

**Evaluación de tres porcentajes de harina de
subproductos de rendering como sustituto
parcial de harina de soya en alimento
balanceado para aves**

Katherine Anabel Eró Facenda

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de tres porcentajes de harina de subproductos de rendering como sustituto parcial de harina de soya en alimento balanceado para aves

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Katherine Anabel Eró Facenda

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Evaluación de tres porcentajes de harina de subproductos de rendering como sustituto parcial de harina de soya en alimento balanceado para aves

Presentado por:

Katherine Anabel Eró Facenda

Aprobado:

Raúl Espinal, Ph. D.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph. D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph. D.
Decano Académico

Evaluación de tres porcentajes de harina de subproductos de rendering como sustituto parcial de harina de soya en alimento balanceado para aves

Katherine Anabel Eró Facenda

Resumen. La harina de soya es una de las principales materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para pollos de engorde en fase inicial debido a su contenido proteico; pero por su alto costo, en la industria se han utilizado otras fuentes proteicas de menor costo e igual calidad. El objetivo general de este estudio fue la evaluación de tres porcentajes de harina de subproducto de rendering como sustituto parcial de la harina de soya en alimento balanceado para aves; donde se evaluó el contenido nutricional de la harina de subproducto utilizada. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron 4 formulaciones con 0, 3, 5 y 8% de sustitución y se evaluaron 8 variables nutricionales (proteína, energía, calcio, fósforo, grasa, fibra, humedad y ceniza). Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0.05$), donde el tratamiento con 8% de sustitución fue el que arrojó una mayor diferencia en costos variables de \$11.76. por tonelada de alimento producido. Sin embargo, el tratamiento con 5% de sustitución fue el que mostró mejores características de los parámetros evaluados y se obtuvo una diferencia de costos variables de \$ 8.47/TM. Se recomienda aplicar los resultados de este estudio en granja, para medir la conversión alimenticia en el ave de acuerdo a la cantidad de harina de carne y hueso utilizada.

Palabras clave: Balanceado, fase inicial, harina de carne y hueso.

Summary. Soybean flour is one of the main raw materials used in the manufacture of feed for broilers early stage ; due to the protein content , but for its high cost in the industry have been used other protein sources with equal quality and lower cost . The overall objective of this study were to evaluate three percentages of flour byproduct rendering as a partial substitute for soybean meal in balanced bird food; where the nutritional content of the meal by-product used was evaluated. One Completely Random Design (DCA) with four treatments and three replications was applied. Treatments were four formulations with 0 , 3, 5 and 8 % substitution and 8 nutritional variables (protein , energy , calcium, phosphorus , fat, fiber , moisture and ash) were assessed . Significant difference between treatments ($P \leq 0.05$), where the treatment was 8 % substitution which resulted in higher variable cost difference of \$ 11.76 was found per ton of feed produced. However, treatment with 5 % substitution showed the best characteristics of the evaluated parameters and a difference in variable costs of \$ 8.47 per ton was obtained. It is recommended to apply the results of this study on farm, to measure feed conversion in poultry according to the amount of meat and bone meal used.

Keywords: Balanced meal, initial phase, meat and bone.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación para elaboración de harina de carne y hueso implementada en la planta de procesamiento de la Compañía Avícola de Centro América (CADECA).....	3
2. Tratamientos utilizados en sustitución parcial de soya, con diferentes porcentajes de harina de carne y hueso en balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).	5
3. Ingredientes utilizados en la sustitución proteica parcial de soya con el uso de harina de carne y hueso en balanceado para aves fase inicial (0-10 días de nacimiento).....	5
4. Análisis de la formulación de harina de carne y hueso elaborada en la planta de procesamiento.	8
5. Porcentaje promedio de proteína en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento) ¹	9
6. Porcentaje promedio de minerales en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).....	11
7. Porcentaje promedio de grasa por tratamiento en la sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).....	12
8. Porcentaje promedio de fibra por tratamiento en la sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)	13
9. Porcentaje promedio de humedad de los tratamientos en la sustitución parcial soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).....	13
10. Porcentaje promedio de ceniza por tratamiento en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)	14
11. Análisis de costos variables en producción de balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).	15
12. Comparación de costos en compra de harina de soya mensual para elaboración de balanceado para fase inicial (0-10 días de nacimiento).	15

Figuras Página

1. Flujo de proceso de elaboración de harina de carne y hueso implementado en la planta de procesamiento Compañía Avícola de Centro América, (CADECA)..... 4
2. Flujo de proceso de elaboración de balanceado utilizado en la sustitución de 0, 3, 5 y 8% de harina de carne y hueso en la planta de procesamiento Granel S.A, Honduras y Escuela Agrícola Panamericana..... 6

Anexos Página

1. Correlación entre análisis físico- químicos realizados. 21
2. Porcentaje de aminoácidos esenciales presentes en la soya y en harina de carne y hueso. 21
3. Formulaciones evaluadas en planta de procesamiento de harina de la Compañía Avícola de Centroamérica..... 22
4. Fórmulas utilizadas para calcular datos de análisis físico-químicos de acuerdo al método de la AOAC. 23

1. INTRODUCCIÓN

El uso de la harina de soya (*Glycine max*) en la alimentación animal tiene un amplio panorama en la industria de balanceados, debido a su importancia como fuente de proteína y grasa, con una alta proporción de ácidos grasos insaturados y de aminoácidos esenciales adecuados para la alimentación humana y animal (Luna 2006), es el sexto cultivo con mayor producción en el mundo, siendo esta materia prima una de las mayores fuentes de costo en la producción de balanceado animal (Valencia 2010).

Actualmente la soya está considerada como la principal fuente proteica en la alimentación animal en crecimiento y finalización debido a su contenido proteico de 37.5% y una alta digestibilidad del 82%, lo cual es esencial para el desarrollo animal (Garzón 2010).

