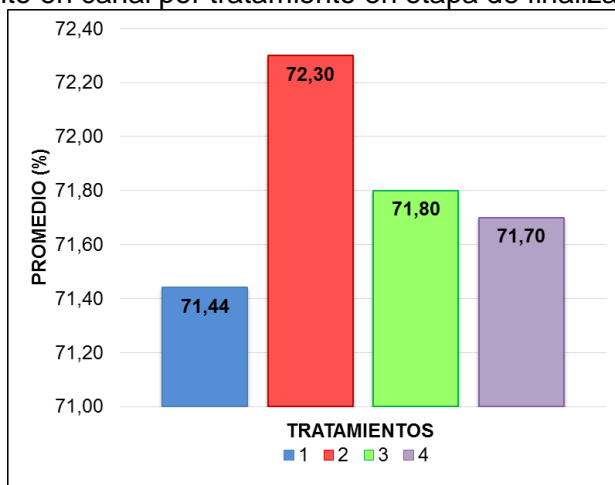


La eficiencia alimenticia, es un parámetro productivo que permite correlacionar el comportamiento del peso obtenido, con relación al consumo de alimento. Cabe resaltar que en este aspecto (Acosta, 2004) encontró una eficiencia alimenticia para la línea Ross de 55,13, (Torres, 2005) de 52,0 cuando evaluaron el comportamiento productivo de líneas comerciales de pollos de engorda Ross, y Cobb haciendo uso de alimento comercial, parámetros que están muy por debajo de esta investigación.

Sapcota *et al.*, (2003), reportan que la eficiencia alimenticia es mejor cuando el porcentaje de inclusión de la harina de pupa es del 50%, justificando que la harina de pupa de gusanos de seda se puede utilizar sin mostrar ningún efecto adverso, en este parámetro.

**3.2.5 Rendimiento en canal.** El análisis de varianza para esta variable no obtuvo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) (Figura 12).

Figura 12. Rendimiento en canal por tratamiento en etapa de finalización



El rendimiento en canal se determina por el peso del pollo una vez haya sido sacrificado y eviscerado. En esta investigación, se obtuvo un rendimiento del 71,8% promedio en canal para todo el lote, donde este valor es similar al reportado por (Acosta, 2004) con 70,29%, (Torres, 2005) con 72,26%, (Cerrato, 2006) con 69,25% a 70,08% y (AVIAGEN, 2014) con 70,92%, en investigaciones realizadas con pollos de la línea Ross.

Por otra parte, según Sheikh *et al.*, (2005), la harina de pescado en la dieta de pollos de engorde, podría reemplazarse completamente con harina de pupa de gusanos de seda, sin mostrar ningún efecto adverso, cuando el nivel de inclusión es del 5%.

De igual forma, (AVIAGEN, 2009) menciona que las raciones se deben formular para aportar el balance correcto de energía, proteína y aminoácidos, minerales, vitaminas y ácidos grasos esenciales, para permitir el crecimiento y rendimiento óptimo; demostrando que niveles superiores de aminoácidos digestibles mejoran la rentabilidad al aumentar el desempeño y el rendimiento en canal de estas aves, elemento que se evidencio en esta investigación, acorde a los parámetros obtenidos.

### 3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para llevar a cabo este análisis económico se hizo uso del método de presupuestos parciales, el cual permite diferenciar el tratamiento control de los demás tratamientos, para lograr determinar en términos económicos su viabilidad (Campo *et al.*, 2017).

