UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Diseño, fabricación y evaluación de un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya para pequeños y medianos productores

YULLY ANDREA BECERRA TORO
Código 7415501

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencia Animal
Palmira, Colombia
2019

Diseño, fabricación y evaluación de un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya para pequeños y medianos productores

YULLY ANDREA BECERRA TORO
Código 7415501

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Agrarias

Director (a):

Jose Ader Gómez Peñaranda. Zoot., Ph.D.

Línea de Investigación:

Línea Producción Animal Tropical

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencia Animal

Palmira, Colombia

2019

Agradecimientos

A mis padres, hermana, cuñado y mis hermosos sobrinos por su comprensión, apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida y por el estímulo para que me supere día a día, encontrando en ellos las fuerzas necesarias para llegar hasta el final. Esta tesis va dedicada a ello …

A mi tutor y director de tesis el Profesor José Ader Gómez Peñaranda, por la acertada orientación que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado; por el apoyo y confianza que me ha brindado y por creer en mis capacidades como profesional e investigadora.

A la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo para realizar mis estudios de maestría.

Al Laboratorio Experimental Granja Mario González Aranda por abrirme las puertas y poder llevar a cabo la fase de campo de este trabajo.

En especial mención merece las personas cuya colaboración ha sido importante en el desarrollo de este trabajo, a Jairo Soto por su ayuda y apoyo en la fase de campo; a Fernando Ramos, Nelson Leal y Guillermo Perenguez por su colaboración en las diferentes actividades en el Laboratorio experimental con los animales, compartirme un poco de su conocimiento y por su calidez humana.

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo diseñar, fabricar y evaluar un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya integral de pequeños y medianos productores. El ensayo biológico se realizó en el laboratorio experimental Granja Mario González Aranda de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, para ello se utilizaron 120 pollos (Ross 308AP) por un periodo de 40 días. En los 21 primeros días los pollos fueron alimentados con una dieta balanceada de inicio comercial (T_1) y dieta balanceada con soya integral procesada (T_2); del día 22 al 40 se suministró una dieta balanceada de finalización comercial (T_1) y dieta balanceada de finalización con soya integral procesada (T_2). Cada dieta fue suministrada ad libitum a 8 grupos de 15 pollos cada uno hasta los 40 días de edad. Los resultados muestran que el tratamiento con torta de soya tuvo mejor ganancia de peso, índice de conversión y consumo de alimento, comparado el tratamiento con soya integral.

Mediante el equipo de cocción semi-industrial diseñado en esta investigación, se pudo procesar la soya integral e inhibir sus compuestos anti-nutricionales, para poder ser utilizado en la producción de pollos de engorde. A pesar de que su crecimiento fue moderadamente inferior a la dieta control (torta de soya), los resultados del desempeño productivo de los pollos de engorde alimentados con una dieta que contenía soya integral procesada por un método semi-industrial, fueron buenos y estuvieron dentro de los estándares establecidos para una fase de producción de 40 días.

Este trabajo de investigación estudió las ventajas nutricionales que ofrece la soya integral y la posibilidad de encontrar mecanismos sencillos para su procesamiento y control de calidad, que beneficien su utilización en alimentos balanceados.

Palabras claves: Torta de soya, soya integral, equipo, cocción, crecimiento, nutrición, económico.

Contenido

Pág.

1. OBJETIVOS 5
1.1 Objetivo General 5
1.2 Objetivos Específicos 5

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6

3. JUSTIFICACION 8

4. HIPOTESIS 8

5. REVISION DE LITERATURA 9
5.1 Sistemas de producción avícola 9
5.1.1 Explotación extensiva 9
5.1.2 Explotación semi-intensiva 9
5.1.3 Explotación intensiva 10
5.2 Conceptos básicos en sistema de producción avícola 10
5.2.1 Alimentación 10
5.2.2 Nutrientes 11
5.2.3 Necesidades nutritivas 12
5.3 Reactivo soyatest 13
5.4 Soya 14
5.5 Contenido energético 18

6. METODOLOGIA 20
6.1 Ubicación 20
6.2 Condiciones Operativas 20
6.3 Aves 20
6.4 Ingredientes de las dietas 21
6.5 Equipos 21
6.6 Reactivo 21
6.6.1 Análisis de calidad de la soya mediante reactivo *Soyatest* 21
6.7 Dietas Experimentales 23
6.7.1 Elaboración de dietas 23
6.8 Ensayos Experimentales 24
6.8.1 Ensayo 1 24
6.8.2 Ensayo 2 25
6.9 Control en el rendimiento productivo en pollos de engorde 26
6.10 Análisis de eficiencia económica 27

6.11 Análisis estadístico 27

7. CONSIDERACIONES ETICAS 28

8. RESULTADOS Y DISCUSION 28
8.1 Diseño y fabricación del equipo 28
8.2 Sistema para deshidratación de soya integral por calor solar 35
8.3 Verificación del procesamiento pos-cosecha de la soya integral mediante el reactivo soyatest 38
8.4 Proceso de secado: 43
8.5 Crecimiento y eficiencia nutritiva 46
8.5.1 Fase Iniciación (1 a 21 días) 46
8.5.2 Fase Finalización (22 a 40 días) 48
8.5.3 Total, periodo experimental (1 a 40 días) 50
8.5.4 Supervivencia 51
8.6 Análisis Económico 52

9. CONCLUSIONES 53

10. RECOMENDACIONES 54

11. BIBLIOGRAFIA 55

Lista de figuras

Pág.

Figura 8-1: Diseño del equipo para procesamiento de la soya integral y modulo para bandejas..... 29
Figura 8-2:. Recipientes para cocción y procesamiento de soya integral..... 29
Figura 8-3:. Equipo para cocción y conducción de calor para secado de soya integral.. 29
Figura 8-4:. Ensamblaje del equipo para procesamiento – cocción de soya integral 30
Figura 8-5: Equipo semi-industrial para procesar soya integral 31
Figura 8-6: Modulo de bandejas con capacidad para siete bandejas..... 32
Figura 8-7: Tamiz para filtrar el agua en diferentes angulos. 32
Figura 8-8. Gancho..... 33
Figura 8-9. Secador tipo invernadero o marquesina 35
Figura 8-10. Secador o marquesina, parte externa..... 36
Figura 8-11. Secador o marquesina, parte interna..... 37
Figura 8-12. Secador o marquesina, parte interna con los módulos para bandejas y bandejas..... 37
Figura 8-13. Verificación de muestras de soya procesada con el reactivo Soyatest 39
Figura 8-14. Equipo semi-industrial completo 40
Figura 8-15. Cocción de la soya en el equipo semi-industrial y termocupla para medir temperatura..... 41
Figura 8-16. Distribución de la soya procesada en los módulos con las bandejas. 41
Figura 8-17. Secador tipo invernadero con la soya procesada en los módulos con las bandejas..... 44
Figura 8-18. Proceso de molienda de la soya seca procesada..... 45
Figura 8-19. Soya seca procesada molida..... 46

Lista de tablas

Pág.