La producción y las exportaciones de soya son dominadas por EE.UU, Brasil y Argentina; también es cada vez más importante en Paraguay, Bolivia y Uruguay (Melgar 2011). En Centroamérica se encuentran Guatemala y Nicaragua los cuales se suplen a nivel interno únicamente (CAD 2012).

Honduras es un país que depende completamente de países como EE.UU para suplir los requerimientos de soya en el alimento balanceado, importando el cien por ciento de esta materia prima, lo que impacta considerablemente el costo en la producción de las plantas procesadoras y mantiene una dependencia total del mercado externo.

El precio promedio en toneladas métricas de la soya es de \$542.20 (Indexmundi 2013). Debido a los altos costos de producción, la industria ha implementado el uso de fuentes proteicas secundarias más baratas y accesibles, como la harina de carne y hueso proveniente de la industria avícola.

Por lo general la harina de carne y hueso está compuesta de vísceras, huesos y otros subproductos provenientes de residuos generados en el procesamiento que incluye cabezas, patas e intestinos.

También se considera como subproducto de la industria avícola a los restos de las plantas de incubación, considerado como un conglomerado seco, cocido y triturado de cascarones de huevo y de pollitos no nacidos. Además incluye pollitos de segunda, siendo un producto variable respecto a la composición de la harina; pudiendo tener entre 22 y 32% de proteína, de 17 a 20% de calcio y 10 a 18% de grasa (North y Bell 1993).

La harina de carne contiene entre 55 a 60 % de proteína. Normalmente se utiliza entre 1 a 2% en las dietas de aves, al ser abundante en cisteína pero deficiente en metionina, triptófano y lisina; por ello el máximo a reemplazar por harina de soya es el 10% (Parsi *et al.* 2001).

La harina de carne y hueso se emplea principalmente como fuente proteica y contiene altos niveles de P, Ca y lisina, principalmente. La formulación de dietas con base en proteína ideal, utilizando los valores de aminoácidos digestibles, permite el empleo de esta materia prima, en la sustitución parcial de harina de soya (Parci *et.al.* 2001).

La utilización de este subproducto puede reducir considerablemente los costos de producción de balanceado, disminuyendo así la cantidad de soya a utilizar dentro de la formulación y obteniendo un balanceado con alta proteína animal.

Tomando en consideración las complicaciones que en un futuro podrían derivarse de la importación de soya la empresa Granel S.A de C.V., perteneciente a la Corporación Multi-inversiones-División Agroindustrial Pecuaria y el Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana realizaron un estudio para analizar diferentes porcentajes de harina de carne y hueso en una formulación de alimento balanceado para aves, en fase inicial donde se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluación de tres porcentajes de harina de subproductos de rendering, 3, 5 y 8% en alimento balanceado para aves de engorde en fase inicial.
- Definir las fórmulas para el proceso de elaboración de la harina de carne y hueso y optimizar su aporte nutricional.
- Evaluar el costo de producción en relación a la cantidad de materia prima utilizada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La elaboración de harina de carne y hueso se realizó en la planta de procesamiento en la Compañía Avícola de Centroamérica, (CADECA), Honduras. La elaboración y sustitución de los diferentes porcentajes de harina en el balanceado para aves en fase inicial se realizó en la planta de balanceados Granel S.A. de C.V., localizada en el Km 35 Río Blanquito, autopista a Puerto Cortes, Honduras.

Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), localizado Escuela Agrícola Panamericana (EAP), 30 km al Este de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Honduras, C.A.

Estandarización de fórmula de la harina de carne y hueso. Se estandarizó la formulación para elaborar la harina de carne y hueso y se estableció para este estudio la formulación que cumplió con los requerimientos para el balanceado final, mediante el uso de los subproductos de mayor entrada a la planta de proceso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación para elaboración de harina de carne y hueso implementada en la planta de procesamiento de la Compañía Avícola de Centro América (CADECA).

Producto	Cantidad (kg) ¹
Vísceras	2,816
Patatas	400
Pollo asfixiado	400
CDM	518
Cáscara de huevo	137

¹ Total de materia prima: 4,300kg.

CDM: Carne Mecánicamente Deshuesada

La elaboración de la harina de carne y hueso se realizó con el flujo de proceso utilizado en planta (Figura 1), se recibió la víscera en la tolva de almacenamiento industrial con capacidad de 18 toneladas, se procedió al llenado del cocinador ANCO modelo 1270 con una capacidad de 4000 kg y a la incorporación de los demás subproductos (patatas, CDM, pollo y cáscara de huevo). Se cocinó la víscera por 3 horas y 40 minutos y se filtró en un percolador ANCO modelo 603G con una capacidad de 1.98 metros cúbicos, la harina obtenida se prensó para separar el aceite en una prensa ANCO modelo 202-3 con una potencia de 40 caballos de fuerza y capacidad de 1.5 toneladas/hora, tamizada y

Almacenada en una tolva para ser envasado como producto final en sacos de polipropileno tejido con un peso de 45 kg. Cada traspaso del producto de un punto a otro fue llevado a cabo mediante el uso de un transportador con un distanciamiento de 6 metros.

Obtenida la harina de carne y hueso se analizó en el laboratorio de análisis de la empresa Granel S.A de C.V. Los análisis realizados fueron, proteína, grasa, calcio, fósforo, humedad, ceniza y fibra.