**3.3.1 Costos variables.** Estos hacen referencia a los costos de producción, los cuales varían dependiendo del nivel de producción, como también de las materias primas utilizadas. Para determinar este costo es necesario determinar el valor del concentrado por Kg de cada dieta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Costo variable por tratamiento

| Ítem | Valor concentrado kg | Kilos consumidos | Total     |
|------|----------------------|------------------|-----------|
| T1   | \$ 1.550             | 48               | \$ 74.400 |
| T2   | \$ 1.374             | 48               | \$ 65.952 |
| T3   | \$ 1.392             | 48               | \$ 66.816 |
| T4   | \$ 1.408             | 48               | \$ 67.584 |

Se observa en el anterior cuadro, que el T1 presenta mayor valor con respecto a los demás tratamientos, el cual corresponde al concentrado comercial. Con respecto a los tres tratamientos elaborados (T2, T3, T4), se identifica que el valor del concentrado aumenta de acuerdo al porcentaje de inclusión de la harina de pupa *Bombyx mori L.*, siendo el T4 el tratamiento que contiene mayor nivel de inclusión (15%) de la harina de pupa *Bombyx mori L.* Para este análisis se tomó un valor de kilo de harina de pupa de \$2650.



**3.3.2 Beneficio bruto de campo.** Corresponde al valor total de las ventas; para esta investigación este valor depende del costo de la carne (Kg) por los kilos de carne producidos.

Cuadro 10. Beneficio bruto de campo

| Ítem | Valor kg carne | Kilos de carne | Beneficio bruto de campo | Diferencia % |
|------|----------------|----------------|--------------------------|--------------|
| T1   | \$ 6.400       | 35,1           | \$ 224.640               | 0            |
| T2   | \$ 6.400       | 36,6           | \$ 234.240               | -4,27        |
| T3   | \$ 6.400       | 35,9           | \$ 229.440               | -2,13        |
| T4   | \$ 6.400       | 36,4           | \$ 232.640               | -3,56        |

En el cuadro 10, se evidencia que el valor de la carne (Kg) fue el mismo para todos los tratamientos, pero el beneficio bruto de campo vario porque los kilos de carne producidos fueron diferentes en cada tratamiento, siendo el T2 el que presentó diferencia a favor, con respecto a los demás tratamientos.

**3.3.3 Beneficio neto de campo.** Hace referencia al beneficio bruto de campo menos el costo variable en un momento determinado.

Cuadro 11. Beneficio neto de campo

| Ítem | Beneficio bruto de campo | Costo variable | Beneficio neto | Porcentaje (%) |
|------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
| T1   | \$ 224.640               | \$ 74.400      | \$ 150.240     | 100            |
| T2   | \$ 234.240               | \$ 65.952      | \$ 168.288     | 112            |
| T3   | \$ 229.440               | \$ 66.816      | \$ 162.624     | 108,2          |
| T4   | \$ 232.640               | \$ 67.584      | \$ 165.056     | 109,8          |

Con respecto a este ítem (Cuadro 11), se observa que el T2 (\$168.288), presenta el mejor beneficio neto de campo, con respecto a los demás tratamientos, dado que obtuvo mayor cantidad de kilos de carne, puestos en mercado (Beneficio bruto de campo) y los costos variables fueron los más bajos, por su menor inclusión de harina de pupa.

Los tratamientos T3 y T4 presentan también un beneficio neto mayor con respecto al tratamiento control (T1), con 8.2 y 9.8%, respectivamente, esto indica que las dietas elaboradas independientemente del nivel de inclusión de la harina de pupa presentan mayor beneficio neto, hasta un 15% de inclusión de harina de pupa.

#### 4. CONCLUSIONES

La harina de pupa, es una fuente potencial de uso en la alimentación de pollos de engorde, dado que combina altos valores de proteína cruda, (49,79%) con niveles importantes de energía, expresados en extracto etéreo (37,53%).

La harina de pupa de gusano de seda (*Bombyx mori L.*), con niveles de inclusión del 5, 10 y 15%, puede ser utilizada en la alimentación de pollos de engorde en la etapa de finalización, dado que no se alteran los parámetros productivos.

La harina de pescado como fuente proteica de origen animal, puede ser remplazada total o parcialmente en porcentajes de 10 y 15% de inclusión, por la harina de pupa de gusano de seda (*Bombyx mori L.*) debido a su composición nutricional, sin que se afecten los parámetros productivos de los pollos de engorde, en etapa de finalización.