Tabla 5-1: Recomendaciones de National Research Council (NRC) (1994). 13
Tabla 5-2: “Recomendaciones nutricionales para broilers” (Leeson y Summers, 1991) citado por (Santomá, 1994). 13
Tabla 6-1: Fases de las dietas para pollos de engorde. 23
Tabla 6-2: Formulaciones de dietas balanceadas para pollos de engorde. 23
Tabla 6-3: Tratamientos experimentales. 24
Tabla 6-4: Tratamientos experimentales. 25
Tabla 8-1:Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en la fase de iniciación (1 a 21 días) 47
Tabla 8-2: Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en la fase de finalización (22 a 40 días) 48
Tabla 8-3: Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en el total del periodo experimental (1 a 40 días) 50
Tabla 8-4: Porcentaje de supervivencia del lote en todo el experimento. 51
Tabla 8-5: Parámetros económicos del lote en todo el experimento. 52

Introducción

“La nutrición sigue siendo el factor de mayor incidencia en los costos de producción avícola, siendo la energía y la proteína los elementos de mayor importancia en las dietas” (Lopez, A; Saavedra, A; Avila, V; Santos, 1987).

“La soya es una de las leguminosas más importantes en la seguridad alimentaria y nutricional a nivel mundial humana y animal debido a su alto contenido de proteína” (Lobo, 2016).

> La importancia de la soya radica en sus subproductos, de los cuales el principal es la harina, base para la producción de alimentos balanceados para la avicultura y la ganadería intensiva (porcina y vacuna), por su alto contenido proteínico y de aminoácidos esenciales indispensables en la dieta de animales monogástricos (Perez, 2007).
>
> La producción mundial de soja de 2016 fue de 351.31 millones de toneladas métricas y en América Latina 47 millones de hectáreas se han dedicado a este cultivo (Telesur, 2017), Colombia ocupa el séptimo puesto, con 77.000 toneladas métricas de soja, bajo en superficie cosechada en soya, inferior a la de Brasil, Argentina y Paraguay, y sólo superior a países como Venezuela y Perú. Sin embargo, esta ubicación está en riesgo, más cuando la falta de materiales con ventajas comparativas reflejó un mínimo de siembra en el primer periodo del 2016 (Corpoica, 2016).

La evolución de la producción nacional de soya indica que en el año 2001 el país no alcanza a producir el 20% de la demanda nacional de soya, debido a los limitantes tecnológicos, socioeconómicos y de mercados (García *et al.*, 2006).

> Los factores limitantes en la producción han inducido una reducción de las áreas de siembra de soya en el país y una progresiva disminución de la relación beneficio

– costo, lo cual favorece las importaciones de granos, aceites y concentrados a bajo costo (García *et al.*, 2006).

Colombia por su diversidad de clima y suelos cuenta con áreas potenciales para el cultivo de la soya encontrándose entre otras el Valle del Cauca, la costa Atlántica, los Valles interandinos y los Llanos Orientales, pero debido a q la producción es irregular y poco competitiva el gobierno tiene que recurrir a importaciones permanentes para satisfacer la demanda de las fábricas productoras de concentrados, lo que encarece notablemente el valor final del alimento para animales (Garzón, 2010)

Colombia, a pesar de tener condiciones agroecológicas ideales para la producción de soya, importa cerca del 93% de sus necesidades, cercanas al millón de toneladas anuales. Los bajos rendimientos de grano y altos costos de producción son los dos elementos que el panorama de la producción de soya en el país sea desalentador y la necesidad de importar el grano y torta (MADR, 2008), para suplir parcialmente las necesidades internas (Valencia & Ligarreto, 2010).

El grano de soya tiene 37% de proteína cruda y 3200 kcal EM/kg de materia seca (Garzon, 1997). Por otro lado, según Rostagno *et al,* (2005), el grano integral de soya extruido o tostado contiene 37% de proteína bruta, 1,94% de lisina digestible para aves y 4938 kcal de energía bruta (Hurtado-Nery, Corredor, & Torres, 2010)

“El frijol de soya es una fuente excelente tanto de energía como de proteína para las aves” (Rueda, 2016). Actualmente la soya está considerada como la fuente proteica de mejor elección para la alimentación de cerdos y aves en crecimiento y finalización por su alto contenido proteico, alta digestibilidad (82%), buen balance de aminoácidos, calidad consistente y bajos costos comparada con otras fuentes proteicas (Garzón, 2006).

En nutrición animal existe la posibilidad de utilizar la semilla de soya en dos formas principales: como semilla integral antes de ser procesada o como torta (harina) de soya. Debido a que el valor nutritivo tanto de la semilla de soya cocida como de la torta de soya es excelente, la decisión para utilizar cualquiera de estos dos productos depende fundamentalmente del aspecto económico (Buitrago, Portela, & Jimenez, 1980).

Trabajos de investigación realizados por el grupo multidisciplinario del programa de avicultura de ICA en Palmira demostraron que la soya integral cocida (SIC) puede reemplazar la totalidad de la torta de soya como fuente de proteína en la elaboración de dietas para pollos de engorde, con mejores aumentos de peso, menor consumo de alimento y mejor conversión alimenticia (García *et al.*, 2006).

En el C.I La libertad en el programa de economía campesina se llevó a cabo una investigación en alimentación de pollos de engorde comparando la soya integral tostada (SIT) con la torta de soya y un concentrado comercial en donde se pudo observar que la inclusión de la soya integral tostada (SIT) como única fuente de proteína garantiza los requerimientos proteicos de los pollos en las fases de iniciación y acabado, observando igualmente una alta concentración de energía metaboliza le y ácido linoleico (García *et al*., 2006).