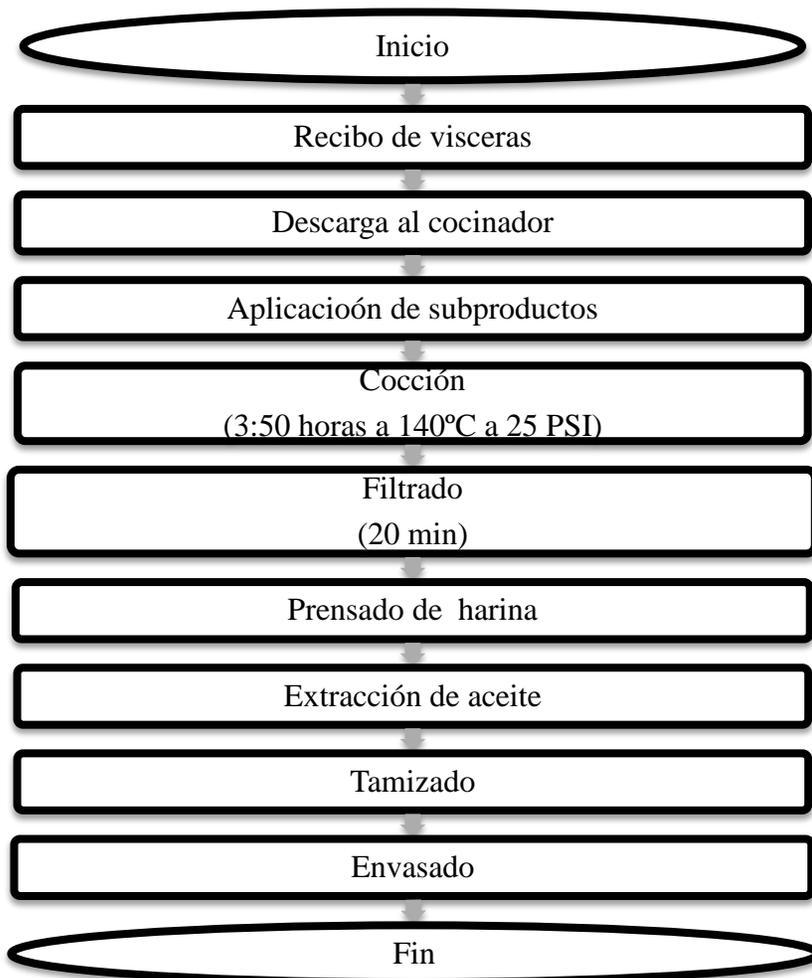


Figura 1. Flujo de proceso de elaboración de harina de carne y hueso implementado en la planta de procesamiento Compañía Avícola de Centro América, (CADECA).

* Los subproductos aplicados directamente al cocinador son: patas, cáscara de huevo, carne mecánicamente deshuesada (CDM) y pollo asfixiado.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar con un total de 4 tratamientos (Cuadro 2) y tres repeticiones por cada tratamiento, donde el cuarto tratamiento se utilizó como control con 0% de harina de carne y hueso dentro de la formulación, el cual, fue elaborado en la planta de concentrados de la Escuela Agrícola Panamericana.

Cuadro 2. Tratamientos utilizados en sustitución parcial de soya, con diferentes porcentajes de harina de carne y hueso en balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).

Tratamientos	Porcentaje de harina de carne y hueso
HCH3	3
HCH5	5
HCH8	8
HCH0 ¹	0

HCH: Harina de Carne y Hueso

¹Control: Balanceado usado en Zamorano sin harina de carne y hueso.

Elaboración del balanceado. La formulación se realizó en la planta de procesamiento Granel S.A de C.V localizada en San Pedro Sula. Para realizar la sustitución se utilizó la fórmula basada en los requerimientos necesarios para aves en fase inicial, con una sustitución de 0, 3, 5 y 8% de harina de carne y hueso como subproducto de rendering.

Cuadro 3. Ingredientes utilizados en la sustitución proteica parcial de soya con el uso de harina de carne y hueso en balanceado para aves fase inicial (0-10 días de nacimiento).

Ingredientes	Cantidad (%)			
	TRT3	TRT5	TRT8	TRT0
Soya	37.57	35.83	33.21	43.20
Maíz	54.37	54.74	55.30	49.51
Harina de carne y hueso	3.00	5.00	8.00	0.00
Grasa de pollo	1.08	0.76	0.26	3.00
Micronutrientes	3.88	3.57	3.13	4.00
Persevantes	0.10	0.10	0.10	0.29

Para la mezcla se aplicaron los ingredientes mayores, maíz, soya, gluten, harina de carne y hueso, seguido de los ingredientes menores, minerales, aditivos, preservantes, por último los ingredientes líquidos que en este caso fue grasa de pollo dispersada a medida se mezclaban los demás ingredientes (Rodríguez 2008). Para la mezcla de los ingredientes se utilizó una premezcladora industrial con capacidad de 181 kg. El producto final fue envasado en sacos de polipropileno tejido con un peso de 45 kg.

El balanceado se elaboró con las directrices que sigue la planta de procesamiento de la empresa Granel S.A de C.V, Honduras (Figura 2).