La harina de pupa de gusano de seda (*Bombyx mori L.*), es una alternativa viable en la alimentación de pollos de engorde, dado que los valores de proteína cruda, extracto etéreo, lisina y metionina presentes, pueden satisfacer los requerimientos de los pollos de engorde, en la etapa de finalización.

Al hacer uso de la harina de pupa de gusano de seda (*Bombyx mori L.*), en la alimentación de los pollos de engorde, se obtiene un beneficio económico, con respecto al concentrado comercial.

## **5. RECOMENDACIONES**

Es necesario generar otras investigaciones, que permitan determinar los niveles máximos de inclusión de la harina de pupa, en la alimentación de pollos de engorde.

Dado el perfil nutricional de la harina de pupa, sería importante poder determinar los valores exactos de digestibilidad de cada uno de los nutrientes, en especial de la proteína y extracto etéreo.

Es importante poder ajustar las metodologías de obtención de la pupa, para bajar los costos de producción y con ello obtener un mayor beneficio económico.

## BIBLIOGRAFÍA

ABC RURAL. Producción de gusano de seda [en línea]. El ABC Rural Casa Editorial: 2016 [citado marzo, 2017]. Disponible en Internet en <<http://www.abc.com.py/edicion-impresas/suplementos/abc-rural/produccion-de-gusano-de-seda---tec-ismael-von-streber--1466136.html>>

ACOSTA, Martín. Evaluación de líneas comerciales de pollos de engorde. Tesis Ingeniería de Agricultura. Universidad Nacional de Agricultura y Agronomía. Catacamas, Honduras: 2004.

AVIAGEN. Broiler Ross 308: objetivos de rendimiento [en línea]. Estados Unidos: 2014 [citado septiembre, 2016]. Disponible en Internet en [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-ES.pdf](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-ES.pdf)

\_\_\_\_\_. Ross manual de manejo del pollo de carne [en línea]. Estados Unidos: 2010 [citado septiembre, 2016]. Disponible en Internet en [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf)

\_\_\_\_\_. Ross suplemento de nutrición del pollo de engorde [en línea]. Estados Unidos: 2009 [citado febrero, 2017]. Disponible en Internet en [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_%20TechDocs/Ross-Suplemento-Nutricin-Pollo-Engorde-2009.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_%20TechDocs/Ross-Suplemento-Nutricin-Pollo-Engorde-2009.pdf)

CAMPO, Erika. Evaluación nutricional de harina de pupa (*Bombyx mori*) en ponedoras babcock brown. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2017.

CAMPO, José; PAZ, Lenni y LÓPEZ, Fredy. Utilización de chontaduro (*Bactris gasipaes*) enriquecida con *Pleurotus ostreatus* en pollos. En: Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 2017, vol. 15, no. 2, pág. 84-92.

CÁRDENAS, J.E. y VÁSQUEZ, J.R. Análisis del ciclo de vida del procesamiento y la distribución del café del beneficio ecológico en la finca Juancito y convencional en la finca La Montaña, Francisco Morazán. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras: noviembre, 2013.

CASAMACHIN, M.L.; ORTIZ, D. y LÓPEZ, F. Evaluación de tres niveles de inclusión de morera (*Morus alba*) en alimento para pollos de engorde. Tesis Agrozootecnia. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2007.

CERRATO, O. Harina de aves en la dieta de pollos de engorde. Tesis Ingeniería de Agricultura. Universidad Nacional de Agricultura y Agronomía. Catacamas, Honduras: 2006.

CIFUENTES, C. y SOHN, K. Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Manual técnico de sericultura: biología, morfología y fisiología del gusano de seda. Pereira, Colombia: 1998, pág. 141-176.

CORSEDA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA SERICULTURA DEL CAUCA. Origen de seda caucana 2012 [en línea]. Popayán, Colombia: 2012 [citado julio, 2016]. Disponible en Internet en <<http://corseda.com/origen-seda-caucana/> >

CUELLAR, Andrés y MORA, Daniel. Restricción alimenticia en pollos de engorde. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, 1997, vol. 50, no. 1, pág. 85-102.