La energía presente en los alimentos es un componente fundamental para la elaboración de dietas para aves, por eso un conocimiento del valor energético de los alimentos es de fundamental importancia nutricional y económica para la formulación de dietas que resulten en un óptimo desempeño de los animales (Sakomura y Rostagno, 2007, citados por Rueda & Giraldo, 2018).

El interés por el uso de soya integral en alimentación animal se tradujo en varias propuestas para desarrollar dietas y procesos que pudieran implementarse a nivel de pequeños y medianos productores para facilitar su introducción a programas de alimentación que fueran asequibles y sencillos, orientados a lograr una mayor integración y autoconsumo de los productos con valor agregado. Estos desarrollos fueron iniciados por el ICA, el CIAT y la Asociación Americana de Soya entre los años 1970 y 1980, en varios trabajos de investigación (Ávila *et al,* 1988; López *et al,* 1986; Buitrago, 1992), pero fueron descontinuados a raíz del desestimulo para la siembra de soya en estas regiones de potencial probado para su cultivo.

Durante el tiempo de las investigaciones realizadas en los programas avícolas del ICA y CIAT se pudo demostrar el beneficio productivo y económico obtenido al incluir la soya integral como complemento a los granos de cereales y a otros cultivos que se producían localmente (especialmente yuca) (Buitrago, 2011)

Con base en lo anterior, en la presente investigación se diseña, fabrica y evalúa un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya integral de pequeños y medianos productores; posteriormente se realiza prueba de validación del proceso desarrollado incorporando niveles máximos de soya integral procesada en dietas balanceadas y se evaluaran sus resultados productivos y económicos, comparándolos con dietas convencionales sin soya integral, durante un periodo comprendido entre 1 a 21 días para pollos en crecimiento (iniciación) y 22 a 40 días para pollos de engorde (finalización).

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Diseñar, fabricar y evaluar un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya integral de pequeños y medianos productores

1.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar y fabricar un equipo semi-industrial que permita procesar la soya integral para inhibir compuestos antinutricionales.
2. Evaluar la soya procesada mediante la utilización de una prueba cualitativa que determine la eliminación de factores antinutricionales.
3. Evaluar el rendimiento productivo de pollos de engorde alimentados con dietas balanceadas incorporando soya integral procesada frente a dietas convencionales.
4. Evaluar la eficiencia económica de dietas balanceadas incorporando soya integral procesada frente a dietas convencionales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La soya es una materia prima fundamental para la elaboración de alimentos balanceados para animales, en Colombia se importan aproximadamente 685.000 ton/año de este grano y casi todo es utilizado para la producción de soya integral destinadas para la formulación de dietas para animales. También se cuenta con 18.000 Ton/año de producción nacional, de la cual aproximadamente el 90% se destina a la alimentación animal y el 10% restante a producción de aceite y semilla (Rueda & Giraldo, 2018).

La producción pecuaria familiar juega un rol preponderante para dar solución al problema del hambre en la región. La pequeña producción pecuaria puede y genera una parte importante de alimentos necesarios para el mercado interno de los países de América Latina y el Caribe, mejorando la seguridad alimentaria y la nutricional, y por ende contribuyendo significativamente al desarrollo nacional (FAO, 2017)

Los pequeños productores requieren para su desarrollo no solo el acceso a mejores y nuevas tecnologías, sino especialmente a innovaciones en los sistemas de producción, que garanticen su acceso a mercados y/o mejoren la contribución del autoconsumo a los requerimientos de las dietas alimentarias (FAO, 2017).

El grano de soya crudo no puede utilizarse directamente como alimento humano o animal debido a la presencia de factores antinutricionales (antitripsinicos, hemaglutininas, saponinas, entre otros). “Estos elementos son termolábiles y pueden ser removidos por tratamiento térmico, tostado o cocido” (Fialho y Pinto, 1997 citado por Hurtado *et al*., 2010).

El control estricto en el tiempo y temperatura de procesos (95 – 100ºC durante 15 a 20 min o 120 – 150ºC durante 1 a 3 min) es crítico para garantizar la eliminación de los factores antinutricionales, sin afectar la disponibilidad de los nutrientes en el grano (Buitrago *et al*., 1980).

Hasta el momento la soya integral ha sido procesada únicamente en equipos extrusoras complejos y de alto costo, que utilizan las grandes empresas de alimentos concentrados pero que no están al alcance de los pequeños y medianos productores.

Existen diversos métodos para procesar la semilla de soya, que incluyen tratamientos con calor humero o calor seco. Entre los sistemas mas utilizados se pueden mencionar la simple cocción en agua, por vapor caliente, calentamiento con rayos infrarrojos y la extrusión (combinación de presión y calor). Anteriormente, el equipo industrial mas utilizado para el calentamiento de la semilla se basa en el calor seco, usando llama de gas o calor infrarrojo. En el caso de que la temperatura empleada sea inferior (100-120°C), el tiempo de cocción debe prolongarse hasta 4-5 minutos. Cuando la semilla se cocina en agua (100°C) se requiere mayor tiempo de cocción, generalmente entre 10 y 15 minutos. (Buitrago *et al*., 1980).

Ante la falta de incentivos y la baja producción de cultivos de soya, las investigaciones basadas en el procesamiento del grano fueron descontinuadas y la elaboración de alimentos animales se trasladó principalmente a las grandes industrias, con productos fabricados a base de ingredientes importados, por lo cual la incipiente cadena productiva fue desapareciendo, favoreciendo el surgimiento paralelo de las grandes industrias avícolas en unidades productivas de alto volumen y eficiencia, que desestimaron las explotaciones de pequeños productores.

Por esta razón la utilización de concentrados comerciales en la alimentación de pollos de engorde es una opción muy costosa que afecta los rendimientos económicos, energéticos, y fisiológicos de la productividad en sistemas campesinos.

3. JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta las ventajas importantes que ofrece la utilización de la soya integral en alimentación animal y la posibilidad de encontrar mecanismos sencillos para su procesamiento y control de calidad, esta investigación tiene como objetivo diseñar, fabricar y evaluar un equipo semi-industrial para el procesamiento de soya integral, la cual será útil para que el pequeño productor resuelva el problema de altos costos en la fabricación de alimentos balanceados para pollos de engorde, como alternativa para mejorar los rendimientos de su producción.