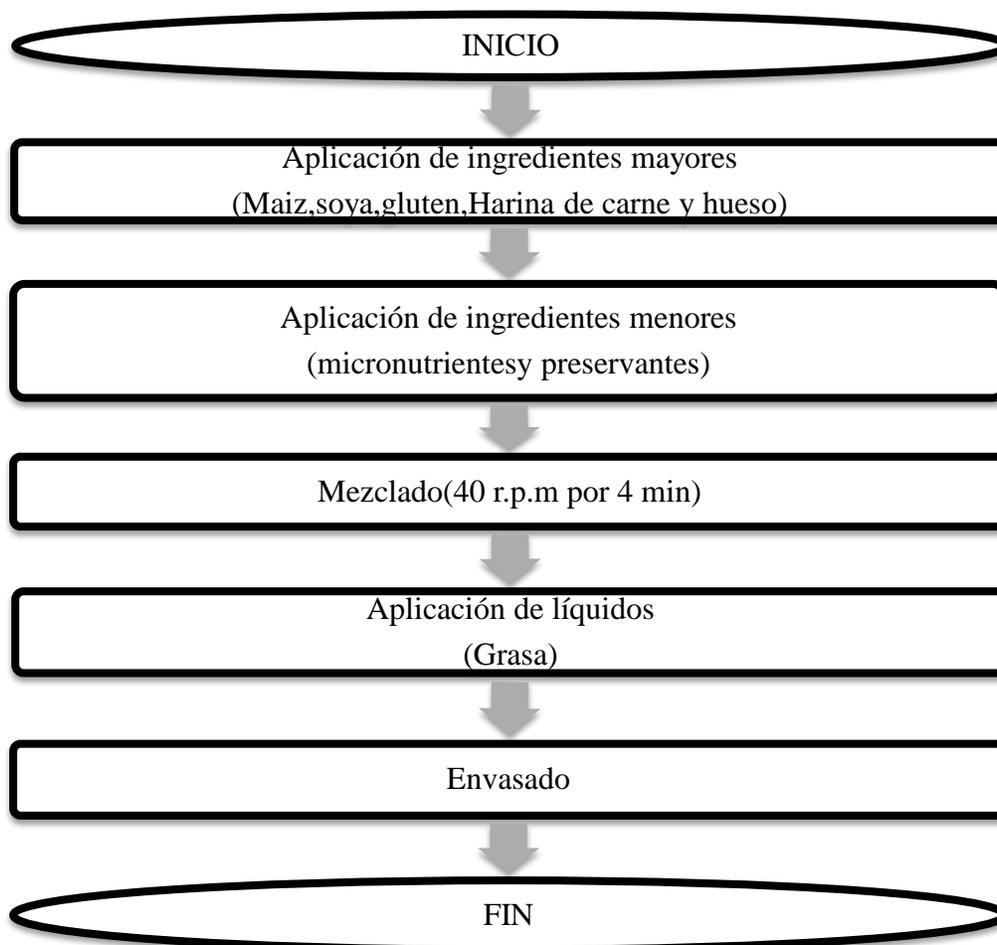


Figura 2. Flujo de proceso de elaboración de balanceado utilizado en la sustitución de 0, 3, 5 y 8% de harina de carne y hueso en la planta de procesamiento Granel S.A, Honduras y Escuela Agrícola Panamericana.

Análisis físico-químico. Se realizó un análisis proximal completo (Proteína, Humedad, Cenizas, Fibra cruda y Grasa); se analizaron los minerales calcio y fósforo, y la energía de cada tratamiento en el laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano (LAAZ).

El peso de las muestras se realizó con el uso una balanza analítica OHAUS, Cs 5000-001, donde el peso de cada muestra se determinó de acuerdo al método especificado por análisis.

- Para el análisis de Proteína cruda se utilizó el método Kjehdal, para valorar el contenido de nitrógeno amínico presente en la muestra por el método de la AOAC 2001.11.
- Para la determinación de humedad se utilizó el método de la AOAC 952.08.

- En análisis de ceniza se utilizó un horno de aire forzado a 105 °C Fisher Scientific y se determinó por el método de la AOAC 923.03.
- El análisis de grasa realizó en un Extractor Soxhlet mediante método gravimétrico, de la AOAC 2003.06.
- La fibra cruda fue analizada por el método gravimétrico AOAC 962.09.
- El calcio se determinó por el método de la AOAC 985.35.
- El Fósforo se analizó por el método de la AOAC 995.11.

En análisis de energía disponible se realizó con el calorímetro adiabático-(Parr Modelo 1241EB), se llenó un envase de aluminio con 200 ml de agua y se introdujo en el calorímetro; se encendió el enfriador y el calefactor de medio (agua) y se dejó estabilizar por 15 minutos.

En papel parafina se pesaron las muestras (0.7 gr ± 0.005). Se colocó la muestra en una cápsula de acero, y se ubicó en la tapa de la bomba de combustión, luego se midió 10 cm de alambre fusible de níquel cromado y se amarro a los orificios de la bomba de combustión de oxígeno el cual debía estar en contacto directo con la muestra, esta se colocó cuidadosamente dentro de la bomba de combustión de oxígeno se cerró y se le aplicó 25 atmosferas de oxígeno.

Inmediatamente se introdujo la bomba dentro del calorímetro y se conectaron 2 electrodos en la bomba, esta se cerró y se le introdujo un termómetro el cual mide la temperatura interna del equipo. Al estabilizarse la temperatura esta fue registrada como la temperatura inicial y se procedió a incinerar la muestra la cual tardó 5 min antes de extraerla y se midió la temperatura del agua interna al final antes de destapar el equipo y se apuntó.

Al extraer la muestra se le extrajo el oxígeno restante, se destapó la bomba y se lavó con agua destilada y el contenido dentro de la bomba se traspasó a un beaker donde se le aplicó rojo de metilo como indicador y se tituló con una solución de carbonato de sodio 0.0709 N. También se midió el alambre restante para conocer las calorías consumidas, se apuntó los mililitros (ml) de la titulación y las calorías consumidas. Para calcular las calorías de la muestra se utilizó la ecuación 1:

$$HG = T^{\circ} \times W - e_1 - e_3 m \quad [1]$$

Dónde:

$T^{\circ} = T^{\circ} \text{ final} - T^{\circ} \text{ inicial}$

$W = \text{constante} = 2426.154$

$e_1 = c_1 = 0.0709N = \text{titulación con carbonato de sodio (Na}_2\text{CO}_3)$

$N = \text{medida de concentración}$

$e_3 = \text{corrección en calorías para el calor de combustión de alambre níquel-cromo.}$

$m = \text{peso de la muestra}$

Análisis Estadístico. Se realizó una separación de medias Duncan y un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 95%. Se utilizó del programa “Statistical Analysis System” (SASversión 9.4[®]) para evaluar los datos obtenidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de materia prima. El análisis de la formulación de harina de carne y hueso indicó que la formulación compuesta de vísceras, patas, pollo asfixiado, carne mecánicamente deshuesada (CDM) y Cáscara de huevo cumplió con las características físicas y microbiológicas para ser utilizadas como subproducto.

En la referencia dada por el programa Brill Formulation[®], el cual es utilizado en la planta de procesamiento Granel S.A de C.V para la formulación del balanceado de acuerdo al comportamiento de las materias primas entrantes a través del tiempo, se muestra que grasa y calcio fue donde se presentó la mayor variabilidad (Cuadro 4) sin embargo el Manual de microscopía de piensos reporta 13.1% de grasa y 7.1% de calcio en la composición de harina de carne y hueso, también 4 % en humedad, 56.6% proteína, 23.6% en cenizas y 3.7% en fósforo. (Sala y Barroeta. 2003).