DÍAZ, María. Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. Editorial Banco de la Republica. En: Documento de trabajo sobre economía regional. Cartagena, Colombia: 2014.

DISCOVERY MAX. Como lo hacen seda [en línea]. Madrid, España: 2016 [citado marzo, 2017]. Disponible en Internet en <<https://www.pinterest.es/pin/459789443197172778/>>

ELICES, M.; PÉREZ, José; PLAZA, Gustavo y GUINEA, Gustavo. Usos médicos de la seda. En: Revista Investigación y ciencia. Barcelona, España: 2011.

ESTRADA, Mónica y MÁRQUEZ, Sara. Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2005, vol. 83, no. 3, pág. 247.

FENAVI FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES COLOMBIA. En el primer trimestre del año el sector avícola creció 5.2%. En: Revista FENAVI, 2017, no. 454.

\_\_\_\_\_. Producción pública. En: Revista FENAVI, 2017, no. 323.

\_\_\_\_\_. Hormonas en la industria avícola ¿porque no son utilizadas? En: Revista FENAVI, 2013, no. 223, pág. 7.

GARZÓN, Luz. Identificación de líneas de investigación biotecnológicas para la sericultura en Colombia. Tesis Biotecnología Agraria. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Popayán, Colombia: 2015.

GERNAT, A. Consumo de alimento de pollos de engorde. Tesis Ciencias y producción agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras: 2006.

GIBERT, M. Buena fuente de proteína. Investigación Crisálida del gusano de seda. Paraguay: 2013.

GRISALES, C. y LÓPEZ, F. Análisis químico y caracterización composicional de la pupa de gusano de seda (*Bombyx mori* L.). Popayán, Colombia: 2017. Material en edición.

IGAC INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Mapa del Departamento del Cauca. Popayán, Colombia: 2012 [citado mayo, 2016]. Disponible en internet en: <[http://geoportal.igac.gov.co/mapas\\_de\\_colombia/igac/mps\\_fisicos\\_deptaes/2012/Cauca.pdf](http://geoportal.igac.gov.co/mapas_de_colombia/igac/mps_fisicos_deptaes/2012/Cauca.pdf)>

JÀCOME, H. Razas de gallinas y líneas genéticas. Tesis Medicina veterinaria y zootecnia. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador: 2014.

KIME, Lynn. Presupuestos para tomar decisiones agrícolas. Presupuesto parcial. Proyecto de agricultura a medio tiempo y de pequeña escala [en línea]. Universidad Estatal de Pensilvania. Estados Unidos: 2017 [citado febrero, 2017]. Disponible en Internet en: <https://extension.psu.edu/presupuestos-para-tomar-decisiones-agricolas>

LEYVA, Héctor. Moricultura, manual para la producción y utilización forrajera [en línea]. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Texcoco, México: 2012 [citado mayo, 2016]. Disponible en internet en: <http://zootecnia.chapingo.mx/assets/ftmoricultura.pdf>

MAKKAR, H.; TRAN, G.; HEUZÉ, V. y ANKERS, P. Las comidas con insecto podrían reemplazar hasta el 100% de la fuente de proteína convencional en alimentos para animales. En: Revista Universidad Autónoma de Chapingo, 2014, no. 8, pág. 120-153.

MESA, C. y MILLÁN, C. Aprovechamiento integral de la crisálida de gusano de seda (*Bombyx mori* Linn) Híbrido Pilamo 1. Tesis Tecnología Química. Facultad de tecnología. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: 2008, pág. 1-56.

MUÑOZ, Alejandro. Factores que influyen en los rendimientos productivos de pollos de engorde. En: Revista Avicultura, 2015, pág. 110-130.

OJEDA, William. Curso emprendedores en producción y comercialización de pollos de engorde. Centro Agro Empresarial y Minero de Bolívar. Cartagena: 2012, pág. 1- 54.