4. HIPOTESIS

La utilización de la soya integral en la alimentación de pollos de engorde mediante procesos de cocción SI se constituye en una alternativa económica y fisiológica en el contexto de sistemas campesinos.

La utilización de la soya integral en la alimentación de pollos de engorde mediante procesos de cocción NO se constituye en una alternativa económica y fisiológica en el contexto de sistemas campesinos.

5. REVISION DE LITERATURA

5.1 Sistemas de producción avícola

5.1.1 Explotación extensiva

Los animales se encuentran libres y en los alrededores de la casa donde encuentran su alimento (por ejemplo, semillas, minerales, insectos, hierbas); y tienen lugares para descansar y dormir (percheros). La familia productora invierte poco tiempo en su manejo y, en algunos casos, suministra a las aves maíz quebrado, masa de maíz y sobras de comida (Villanueva *et al*., 2015)

El sistema tiene un bajo costó en mano de obra y alimento para las aves; lo cual se relaciona con los bajos indicadores de producción de carne, en comparación con los sistemas intensivos, ya que los animales consumen mucha energía al moverse en busca de alimento, no cubren sus requerimientos nutricionales para la producción y, en muchos casos, existe una limitación genética para el uso de aves criollas (Villanueva *et al*., 2015)

En este sistema, los animales deben ser encerrados por la noche para evitar pérdidas por rojo o para que no sean devorados por sus depredadores naturales como el coyote, la zarigüeya o la comadreja (Villanueva *et al*., 2015)

5.1.2 Explotación semi-intensiva

En esta modalidad de explotación, los animales cuentan con un área libre y otra área cubierta o cerrada. En el área libre es deseable que haya vegetación, para que las aves pastoreen; en el área cubierta o cerrada se encuentran los comederos, bebederos y percheros, para que las aves duerman y se protejan de la lluvia y del Sol (Villanueva *et al*., 2015)

según (Villanueva *et al*., 2015) “El sistema presenta las siguientes ventajas”:

- No requiere infraestructura o equipo costoso; se usan recursos de la finca o se reutilizan materiales como botellas, recipientes, etc.

- Las aves de encuentran protegidas de depredadores y robos.
- Las aves son manejadas por toda la familia.
- La suplementación de alimentos, minerales y vitaminas es más eficiente.
- En el área de pastoreo, las aves encuentran hojas, semillas e insectos que contribuyen a reducir los costos de alimentación.
- Facilita el manejo sanitario preventivo y curativo, y reduce la mortalidad (en comparación con el sistema extensivo).
- Incrementa la producción de carne.

5.1.3 Explotación intensiva

Los animales permanecen encerrados en galpones, que cuentan con comederos y bebederos. En el caso de los pollos de engorde, se cubre el piso con una capa de cascarilla de arroz o viruta de madera. Es más adecuado manejar a las aves en piso por motivos de bienestar animal (Villanueva *et al*., 2015)

Este sistema demanda infraestructura especial. La alimentación se basa en alimentos concentrados, para lograr una máxima producción de carne. Por lo anterior, este sistema requiere mayor inversión que los otros y no es el indicado para las familias productoras de pequeña escala (Villanueva *et al*., 2015)

5.2 Conceptos básicos en sistema de producción avícola

5.2.1 Alimentación

“Las aves para realizar funciones de mantenimiento, crecimiento, reproducción y otras actividades para su alimentación, cuidado, etc., necesitan nutrientes y agua que los obtienen a través de los alimentos” (Garcia T, Juan, Moreno, & Gisela, 2014).

5.2.2 Nutrientes

Según (Garcia T *et al*., 2014) “Los principales nutrientes que se tienen en cuenta para formular las dietas del animal son energía, proteínas, ácidos grasos, minerales y vitaminas”.

La ENERGIA es obtenida por las aves de diferentes compuestos de los alimentos como son los almidones, azucares, grasas, proteínas y en menor medida la fibra, aunque esta juega un factor importante rol fisiológico en las aves (Garcia T *et al*., 2014).

La PROTEINA de los alimentos aportan los aminoácidos esenciales a las aves y el nitrógeno para que ellas puedan, si es necesario, sintetizar los aminoácidos no esenciales y otros compuestos nitrogenados que tiene el organismo. La proteína juega un papel muy importante en el metabolismo de las aves, ya que es un compuesto esencial en los músculos, la piel, el huevo y de otras sustancias del organismo. Los aminoácidos esenciales para las aves son 22 pero lo que limitan frecuentemente la producción son la lisina, metionina, cistina y treonina (Garcia T *et al*., 2014).

La GRASA aporta 2,25 veces más energía a la ración que los almidones, sin embargo, en las aves también son importantes por su aporte de ácido linoleico, que es esencial para las aves y que es abundante en las grasas vegetales insaturadas (Garcia T *et al*., 2014).

La FIBRA es poco utilizada por las aves ya que solo se digiere parcialmente en el ciego por las bacterias que existen en esta parte del intestino. No obstante, la inclusión de niveles moderados de fibra de calidad estimula la motilidad intestinal; favorece el reflujo de la digesta, la producción de enzimas, ácidos y la proliferación de la flora intestinal beneficiosa con lo cual se benefician los procesos de calcificación, la utilización de la proteína de origen vegetal y el control de organismos patógenos incluyendo la Salmonella (Garcia T *et al*., 2014).

Los MINERALES y las VITAMINAS; de los minerales los que más se controlan en la alimentación de las aves son el calcio (Ca), fosforo (P), sodio (Na), potasio (K), y cloro (Cl), son los llamados macrominerales (Garcia T *et al*., 2014).

El Ca interviene en la calcificación de los huesos, se debe evitar tanto su defecto como exceso; los defectos pueden crear descalcificación de las aves, su exceso puede provocar ureolitiasis en pollitas (Garcia T *et al*., 2014).

El P se emplea principalmente para reconstruir los huesos, y es esencial en el metabolismo energético de las aves (Garcia T *et al*., 2014).

El Na, K y Cl son esenciales para mantener un equilibrio iónico, su desequilibrio provoca bajadas del consumo de alimento y producción de heces liquidas, inclusive un exceso de Cl puede ser perjudicial en los procesos de calcificación (Garcia T *et al*., 2014).