La Federación Española para el Desarrollo Animal (FEDNA 2014), reporta un porcentaje de 49.3 en proteína, 5.4 de humedad, 14.4 en grasa, 1 en fibra, 26 en ceniza, 7.50 de calcio y 3.85 en fósforo, siendo este último el que no cumplió con los requerimientos dentro de la formulación, lo cual se consideró al momento de elaborar el balanceado, ya que la variación se vio influenciada por los subproductos utilizados al momento de la elaboración de harina de carne y hueso.

Cuadro 4. Análisis de la formulación de harina de carne y hueso elaborada en la planta de procesamiento.

Composición	Porcentaje	
	% ± DE	Referencia ¹
Proteína	54.80 ± 3.28	56.25
Calcio	7.27 ± 0.85	3.36
Fósforo	1.64 ± 0.18	1.50
Grasa	13.72 ± 1.91	17.92
Fibra	1.46 ± 0.14	1.25
Humedad	2.19 ± 0.95	3.10
Ceniza	20.32 ± 3.41	16.16

¹ Fuente: Brill Formulation[®]

DE: Desviación Estándar

Análisis físico-químicos del balanceado. Mediante el análisis bromatológico se determinó el porcentaje de humedad, ceniza, grasa, fibra, calcio, fósforo, energía y proteína de cada tratamiento y las diferencias significativa ($P < 0.05$) entre cada tratamiento.

Proteína. En la cantidad de proteína no hubo diferencia significativa en los tratamientos 0 y 5% de sustitución pero sí en los tratamientos 3 y 8% siendo el de 3% el que presentó menor cantidad de proteína (Cuadro 5).

Esto se debió a que a mayor cantidad de harina de carne y hueso utilizada en la formulación mayor es la cantidad de proteína presente, ya que la harina de carne y hueso contiene 54.80% de proteína (Cuadro 4) siendo este utilizado como sustituto parcial dentro de la formulación.

El tratamiento con 0% de sustitución presenta mayor cantidad de proteína debido al contenido de soya dentro de la formulación, siendo un 43.20% (Cuadro 3), ya que la soya es una de las principales fuentes de proteína, alrededor del 38% (Cardona *et al.* 2002).

El balanceado por lo general contiene un 21% de proteína, por lo que un contenido mayor de proteína ayuda directamente a un mejor desarrollo de los tejidos estructurales y de protección, como huesos, ligamentos, piel y de los tejidos blandos que forman los órganos y de los músculos (Sossa 2009; Granda 2012).

Las proteínas como tal se desdoblán en aminoácidos mediante el proceso de la digestión. Estos se absorben y son distribuidos por torrente circulatorio en las células del cuerpo reconstituyéndose y formando proteínas específicas, es por esto que la cantidad de proteína no determina la calidad de la misma, ya que depende de la digestibilidad y conversión a aminoácidos de la misma (Sossa 2009).

Cuadro 5. Porcentaje promedio de proteína en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Proteína ± DE
0	24.52 ± 0.76b
3	23.62 ± 0.55c
5	24.71 ± 0.46b
8	25.52 ± 0.52a
C.V (%)	1.37

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

La soya al igual que la harina de carne y hueso contiene todos los aminoácidos esenciales, pero esta tiene bajo contenido de metionina y triptófano Food and Agriculture Organisation (FAO 1993), por lo que el uso de proteína animal dentro de la formulación facilita la asimilación de estos aminoácidos.

Los aminoácidos esenciales son de gran importancia ya que son necesarios para la síntesis de la proteína a nivel celular, pero estos no pueden ser producidos directamente por el animal, por lo que deben estar presentes en la dieta.

Energía: la energía es importante para el crecimiento del tejido animal, para asegurar la continuidad de las funciones orgánicas, para ejecutar movimientos y reacciones metabólicas (Sossa 2009).

En el análisis se observó que los tratamientos con 0,5 y 8% de sustitución no presentaron diferencia significativa siendo la sustitución de 3% el único que presentó un porcentaje menor de energía (Cuadro 6). El exceso energético se debe a que más de la mitad de la formulación está basada en el maíz el cual es una de las principales fuente de carbohidratos, siendo estos los más importantes en la conversión energética, por lo que a mayor cantidad de maíz mayor es la cantidad de energía.

Según la guía sobre Rendimiento y Nutrición de pollos de engorde Cobb 500 (2012), la cantidad óptima de energía para los pollos en fase inicial es de 3035 kcal/kg donde hasta completar el ciclo de crecimiento la cantidad de energía es de 3203 kcal/kg, cumpliendo todos los tratamientos con el requerimiento.

De acuerdo con los datos obtenidos por el Sistema de Información de Precios y Abastecimiento de Sector la Agropecuaria, en el análisis sobre los insumos y factores asociados a la producción agropecuaria (2013) la cantidad de energía necesaria por el pollo en la fase inicial es de 3100 kcal/kg y 3200 kcal/kg para finalización.

Cuadro 6. Cantidad de energía promedio en sustitución parcial de soya en alimento balanceado en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución (%)	Energía (kcal/kg) ± DE
0	3891.2 ± 220.71a
3	3350.6 ± 29.12b
5	3892.1 ± 113.58a
8	3657.9 ± 133.99a
C.V	3.52

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes (P≤0.05)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Minerales: en el análisis de calcio se observó que no existe diferencia significativa en los tratamientos 5 y 8% y 0 y 3% (Cuadro 7), donde la guía sobre Rendimiento y Nutrición de pollos de engorde Cobb 500 (2012), indica un requerimiento de calcio para pollos en fase inicial de 0.90% por lo que los tratamientos de 5 y 8% de sustitución cumplen con el 73% de los requerimientos mínimos aproximadamente y los tratamientos de 0 y 3% solo cumplen con el 59%.

En fósforo se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos 3 y 5%. El tratamiento con 8% de sustitución es el que presenta mayor cantidad de fósforo, pero todos cumplen requerimiento de este mineral, el cual es de 0.45% debido a que este es aplicado como un ingrediente dentro de la formulación.