ORATAI, Jintasataporn. Production Performance of Broiler Chickens Fed with Silkworm Pupa (*Bombyx mori*). En: Journal of agricultural Science and technology, 2011, vol. 2, pág. 505-510.

PATIÑO, Nathalia. Extracción y caracterización del extracto proteico del subproducto bisu del proceso de obtención de seda. Tesis Tecnología Química. Facultad de Tecnología. Universidad tecnológica de Pereira. Colombia: 2008, pág. 1-52.

PAZ, J. y GUZMÁN, E. Evaluación del comportamiento productivo de las líneas avícolas de pollos de engorde COBB 500 y ROSS 308 en Santander de Quilichao, Cauca. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia: 2009.

PESCIO, F.; ZUNINI, H.; BASSO, C.; DIVO, M.; FRANK, R.; PELÍCANO, A y VIEITES, C. Sericicultura, manual para la producción. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina: 2008, pág. 1-188.

PIJOAN, Manuel. El consumo de insectos, entre la necesidad y el placer gastronómico. En: Revista Doyma Farma, 2001, vol. 20, no. 4, pág. 1-9.

PIÑEIRO, E. Insectos de gran valor nutritivo. En: Revista Doyma Farma, 2009, 2009, vol. 40, no. 230, pág. 1-30.

QUISHPE, Gabriela. Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura. Tesis Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras: noviembre, 2006.

RENGIFO, N. Evaluación de niveles de inclusión de forrajes de caupi (*Vigna unguiculata*) como remplazo de la proteína de torta de soya en alimentación de pollos de engorde. Tesis Ingeniería agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias: 2011.

ROA, Yeliz. Factores que afecta la conversión alimenticia en pollos de engorde. En: Revista Agromaster, 2017, no. 9, pág. 95-145.

RODRÍGUEZ, A.; VARGAS, J.; VENTURA, A.; MARTÍNEZ, A.; RODRÍGUEZ, J.; EHSAN, M. y VIVEROS, L. Manual de sericultura en Hidalgo. En: Revista Colombiana de Entomología, 2016, vol. 42, no. 1, pág. 69-74.

SÁ, L.; NOGUEIRA, E.; GOULART, C.; PERAZZO, F. y PESSOA, J. Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. En: Ajinomoto Animal Nutrition, 2012, no. 10, pág. 1-12.

SAPCOTA, D.; SHEIKH, I.; DUTTA, K.; SARMA, S. y GOSWAMI R. Effect of dietary muga silkworm supplementation on the performance of broilers. En: Indian Veterinary Journal, vol. 80, no. 1, pág. 19-22.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. Effect of dietary silkworm pupae meal on the carcass characteristics of broilers. En: Indian Veterinary Journal, 2005, vol. 82, no. 7, pág. 752-755.

SOLLA NUTRICIÓN ANIMAL. Manual de manejo para pollo de engorde [en línea]. SOLLA ©: 2015 [citado septiembre 2017]. Disponible en internet en: <http://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual%20De%20Manejo%20Para%20Pollo%20De%20Engorde.pdf>

TORO, A. y LONDOÑO, G. Estudio de la estabilidad térmica del aceite de crisálida. Tesis Tecnología Química. Facultad de Tecnología. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: 2007, pág. 1-88.

VALDIVIÉ, M. Los insectos como fuentes de proteína y otros nutrientes. En: Congreso de Producción Animal Tropical. Institución de Ciencia Animal, 2016, vol. 331, pág. 145- 201.

YEPES, W. Evaluación del sistema de pastoreo en pollos de engorde y su efecto en parámetros productivos en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. Tesis Zootecnia. Universidad de La Salle. Facultad de Zootecnia. Bogotá, Colombia: 2007, pág. 1-124.