Los microminerales u oligoelementos y las vitaminas son esenciales para el metabolismo de los animales, y por tanto para su producción, salud y bienestar. Las vitaminas son importantes la A, C y E, la biotina y el ácido fólico (Garcia T *et al*., 2014).

5.2.3 Necesidades nutritivas

“Se establecen en varias etapas, caracterizados por diferencias notables de desarrollo fisiológico y la necesidad de preparar correctamente al animal” (Lázaro y Col., 2008)

La presente investigación se realizará con pollos de crecimiento iniciación de 1 a 21 días y finalización de 22 a 40 días; las necesidades de estas etapas son:

Los requerimientos de nutrientes en los pollos de engorde generalmente disminuyen con la edad. Desde un punto de vista clásico, dietas de inicio, crecimiento y termino son incorporadas en los programas de crecimiento de las aves. Sin embargo, los requerimientos de las aves no cambian abruptamente en días específicos, sino que cambian continuamente a través del tiempo (Lazo Barrera, 2016).

Tabla 5-1: Recomendaciones de National Research Council (NRC) (1994).

Edad (semanas)	0 - 3	3 - 6	6 – 8
Energía metabolizable	3200	3200	3200
Proteína bruta	23	20	18

Tabla 5-2: "Recomendaciones nutricionales para broilers" (Leeson y Summers, 1991) citado por (Santomá, 1994).

	ARRANQUE			CRECIMIENTO			ACABADO		
EM (Kcal/Kg)	3050	3050	2900	3150	3150	3000	3200	3200	3050
PB %	26	22	20	22	20	18	20	18	16

En la presente investigación se observará conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, índice de productividad, mortalidad.

5.3 Reactivo soyatest

Según el reactivo Soyatest, es una prueba rápida para determinar la cocción adecuada de la soya, está basada en la determinación del nivel de la enzima ureasa en el grano integral crudo. Este grado de actividad de la ureasa está directamente relacionado con el nivel de los factores antinutricionales (antitripsina, lipoxigenasa) que son los causantes de los problemas que afectan la digestibilidad de la proteína de soya en el tracto intestinal. Cuando el grado de cocción es elevado (>100°C) la enzima se destruya casi totalmente (con valores cercanos a 0 unidades de ureasa en la muestra de soya procesada) después de 5-6 minutos por el efecto del calor y se genera amonio y CO_2, aunque queda un pequeño remanente de la enzima que alcanza a ser detectado por pruebas de laboratorio. Cuando la acción del calor es extrema (>100°C) durante más de 10 minutos, la enzima es totalmente destruida sin dejar trazas en la muestra de soya (0 unidades de ureasa). Simultáneamente se produce un cambio en el pH de la muestra que también es importante para determinar el grado de cocción ya que el reactivo tiene componentes muy sensibles a los cambios de pH, los cuales se expresan por cambios en el color al final de la reacción.

En la elaboración del reactivo de laboratorio desarrollado por el laboratorio Nutrianalisis, utilizaron elementos que generan un color violeta al entrar en contacto con la soya cruda ya que contiene la mayor cantidad de ureasa, mientras este cambio no se observa cuando la soya ha sido procesada por calor superior a 100°C y la ureasa ha sido inactivada. El reactivo se prepara en forma líquida y permite realizar pruebas cualitativas rápidas, especialmente indicadas para determinaciones rutinarias de campo, el cual puede proporcionar seguridad suficiente para determinar la calidad de la cocción utilizada en el proceso para poder ser incluida en la preparación de alimentos para animales.

5.4 Soya

La soya (*Glycine max*), es una planta alimenticia que produce una semilla, como el girasol u otras oleaginosas; es originaria del este de Asia, donde ha sido utilizada en la alimentación humana desde hace más de 4000 años. Su potencial como un producto de calidad nutricional se conservó como un secreto de los orientales hasta el siglo XX. A partir del año 1990 se inició su introducción a otras culturas de Europa y América. A pesar de que las primeras semillas de soya ingresaron a los Estados Unidos desde 1904, el primer aprovechamiento comercial realmente se realizó en 1911. Después de 1920 la soya se estableció en el medio oeste americano donde encontró las condiciones climáticas para convertirse en un cultivo comercial de gran impacto productivo y económico (Newman *et al*., 2007).

Los principales países productores de soya en el continente americano son: Estados Unidos, Canadá, Brasil, Argentina, Paraguay y Bolivia. El interés inicial de la soya en la industria se orientó hacia la utilización del aceite como sustituto de las grasas animales. La proteína de la soya se incluyó inicialmente en la alimentación animal a través del subproducto (torta) resultante de la extracción del aceite o mediante procesos rudimentarios de cocción para eliminar los factores antinutricionales (factores que interfieren en la absorción de micronutrientes) (Newman *et al*., 2007).

Según (Newman *et al*., 2007) “Las características nutricionales más importantes de esta semilla son”:

- Proteína de alta calidad y digestibilidad
- Fibra dietética: coadyuva en las funciones digestivas
- Ácidos grasos esenciales: acido linoleico y linolénico
- Lecitina y fosfolípidos: importantes en el metabolismo intermediario y en la movilización de las grasas

La soya es la semilla oleaginosa que ofrece mayor cantidad y mejor calidad de proteína entre los productos vegetales utilizados en alimentación animal (Buitrago *et al*., 1980). La soya integral se caracteriza por su alto contenido de grasa (17-20%) muy insaturado y rica en acido linoleico (50%), el nivel de proteína también es alto (36-38%) pero tiene factores antinutricionales (inhibidor de la tripsina) que deben ser suprimidos mediante tratamiento térmico.

> En nutrición animal existe la posibilidad de utilizar la semilla de soya en dos formas principales: como semilla integral antes de ser procesada o como torta (harina) de soya. Debido a que el valor nutritivo tanto de la semilla de soya cocida como de la torta de soya es excelente, la decisión para utilizar cualquiera de estos dos productos depende fundamentalmente del aspecto económico (Buitrago *et al*., 1980).

Tanto la semilla integral como la torta de soya procesada en forma adecuada, contiene proteína de excelente calidad nutritiva. Según el proceso utilizado en la extracción del aceite, la torta de soya debe contener entre 42 y 51% de proteína cruda. La semilla integral contiene generalmente entre 37 y 38% de proteína. Estos productos tienen buen balance de aminoácidos, exceptuando la metionina (Buitrago *et al*., 1980).