También el hecho de que la harina de carne y hueso contiene 1.64% de fósforo (Cuadro 4) influye ya que la mayor proporción de estos minerales se encuentran en los huesos y el uso de pollos enteros dentro en la fórmula de la harina de carne y hueso aumenta su disponibilidad.

La guía de Manejo de pollo de engorde Arbor Acres (2009), indica que estos minerales son importantes principalmente porque 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. Siendo vital la presencia de calcio en la dieta y de manera consistente.

El fósforo es necesario para la formación de huesos y para la asimilación de los carbohidratos y las grasas y para la actividad enzimática, es un constituyente básico de la proteína presente en los núcleos de todas las células del animal (Sossa 2009).

Cuadro 7. Porcentaje promedio de minerales en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Calcio	Fósforo
	Media ± DE	Media ± DE
0	0.52 ± 0.04b	0.58 ± 0.04c
3	0.55 ± 0.10b	0.65 ± 0.07b
5	0.64 ± 0.06a	0.66 ± 0.08b
8	0.67 ± 0.05a	0.76 ± 0.07a
C.V (%)	7.55	3.59

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Grasa. De acuerdo con la Guía de Manejo del Pollo de Engorde la grasa es una de las principales fuentes de energía, por lo que debe estar presente en la dieta animal ya que las grasas y los aceites son agregados para incrementar el contenido energético de la ración, disminuir la pulverulencia y favorecer la palatabilidad (Parsi *et al.* 2001), la grasa también ayuda a mantener una mezcla homogénea de los componentes de la dieta.

Según la FAO (1993), el contenido de grasa en balanceado para pollo en fase de iniciación es de 2-3.5%, presentándose un porcentaje mayor en los datos obtenidos.

En el análisis de grasa se observó que todos los tratamientos presentaron diferencia significativa (Cuadro 8), debido a que la formulación con 0% fue a la que se le aplicó la mayor cantidad de grasa (Cuadro 3). La harina de carne y hueso contiene 13.72% de grasa (Cuadro 4), lo que afectó en el contenido de grasa final, ya que a mayor cantidad de harina de carne y hueso presentó un aumento en el porcentaje de grasa a pesar de que se aplicó menor cantidad de grasa cruda como ingrediente.

Cuadro 8. Porcentaje promedio de grasa por tratamiento en la sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Grasa ± DE
0	5.26 ± 0.20a
3	3.54 ± 0.07d
5	4.01 ± 0.21c
8	4.33 ± 0.32b
C.V (%)	4.50

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Fibra. La fibra dentro del alimento balanceado es importante ya que estimula los procesos del tracto digestivo, disminuye la velocidad del tránsito hacia el duodeno, reduce el consumo de antibióticos, brinda la sensación de saciedad, fomenta el bienestar animal y mejora la solubilidad de minerales y proteína, protegiendo al pollo de infecciones entéricas (Caravaca 2011).

Según la FAO (1993), el contenido de fibra para pollo en fase inicial debe estar entre 5-6%, ya que ayudan a la limpieza de las paredes de sistema digestivo, mejorando considerablemente el digestión del animal (Sosa 2010), también ayuda al aumento de consumo de materia seca, sin embargo las aves no son animales que aprovechan los productos fibrosos debido a su baja capacidad de fermentación.

La fibra no es digerida y absorbida completamente por el tramo digestivo provocando que al llegar al intestino grueso cause diarrea en el animal y creación de gases, debiéndose evitar este síntoma con el uso de enzimas fibrolíticas por lo que se recomienda entre 2-3.5% de fibra cruda (Barroeta *et al.* 2009).

Se encontró que en los porcentajes 3, 5 y 8% no existe diferencia estadísticamente significativa y que el tratamiento con 0% de sustitución presenta diferencia significativa y un contenido de fibra mayor a los demás tratamientos (Cuadro 9). Esto se debió a que la formulación con 0% de sustitución está a base de cereales en su mayoría en los cuales se encuentra mayor cantidad de fibra disponible pero no muy variable en relación a los demás tratamientos.

Cuadro 9. Porcentaje promedio de fibra por tratamiento en la sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Fibra ± DE
0	2.92 ± 0.43a
3	2.53 ± 0.36b
5	2.56 ± 0.44b
8	2.60 ± 0.55b
C.V	6.69

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Humedad. Se determinó que los tratamientos con sustitución de 3, 5 y 8% no tienen diferencia significativa y el tratamiento con 0% de sustitución contienen un porcentaje menor de humedad (Cuadro 10), por lo que este contiene un mayor porcentaje de materia seca dentro de su composición.

Ya que el balanceado en mayor proporción contiene fuente de granos el porcentaje de humedad se maneja bajo las mismas condiciones de un grano normal.

Según la FAO (1993), el contenido de humedad se maneja en un rango menor al 14 y 12%, lo que determina que todos los tratamientos evaluados cumplen con las especificaciones, debido a que un porcentaje mayor puede causar daños por ataque de plagas posteriormente al producto almacenado.

Cuadro 10. Porcentaje promedio de humedad de los tratamientos en la sustitución parcial soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Humedad ± DE
0	10.07 ± 0.14b
3	11.45 ± 0.53a
5	11.50 ± 0.38a
8	11.49 ± 0.33a
C.V (%)	1.95

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Ceniza. se observó que el tratamiento con 0% de sustitución de harina de carne y hueso es el único que presenta diferencia significativa y que los tratamientos con 3, 5 y 8% presentan una mayor cantidad de ceniza y son estadísticamente iguales (Cuadro 11).

A medida que aumenta la cantidad de cenizas disminuye la cantidad de sales y minerales dentro de la formulación, y esto puede afectar el desarrollo del animal ya que estas sales minerales que se quedan después de la incineración de la muestra son de vital importancia en el desarrollo del animal. Además, estas sales minerales permiten mantener la hidratación para la digestión. (Kebreau, y Durán, 2011). Según la FAO (1993), el porcentaje ideal está dentro del rango 6-7% en balanceado para aves en fase de iniciación, lo cual es cercana a los datos obtenidos.