## ANEXOS

### ANEXO A. Formulación de ración del 5%

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE AGROZOOTECNIA  
**PLEZOOTEC**  
FORMULACIÓN DE RACIONES BALANCEADAS

PLEZOOTEC v2.0 2006 por: MIGUEL ANDRES AGREDO CARVAJAL

**RESULTADO DE MEZCLA DE ALIMENTOS:**

Nombre del formulador: JULIAN AGREDO - DIANA ROJAS  
Descripción de la ración: MONOGASTRICOS  
Fecha de ejecución: 16/11/2017

|                |        |
|----------------|--------|
| COSTO/Kg = \$. | 1.374  |
| BULTO x 40 Kg  | 54.972 |

| ALIMENTO                   | MEZCLA | MEZCLA   | MEZCLA   | MEZCLA    | MEZCLA    |
|----------------------------|--------|----------|----------|-----------|-----------|
|                            | (%)    | (250 Kg) | (500 Kg) | (1000 Kg) | (2000 Kg) |
| HARINA DE PESCADO 2        | 4,00   | 10,00    | 20,00    | 40,00     | 80,00     |
| HARINA DE PUPA             | 5,00   | 12,50    | 25,00    | 50,00     | 100,00    |
| TORTA DE SOYA 2            | 21,00  | 52,50    | 105,00   | 210,00    | 420,00    |
| HARINA DE MAIZ             | 62,00  | 155,00   | 310,00   | 620,00    | 1240,00   |
| TRIGO MOGOLLA              | 2,00   | 5,00     | 10,00    | 20,00     | 40,00     |
| MELAZA CAÑA AZUCAR         | 2,00   | 5,00     | 10,00    | 20,00     | 40,00     |
| FOSFATO DICALCICO          | 0,60   | 1,50     | 3,00     | 6,00      | 12,00     |
| CARBONATO DE CALCIO        | 0,20   | 0,50     | 1,00     | 2,00      | 4,00      |
| BENTONITA                  | 0,20   | 0,50     | 1,00     | 2,00      | 4,00      |
| PREMEZCLA VIT. Y MINERALES | 0,20   | 0,50     | 1,00     | 2,00      | 4,00      |
| SAL COMÚN                  | 0,30   | 0,75     | 1,50     | 3,00      | 6,00      |
| ACEITE VEGETAL             | 2,50   | 6,25     | 12,50    | 25,00     | 50,00     |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
|                            | 100,00 | 250,00   | 500,00   | 1000,00   | 2000,00   |

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL :**

|              |         |         |
|--------------|---------|---------|
| PROTEÍNA C.  | 19,45   | %       |
| E.M. AVES    | 3063,80 | Kcal/kg |
| E. D. CERDOS | 3146,30 | Kcal/kg |
| FIBRA CRUDA  | 2,51    | %       |
| EXT. ETereo  | 5,80    | %       |
| CALCIO       | 1,05    | %       |
| FOSF. DISP.  | 0,42    | %       |
| SODIO        | 0,16    | %       |
| ARGININA     | 0,93    | %       |
| LISINA       | 1,26    | %       |
| METIONINA    | 0,45    | %       |
| MET + CIS    | 0,61    | %       |
| TREONINA     | 0,77    | %       |
| TRIPTOFANO   | 0,23    | %       |
| MATERIA S.   | 93,06   | %       |
| CENIZA       | 3,70    | %       |

## ANEXO B. Formulación de ración del 10%

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE AGROZOOTECNIA  
**PLEZOOTEC**  
FORMULACIÓN DE RACIONES BALANCEADAS