El balance de aminoácidos en la ración depende de la mezcla de ingredientes que se están utilizando en combinación con soya. A medida que se reduce la cantidad de proteína aportada por la soya otros aminoácidos pueden resultar limitantes, en caso de que no sean aportados en cantidad suficiente por los demás ingredientes. Después de la metionina, pueden resultar limitantes la lisina, el triptófano y la treonina en la proteína aportada por la soya.

Debido a la mayor concentración de aceite (18%), la semilla integral aporta una mayor cantidad de energía (4500 Kcal de energía digestible / kg). El mayor nivel de energía

digestible o metabolizable en raciones a base de semilla integral es la principal explicación para la mejor eficiencia de conversión alimenticia. Por otra parte, el aceite de la semilla de soya contiene gran cantidad de ácidos grasos no saturados (especialmente aceite linoleico). La semilla cruda contiene sustancias antimetabolicas (antitripsina), que inhiben los procesos proteolíticos normales durante la digestión del alimento. Un tratamiento térmico adecuado destruye estas antienzimas, además de inhibir la acción toxica de la hemaglutinina e incrementar la disponibilidad de los aminoácidos cistina y metionina, gracias a una más rápida liberación mediante la acción enzimática (Buitrago *et al*., 1980).

La intensidad de la temperatura y la duración del tratamiento calórico influyen directamente en los cambios de calidad proteica del producto. Un tratamiento demasiado severo destruye los efectos favorables que se pueden lograr con un tratamiento moderado. El tratamiento ideal debe proporcionar la temperatura y condiciones adecuadas que permitan la destrucción de las antienzimas pero que no afecten la disponibilidad de aminoácidos o resulten en alteración de otros componentes nutritivos en la semilla de soya (Buitrago *et al*., 1980).

Existen varios métodos para procesar la semilla de soya, por lo general el equipo industrial más utilizado para el calentamiento de la semilla se basa en el calor seco, usando llama de gas o calor infrarrojo. También el proceso de extrusión está siendo utilizado cada vez más; este sistema se obtiene un calentamiento adecuado mediante la fricción, resultante de forzar el paso de la semilla cruda a través de pequeños orificios. “En la mayoría de los procesos la temperatura que produce los mejores resultados en términos de rendimiento es de 120 – 150°C”. (Buitrago *et al*., 1980).

En la actualidad, el uso de soya integral para alimentación animal solo se realiza a nivel de las grandes fábricas de alimentos, donde existen equipos complejos y de alto costo que utilizan el producto para reforzar las dietas balanceadas. El mayor volumen de soya en la dieta se obtiene a partir de la torta de soya que es importada de EEUU y de países del Cono Sur, en un volumen cercano a un millón de toneladas por año (Fenalce y DANE, 2014)

Normalmente los alimentos balanceados para aves de postura se elaboran con altos niveles más del 50% de cereales (principalmente maíz), soya (alrededor del 20%) y

porcentajes variables de proteína animal (harinas de carne y/o pescado), aceites o grasas, melaza y microingredientes.

La torta o harina desgrasada de soya constituye el producto proteico más importante peso, a diferencia de la soya integral, tiene limitaciones en el nivel de energía debido a su bajo contenido de aceite (Snyder, 1987; ASA, 1998). En este caso, las fabricas utilizan en sus formulaciones aceites vegetales o grasas animales que normalmente tienen un alto costo de algunas limitaciones sanitarias y ambientales. La soya integral elimina la necesidad de adicionar aceites o grasas razón por la cual la mayoría de plantas de concentrados han incursionado en esta práctica, utilizando equipos para procesar el grano integral, disminuyendo así el nivel de aceites usados. Por otra parte, la soya integral aporta ácidos grasos esenciales (omega 3 y 6, lecitina y fosfolípidos, que no existen o son muy pobres en otras grasas o aceites y que son elementos de gran valor nutricional y de importancia en la salud humana (teniendo en cuenta el concepto de alimentos saludables, tendencia que ha adquirido gran importancia en muchos grupos de consumidores (Monari, 1990; Torum *et al*, 1981; Lecithin and Choline, 1996; Anderson *et al*, 1979; Hopkins *et al*, 1981; Wilcke *et al*, 1979).

El interés por el uso de soya integral en alimentación animal se tradujo en varias propuestas para desarrollar dietas y procesos que pudieran implementarse a nivel de pequeños y medianos productores para facilitar su introducción a programas de alimentación que fueran asequibles y sencillos, orientados a lograr una mayor integración y autoconsumo de los productos con valor agregado. Estos desarrollos fueron iniciados por el ICA, el CIAT y la Asociación Americana de Soya entre los años 1970 y 1980, en varios trabajos de investigación (Ávila *et al,* 1988; López *et al,* 1986; Buitrago, 1992), pero fueron descontinuados a raíz del desestimulo para la siembra de soya en estas regiones de potencial probado para su cultivo. Estudios similares también han sido realizados en otros países, especialmente en EEUU, Canadá y países europeos (Buitrago *et al.,* 1977; Creensahw *et al.,* 1985; Lepley, 1983; Noland, 1985; Waldroup, 1985; Lázaro *et al.,* 2002; Willis, 2014; Mateos *et al.,* 2002; Armour *et al.,* 1998; Friesen *et al.,* 1993; Pérez *et al.,* 2003).

Durante el tiempo de las investigaciones realizadas en los programas avícolas del ICA y CIAT se pudo demostrar el beneficio productivo y económico obtenido al incluir la soya

integral como complemento a los granos de cereales y a otros cultivos que se producían localmente (especialmente yuca) (Buitrago, 2011)

5.5 Contenido energético

Se sabe que la energía es un componente esencial en la formulación de dietas para animales y es de suma importancia conocer los valores precisos de los aportes nutricionales de cada una de las materias primas, cuando esto no sucede se corre el riesgo de balancear dietas que no corresponden a los valores nutricionales elegidos, lo cual lleva a asumir márgenes de seguridad que en consecuencia implican mayores costos, que sin duda se trasladan al productor, además de los posibles efectos sobre la eficiencia productiva que ello conlleva (Uribe, 2000) (citado por Rueda Agudelo, 2016). Por lo tanto, la precisión en la determinación de los valores de EM puede reflejar un incremento en la ganancia de peso de las aves y principalmente en su eficiencia alimenticia (Ost. *et al*, 2005) (citado por Rueda Agudelo, 2016).