Cuadro 11. Porcentaje promedio de ceniza por tratamiento en sustitución parcial de soya en alimento balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento)¹

Sustitución	Ceniza ± DE
0	6.40 ± 0.49a
3	5.76 ± 0.76b
5	5.62 ± 0.78b
8	5.58 ± 0.84b
C.V (%)	6.50

¹Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DE: Desviación Estándar

C.V: Coeficiente de Variación

Costos. Se realizó un análisis de costos tomando en cuenta la producción de la planta procesamiento de harina de carne y hueso y un estimado de los costos de producción del balanceado en la planta de Granel S.A de C.V.

Se puede denotar que a medida aumenta la cantidad de sustitución de harina de carne y hueso dentro de la formulación aumenta, es menor es el costo de producción de la misma y mayor son las diferencias percibidas (Cuadro 12).

Cuadro12. Análisis de costos variables en producción de balanceado para aves en fase inicial (0-10 días de nacimiento).

Sustitución (%)	Prod. HCH	Precio HCH \$/TM	Costo Prod. Balanceado \$/TM	Precio de venta \$/TM	Diferencia \$/TM	Diferencia² Total/\$
0	-	-	227.69	230.42	2.82	8,467.96
3	90	197.59	224.87	230.42	5.65	16,935.92
5	150	197.59	222.05	230.42	8.47	25,403.87
8	240	197.59	219.76	230.42	11.76	35,283.16

TM: Tonelada Métrica

²Producción mensual de 3000 TM de balanceado

HCH: Harina de carne y hueso

Esto se debe a que la tonelada métrica de soya tiene un valor de 573.65 dólares y la tonelada de harina de carne y hueso cuesta 20 dólares.

La Planta de procesamiento de harina de CADECA es la única empresa que supe a la planta de procesamiento Granel S.A de C.V, donde el aspecto de mayor importancia es la matanza de pollos en la compañía, ya que de esta depende la cantidad de harina de carne y hueso enviada a Granel, donde la matanza diaria es un promedio de 85,000 aves.

El mayor ahorro en la compra de harina de soya se identifica en la sustitución de 8% de harina de carne y hueso (cuadro13), ya que al relacionar el uso de 0% con los demás porcentajes de sustitución la disminución de compra de harina de soya se denota considerablemente.

Cuadro 13. Comparación de costos en compra de harina de soya mensual para elaboración de balanceado para fase inicial (0-10 días de nacimiento).

Sustitución (%)	Cant. de soya / TM de producción de balanceado	Costo /TM (\$)	_____ (\$)
0	1,298.70	744,986.27	0
3	877.5	503,369.10	241,617.17
5	829.5	475,834.38	269,151.89
8	757.2	434,360.21	310,626.06

TM: Tonelada Métrica

Costo de harina de soya:(TM) \$573.65

\$1=21.2566L.

4. CONCLUSIONES

- La formulación a base de vísceras, patas, pollo asfixiado, CDM y cáscara de huevo fue la que presentó valores más cercanos a los estándares de harina de carne y hueso.
- La sustitución de 5 y 8 % de harina de carne y hueso dentro de la formulación de balanceado para aves en fase inicial son las que presenta mejores características dentro de los parámetros evaluados.
- La mayor reducción de los costos se obtuvo con una sustitución del 8% de harina de carne y hueso, sin embargo para sustituir esta cantidad sería necesario una reorganización del proceso de elaboración de la harina de carne y hueso en la Compañía Avícola de Centro América.

5. RECOMENDACIONES

- Aplicar los resultados de este estudio en granja para evaluar la conversión alimenticia en el ave de acuerdo a la cantidad de harina de carne y hueso utilizada.
- Evaluar otros subproductos que ingresan a las plantas de procesamientos usados en la elaboración de harina de carne y hueso, para aumentar la producción de la misma, manteniendo la calidad nutricional.
- Evaluar la trazabilidad de otros proveedores externos de harina de carne y hueso para obtener el total requerido en la producción de balanceado.
- Evaluar el aporte nutricional de la harina de pluma, ya que es otro subproducto avícola de importancia en el aporte de calcio.
- Realizar un estudio económico más detallado sobre el uso de la harina de carne y hueso en la formulación de balanceado.

6. LITERATURA CITADA

Arbor Acres 2009. Guía de manejo de pollo de engorde. Consultado el 8 Septiembre 2014. Disponible en:
http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/smA-Acres-Guia-de-Manejo-del-Pollo-Engorde-2009.pdf

Barroeta, A., D. Izquierdo, y F. Pérez. 2009. Manual de Avicultura. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos (en línea). Consultado el 25 de Septiembre del 2014. Disponible en:
http://www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf

Caravaca, F. 2011. Introduccion a la Alimentación y Racionamiento Animal. EUITA. Sevilla (en línea). Consultado el 25 de Septiembre de 2014. Disponible en:
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Bases_para_la_Alimentaci%C3%B3n_Animal.pdf.

Cardona, M., J. Sorza, S. Posada, j. Carmona, S. Ayala. O. Álvarez 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. Vol. 15.246p.

Central América Data (CAD) 2012. Cultivo de soya en Guatemala. Red de negocios Centroamericana, Business to Business (en línea). Consultado el 5 de Junio 2013. Disponible en:
http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Nicaragua_altos_precios_de_soja_impulsan_produccion

Cobb 500 2012. Guía sobre Rendimiento y Nutrición de pollos de engorde Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde (en línea). Consultado el 23 Septiembre de 2014. Disponible en: http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/cobb500_bpn_supp_spanish.pdfsfvrsn=2

Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2014). Valoración Nutricional de harina de carne 50/14/26. Consultado el 20 de Septiembre del 2014. Disponible en:
http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-carne-501426

Food and Agriculture Organization (FAO) (1993). Atlas de Ubicación de Productos Agropecuarios Utilizables en la Planificación y Desarrollo de la Acuicultura en México (Cuernavaca, Morelos, México Editor. Dirección de Publicaciones de la Secretaría de Pesca.