PLEZOOTEC v2.0 2006 por: MIGUEL ANDRES AGREDO CARVAJAL

### RESULTADO DE MEZCLA DE ALIMENTOS:

Nombre del formulador: JULIAN AGREDO - DIANA ROJAS  
Descripción de la ración: MONOGASTRICOS  
Fecha de ejecución: 16/11/2017

|                |        |
|----------------|--------|
| COSTO/Kg = \$. | 1.392  |
| BULTO x 40 Kg  | 55.682 |

| ALIMENTO                   | MEZCLA | MEZCLA   | MEZCLA   | MEZCLA    | MEZCLA    |
|----------------------------|--------|----------|----------|-----------|-----------|
|                            | (%)    | (250 Kg) | (500 Kg) | (1000 Kg) | (2000 Kg) |
| HARINA DE PESCADO 2        | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| HARINA DE PUPA             | 10,00  | 25,00    | 50,00    | 100,00    | 200,00    |
| TORTA DE SOYA 2            | 21,00  | 52,50    | 105,00   | 210,00    | 420,00    |
| HARINA DE MAIZ             | 62,00  | 155,00   | 310,00   | 620,00    | 1240,00   |
| TRIGO MOGOLLA              | 3,00   | 7,50     | 15,00    | 30,00     | 60,00     |
| MELAZA CAÑA AZUCAR         | 1,30   | 3,25     | 6,50     | 13,00     | 26,00     |
| FOSFATO DICALCICO          | 1,00   | 2,50     | 5,00     | 10,00     | 20,00     |
| CARBONATO DE CALCIO        | 0,50   | 1,25     | 2,50     | 5,00      | 10,00     |
| BENTONITA                  | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| PREMEZCLA VIT. Y MINERALES | 0,30   | 0,75     | 1,50     | 3,00      | 6,00      |
| SAL COMÚN                  | 0,20   | 0,50     | 1,00     | 2,00      | 4,00      |
| ACEITE VEGETAL             | 0,70   | 1,75     | 3,50     | 7,00      | 14,00     |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00      | 0,00      |
|                            | 100,00 | 250,00   | 500,00   | 1000,00   | 2000,00   |

### COMPOSICIÓN NUTRICIONAL :

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| PROTEÍNA C. | 19,86   | %       |
| E.M. AVES   | 3056,48 | Kcal/kg |
| E.D. CERDOS | 2872,12 | Kcal/kg |
| FIBRA CRUDA | 2,79    | %       |
| EXT. ETereo | 5,59    | %       |
| CALCIO      | 0,98    | %       |
| FOSF. DISP. | 0,37    | %       |
| SODIO       | 0,09    | %       |
| ARGININA    | 0,81    | %       |
| LISINA      | 1,45    | %       |
| METIONINA   | 0,55    | %       |
| MET + CIS   | 0,58    | %       |
| TREONINA    | 0,92    | %       |
| TRIPTOFANO  | 0,24    | %       |
| MATERIA S.  | 93,09   | %       |
| CENIZA      | 3,02    | %       |

## ANEXO C. Formulación de ración del 15%

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
 PROGRAMA DE AGROZOOTECNIA  
**PLEZOOTEC**  
 FORMULACIÓN DE RACIONES BALANCEADAS

PLEZOOTEC v2.0 2006 por: MIGUEL ANDRES AGREDO CARVAJAL

**RESULTADO DE MEZCLA DE ALIMENTOS:**

Nombre del formulador: JULIAN AGREDO - DIANA ROJAS  
 Descripción de la ración: MONOGASTRICOS  
 Fecha de ejecución: 16/11/2017

|                |               |
|----------------|---------------|
| COSTO/Kg = \$. | <b>1.408</b>  |
| BULTO x 40 Kg  | <b>56.338</b> |