La energía presente en los alimentos es un componente fundamental para la elaboración de dietas para aves, por eso un conocimiento del valor energético de los alimentos es de fundamental importancia nutricional y económica para la formulación de dietas que resulten en un óptimo desempeño de los animales (Sakomura y Rostagno, 2007) citado por Rueda Agudelo, 2016). Una suplementación adecuada de energía es un factor muy importante para garantizar el éxito de los programas nutricionales. Debido a las diferentes características de los procesos, se presume que el contenido de energía metabolizable varía en función de los mismos, y tal como afirman Freitas *et al* (2005) con las soyas procesadas deben considerarse diferentes valores de energía metabolizable en función del procesamiento al cual haya sido sometida (Rueda, 2016).

La energía de los alimentos puede ser expresada como energía bruta (EB), la cual se mide por medio de la bomba calorimétrica; energía digestible (ED) que es la energía del alimento absorbida después de los procesos digestivos y resulta de descontarle a la EB del alimento la energía producida por las heces; el cálculo de

esta energía es poco viable de realizar en aves debido a sus condiciones anatómicas. La energía metabolizable (EM) resulta de la diferencia entre la EB del alimento, la EB de las excretas y los gases originados por la digestión. La energía neta (EN) se obtiene a partir de la EM después de descontarle la energía perdida como incremento calórico (Rueda, 2016).

La energía presente en los alimentos es un componente fundamental para la elaboración de dietas para aves, por eso un conocimiento del valor energético de los alimentos es de fundamental importancia nutricional y económica para la formulación de dietas que resulten en un óptimo desempeño de los animales (Sakomura y Rostagno, 2007) citado por Rueda Agudelo, 2016).

6. METODOLOGIA

6.1 Ubicación

El proyecto se realizó en el laboratorio Agropecuario Mario González Aranda de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira, localizada a 1000 msnm, con temperatura ambiental media de 23.8°C.

6.2 Condiciones Operativas

Se utilizó un galpón con piso de cemento, techo de Eternit, estructura metálica y paredes laterales de concreto de 0.60m de altura. Se utilizaron 8 corrales de 3m de largo por 1,20 m de ancho cada uno, lo que equivale a 3,6 m^2 por unidad experimental. Para las aves de corral orientadas a producción de carne (pollos de engorde), se garantizó que en los galpones donde se alojaron la temperatura estuviera entre 16 - 27°C y la humedad relativa entre 30 – 70%. También se dispuso de un sistema de iluminación artificial para suministro de calor mediante bombillo de 100 *watts*, el cual se trabaja según la edad del pollo, luego ingresaron a un programa de luz natural que se extiende hasta terminar el ciclo productivo; comedero tipo plato y bebederos de galón, que luego fueron sustituidos por comederos tipo tolva y bebederos automáticos.

Una semana antes de recibir los pollitos, se desinfectó el galpón con yodo al 2,5%, sobre el piso de cada corral se colocó una capa de cal y otra de viruta de madera de aproximadamente 7 cm de espesor. Una vez recibidos los pollitos, se siguieron las practicas rutinarias de manejo establecidas en la granja.

6.3 Aves

Se utilizaron 120 pollitos Ross 308 AP, machos y hembras de un día de edad, pesados individualmente con una balanza electrónica (marca electronic sf-400 Capacidad 10000 g

x 1g / 353 oz x 0.1 oz
Precisión 1g / 0.1oz, los cuales fueron distribuidos al azar en dos ensayos (ensayo 1, de 1 a 21 días y ensayo 2, de 21 días a 40 días).

6.4 Ingredientes de las dietas

Se utilizaron ingredientes disponibles comercialmente (maíz, aceite vegetal, torta de soya, aminoácidos, vitaminas y minerales trazas) para la elaboración de las dietas experimentales. Como fuente principal de proteína se incluyó torta de soya y soya integral procesada para elaboración de las dietas control (T_1) y dieta experimental (T_2) respectivamente.

6.5 Equipos

Se diseñó y construyó un equipo para eliminar compuestos anti-nutricionales de la soya integral (vinculado a proyecto de Investigación financiado por Colciencias – Universidad Nacional de Colombia) que procesaba pequeñas cantidades (entre 50 y 200 kg por hora) y así, poderla incorporar en alimentos balanceados como modelo para las explotaciones de pequeños productores. A su vez, se utilizó los equipos de la sala de fabricación de alimentos balanceados que dispone el laboratorio Agropecuario Mario González Aranda para la elaboración de los concentrados de las dietas experimentales.

6.6 Reactivo

Se utilizó el reactivo Soyatest, elaborado por el Laboratorio de Nutrianalisis de la ciudad de Bogotá, como método rápido para determinar la cocción adecuada de soya integral, basada en los cambios de pH de la muestra, ocasionados por la actividad de la enzima ureasa en el grano integral.

6.6.1 Análisis de calidad de la soya mediante reactivo *Soyatest*

Según el Laboratorio Nutrianalisis el tratamiento de las muestras deben ser: se seleccionaron tres muestras de soya integral.

a). soya cruda sin ningún procesamiento

b). soya cruda a 100°C por 8-10 minutos: se tomaron 2 gr de soya cruda sometidas a cocción en el equipo para procesamiento bajo temperaturas de 100°C durante 8 – 10 minutos. Al culminar el procesamiento y después del enfriamiento, se toma la muestra para ser molida.

c). soya cruda a 100°C por 12-15 minutos: se tomaron 2 gr de soya cruda sometidas a cocción en el equipo para procesamiento bajo temperaturas de 100°C durante 12 – 15 minutos. Al culminar el procesamiento y después del enfriamiento, se toma la muestra para ser molida.

Descripción de la metodología: se hizo la distribución de una capa delgada de las muestras molidas y procesadas en el equipo, así como de la muestra control sin procesar. Cada una de ellas se depositó sobre un recipiente o plato de vidrio y se le agregaron varias gotas del reactivo Soyatest hasta cuando la totalidad de la muestra estuvo humedecida. Se dejaron en reposo y después de 5 min se observó el cambio de color en cada muestra. El cambio de color en las muestras se debe a que el reactivo tiene componentes muy sensibles a los cambios en el pH, ya que mediante estudios previos se determinó que “el intervalo de valores para actividad de ureasa fue de 0.000 – 2.151 unidades de pH mientras que el intervalo para inhibidores de tripsina fue de 0.50 – 22.50 mg/g de soya integral” (Ruiz, Belalcazar, & Castillo, 2017).