Garzón, A.V. 2010. La soya como fuente proteica de la alimentación animal. Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Villavicencio. Colombia: 1-54

Granda, V. 2012. Formulación de una dieta óptima para pollos broiler en fase de engorde, basada en la bioconversión de la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) con enzimas fibrolíticas. Ing. en Biotecnología. Sangolquí. Ecuador 86p.

Indemundix 2013. Price data. Actualizado Mayo 2013.(en línea).consultado el 30 de junio. Disponible en:
<http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=maiz&meses=120>

Kebreau, R. y F. Durán. 2011. Análisis comparativo nutricional y económico de tres alimentos balanceados para vacas lecheras de alta producción. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 30 p.

Luna J. 2006. Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Investigación y Ciencia, vol. 14, núm. 36, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. P29-34.

Melgar, R., G. Vitti y V. Benites. 2011. Soya en Latinoamérica. Instituto Internacional de la Potasa., Sao Paulo, Brasil. Agro editorial de Alejandro Matthiess, Buenos Aires, Argentina .Boletín 20. 153p.

North, M.O. y D. D. Bell. 1993. Manual de Producción Avícola. 3° Edición. Ed. El Manual Moderno, México. *In* Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. p 01-32

Parsi J. L.M. Godio, R. Maffioli, A. Echevarría y P. Provencal .2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas *In*: Cursos de Producción Animal, FAV UNRC. P.01-32

Rodríguez, J. C. 2008. Mezclado y Mezcladoras. Nutrimentos Concentra S.A de C.V. (en línea) Consultado el 22 de agosto de 2014. Disponible en:
<http://www.cpbaurum.com/PDF/mez4b566.pdf22>

Sala R. y A.C Barroeta. 2003. Manual de microscopía de piensos. Universidad Autónoma de Barcelona, España 122p.

Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2013). Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria (en línea). Consultado el 18 de Septiembre de 2014. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_enero_2013.pdf

Sossa J. 2009. Tecnología de alimentos balanceados para animales. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Pontificia Bolivariana. 167p.

Valencia, R. R. A. y G.A. Ligarreto .2010. Mejoramiento genético de la soya (*Glycine max* [L.] Merrill). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Villavicencio. Colombia. Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.

7. ANEXOS

Anexo 1. Correlación entre análisis físico- químicos realizados.

Variables	Calcio	Fósforo	Energía
Ceniza	-0.60859 0.0357	—	—
Grasa	—	0.69881 0.0115	0.68102 0.0434
Proteína	—	—	0.83705 0.0049
P<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Anexo 2. Porcentaje de aminoácidos esenciales presentes en la soya y en harina de carne y hueso.

Aminoácido	Met.	Cist.	Lis.	Trip.	Treo.	Isole.	Hist.	Val.	Leu.	Arg.	Ala.
harina de soya	0.6	0.62	2.7	0.58	1.7	2.8	1.1	2.2	3.8	3.2	2.1
harina de carne y hueso	0.67	0.33	2.6	0.26	1.7	1.7	0.96	2.25	3.2	3.35	1.7

Fuente: Feedstuffs, 2014

Anexo 3. Formulaciones evaluadas en planta de procesamiento de harina de la Compañía Avícola de Centroamérica.

Formulación	HUMEDAD (%)	PROTEINA (%)	GRASA (%)	FIBRA (%)	CENIZA (%)	CALCIO (%)	FÓSFORO (%)
Referencia	3.10	56.25	17.92	1.25	16.16	3.36	1.50
Viscera	2.55	60.31	21.37	1.02	9.71	2.88	1.47
patas, CDM, cascara, pollo, víscera	3.64	56.98	12.58	1.28	17.95	7.07	1.57
Viscera, CDM, patas, pollo	3.44	73.58	17.05	1.16	12.85	4.03	1.41
Viscera, CDM, sedimento, patas, pollo	2.34	54.59	12.93	1.88	25.16	9.75	1.84
Viscera, cascara, carcasa	2.03	-	18.15	1.40	22.00	7.48	1.46

Anexo 4. Fórmulas utilizadas para calcular datos de análisis físico-químicos de acuerdo al método de la AOAC.

- **Proteína cruda**

$$B = \frac{B_1 + B_2}{2}$$
$$\%N = \frac{(T - B) * N * 14.007}{M * 10}$$

$$\text{Proteína} = \%N * 6.25$$

B= Promedio del volumen de ácido utilizado para los blancos B₁ y B₂.

T= Volumen de ácido utilizado para la muestra

N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado

M= Peso de la muestra

- **Humedad**

$$\%H = \frac{(C + MH) - (C + MS)}{(C + MH) - C} * 100$$

H: Porcentaje de humedad

C: Peso del crisol

MH: Peso de muestra húmeda

MS: Muestra seca

- **Ceniza**

$$\%CZ = \frac{(C+CZ) * 100}{(C+MH)}$$

C+CZ: Peso del crisol más ceniza

C: peso del crisol más muestra húmeda

- **Grasa**

$$\% \text{Grasa cruda} = \frac{EE}{P} * 100$$

T= Peso de la Taza (g)

EE= Peso Extracto Etéreo (g) = Peso Taza +EE – T

P= Peso de la Muestra (g)

- **Fibra cruda**

La formulación utilizada fue: Pérdida de peso en la incineración – pérdida de peso del blanco de fibra cerámica) x 100/peso de la muestra.

- **Calcio**

$$\frac{\text{mg}}{100} \text{ gr del analito} = \frac{L \times 25 \times F.D.}{P}$$

L: Lectura de la concentración en mg/100 gr

FD: Factor de dilución.

P: Peso de la muestra en gramos

- **Fósforo**

$$\frac{\text{mg}}{100} \text{ gr del analito} = \left(\frac{L}{P}\right) * 100$$

L: Lectura de la concentración en mg/100 gr

P: Peso de la muestra en gramos