| ALIMENTO                   | MEZCLA        | MEZCLA        | MEZCLA        | MEZCLA         | MEZCLA         |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
|                            | (%)           | (250 Kg)      | (500 Kg)      | (1000 Kg)      | (2000 Kg)      |
| HARINA DE PUPA             | 15,00         | 37,50         | 75,00         | 150,00         | 300,00         |
| TORTA DE SOYA 2            | 16,00         | 40,00         | 80,00         | 160,00         | 320,00         |
| HARINA DE MAIZ             | 57,00         | 142,50        | 285,00        | 570,00         | 1140,00        |
| TRIGO MOGOLLA              | 4,00          | 10,00         | 20,00         | 40,00          | 80,00          |
| MELAZA CAÑA AZUCAR         | 2,00          | 5,00          | 10,00         | 20,00          | 40,00          |
| FOSFATO DICALCICO          | 1,30          | 3,25          | 6,50          | 13,00          | 26,00          |
| CARBONATO DE CALCIO        | 0,30          | 0,75          | 1,50          | 3,00           | 6,00           |
| BENTONITA                  | 2,50          | 6,25          | 12,50         | 25,00          | 50,00          |
| PREMEZCLA VIT. Y MINERALES | 0,70          | 1,75          | 3,50          | 7,00           | 14,00          |
| SAL COMÚN                  | 0,20          | 0,50          | 1,00          | 2,00           | 4,00           |
| ACEITE VEGETAL             | 1,00          | 2,50          | 5,00          | 10,00          | 20,00          |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           |
| ALIMENTO NO ENCONTRADO     | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00           | 0,00           |
|                            | <b>100,00</b> | <b>250,00</b> | <b>500,00</b> | <b>1000,00</b> | <b>2000,00</b> |

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL :**

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| PROTEÍNA C. | 19,82   | %       |
| E.M. AVES   | 3109,20 | Kcal/kg |
| E.D. CERDOS | 2618,80 | Kcal/kg |
| FIBRA CRUDA | 2,83    | %       |
| EXT. ETEREO | 7,45    | %       |
| CALCIO      | 0,96    | %       |
| FOSF. DISP. | 0,44    | %       |
| SODIO       | 0,09    | %       |
| ARGININA    | 0,63    | %       |
| LISINA      | 1,65    | %       |
| METIONINA   | 0,69    | %       |
| MET + CIS   | 0,55    | %       |
| TREONINA    | 1,09    | %       |
| TRIPTOFANO  | 0,26    | %       |
| MATERIA S.  | 93,16   | %       |
| CENIZA      | 2,96    | %       |

### ANEXO D. Guía de consumo de Solla

| Semanas<br>Días | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | Total semana | Promedio<br>semana | Total acumulado |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------------|-----------------|
| 1               | 11  | 14  | 18  | 23  | 28  | 32  | 35  | 161          | 23                 | 161             |
| 2               | 33  | 36  | 40  | 45  | 49  | 52  | 58  | 313          | 45                 | 474             |
| 3               | 63  | 67  | 72  | 77  | 82  | 87  | 92  | 540          | 77                 | 1.014           |
| 4               | 98  | 102 | 108 | 113 | 118 | 123 | 128 | 790          | 113                | 1.804           |
| 5               | 136 | 140 | 144 | 150 | 153 | 158 | 162 | 1.043        | 149                | 2.847           |
| 6               | 169 | 173 | 176 | 180 | 184 | 186 | 189 | 1.257        | 180                | 4.104           |
| 7               | 192 | 194 | 196 | 199 | 201 | 203 | 204 | 1.389        | 198                | 5.493           |

## ANEXO E. Aminogramas de harinas de pupa y pescado

| Aminoácidos (%) | Harina de pupa | Harina de pescado |
|-----------------|----------------|-------------------|
| Serina          | 13,58          | 3,0               |
| Aspártico       | 2,95           | 3,1               |
| A. glutámico    | 11,79          | 4,2               |
| Glicina         | 4,72           | 5,4               |
| Histidina       | 3,73           | 1,3               |
| Treonina        | 2,95           | 2,6               |
| Arginina        | 8,64           | 3,9               |
| Alanina         | 5,30           | 4,5               |
| Prolina         | 4,52           | 4,4               |
| Tirosina        | 6,29           | 1,9               |
| Valina          | 5,50           | 3                 |
| Metionina       | 3,54           | 1,6               |
| Lisina          | 8,25           | 4,3               |
| Isoleucina      | 4,52           | 2,4               |
| Leucina         | 8,84           | 4,3               |
| Fenilalanina    | 4,91           | 2,4               |
| Triptófano      | 0,00           | 0,6               |