Mediante los cambios de color en las muestras después de la acción del reactivo se determinaron tres situaciones: 1) si la soya no ha sido procesada o el proceso ha sido insuficiente, se observa un color violeta o rojizo sobre la muestra; 2) si el proceso de cocción ha sido adecuado y el producto es apto para alimentación animal, se notan unos pequeños puntos de color violeta en la superficie de la muestra y 3) si el proceso ha sido excesivo por sobrecocción, con efectos negativos en el animal y posible destrucción de algunos nutrientes, la muestra permanece de color ámbar original por más de 10 minutos.

6.7 Dietas Experimentales

6.7.1 Elaboración de dietas

El balanceo de las dietas se calculó con base en requerimientos nutricionales convencionales, según las tablas más recientes de Requerimientos Oficiales del NRC (National Research Council. USA) para las fases de iniciación y engorde del pollo.

Se elaboraron dos dietas para el ensayo 1 (iniciación):

Testigo (T_1): con ingredientes tradicionales; dieta comercial convencional, elaborada con base en maíz, torta de soya.

Experimental (T_2): con un contenido de soya integral procesada como reemplazo de la torta de soya

Se elaboraron dos dietas para el ensayo 2 (finalización):

Testigo (T_1): con ingredientes tradicionales; dieta comercial convencional, elaborada con base en maíz, torta de soya.

Experimental (T_2): con un contenido de soya integral procesada como reemplazo de la torta de soya

Tabla 6-1: Fases de las dietas para pollos de engorde.

INICIACION (1 – 21 días)		**FINALIZACION** (22 – 40 días)	
$T_{1:\ testigo}$	$T_{2:\ experimental}$	$T_{1:\ testigo}$	$T_{2:\ experimental}$
(maíz - torta de soya)	(maíz – soya integral)	(maíz - torta de soya)	(maíz – soya integral)
Energía: 3150 Kcal - Proteína: 21%		Energía: 3200 Kcal - Proteína: 19%	

Tabla 6-2: Formulaciones de dietas balanceadas para pollos de engorde.

FORMULACIONES DE DIETAS BALANCEADAS PARA POLLOS DE ENGORDE				
	INICIACION		**FINALIZACION**	
	T_1	**T_2**	**T_1**	**T_2**
Maíz amarillo	571.8	520.9	619.7	585.0
Soya integral procesada	--	438.8	--	373.6
Torta de soya	350.0	--	300.0	--

Aceite vegetal	47.0	--	48.0	--
Carbonato de calcio	8.3	15.5	8.0	15.4
Harina de huesos calc.	15.0	16.0	16.0	17.0
Sal yodada	3,5	3.5	3.5	3.5
Premezcla vit - min	1.0	1.0	1.0	1.0
DL-Metionina	2.1	2.4	1.72	1.9
L-lisina	0.85	1.4	1.58	2.07
NUTRIENTES PRINCIPALES*: COMPOSICION NUTRICIONAL				
Energía Bruta, Cal / g	4.100	4.200	4.400	4.400
Proteína, %	21,5	23,1	21,3	20,1
Grasa, %	7,8	11,5	7,7	9,4
Fibra, %	12,2	17,7	8,9	16,5
Ceniza, %	5,6	7,2	5,9	6,7
*Análisis bromatológico UNAL-Palmira				

6.8 Ensayos Experimentales

6.8.1 Ensayo 1

Se utilizaron 120 pollos de un día de nacidos, los cuales fueron distribuidos al azar en dos grupos (tratamientos) para hacer la comparación directa entre alimentos balanceados con ingredientes tradicionalmente en producción comercial (control o testigos comerciales) Vs alimentos balanceados con soya integral procesada en los equipos desarrollados para la investigación.

Tabla 6-3: Tratamientos experimentales.

TRATAMIENTO TESTIGO – DIETA CONVENCIONAL SIN SOYA INTEGRAL [1]			
Replicaciones (cubículos o corrales para alojamiento de pollos) [2]			
1	2	3	4
Pollos alojados en cada cubículo			
15	15	15	15
TOTAL: 60 unidades experimentales			

TRATAMIENTO EXPERIMENTAL - DIETA CON SOYA INTEGRAL [1]
Replicaciones (cubículos o corrales para alojamiento de pollos) [2]

1	2	3	4
Pollos alojados en cada cubículo			
15	15	15	15
TOTAL: 60 unidades experimentales			

[1] las dietas serán suministradas *ad libitum* durante los días 1 a 21.

[2] cada cubículo (replicación) tiene una dimensión de 1.20 x 3 metros (3.6 m^2), lo cual representa una densidad aproximada de 3.5 pollos por m^2, en contraste con densidades comerciales que normalmente son superiores a 10 pollos por m^2. Esta densidad permite ofrecer un ambiente más amigable al animal y de sostenibilidad en producción animal.

6.8.2 Ensayo 2

Se utilizaron 120 pollos de 21 días (los mismos que se utilizan en el ensayo 1), los cuales fueron distribuidos al azar en dos grupos para hacer la comparación directa entre alimentos balanceados con ingredientes tradicionalmente en producción comercial (control o testigos comerciales) Vs alimentos balanceados con soya integral procesada en los equipos desarrollados para la investigación de la siguiente manera:

Cada grupo (tratamiento) tuvo cuatro replicaciones (cubículos o corrales), donde se alojarán 15 pollos (unidades experimentales) en cada cubículo, para un total de 60 pollos por tratamiento.

Tabla 6-4: Tratamientos experimentales.

TRATAMIENTO TESTIGO – DIETA CONVENCIONAL SIN SOYA INTEGRAL [1]			
Replicaciones (cubículos o corrales para alojamiento de pollos) [2]			
1	2	3	4
Pollos alojados en cada cubículo			
15	15	15	15
TOTAL: 60 unidades experimentales			

TRATAMIENTO EXPERIMENTAL - DIETA CON SOYA INTEGRAL [1]
Replicaciones (cubículos o corrales para alojamiento de pollos) [2]

1	2	3	4
Pollos alojados en cada cubículo			
15	15	15	15
TOTAL: 60 unidades experimentales			

[1] las dietas serán suministradas *ad libitum* durante los días 21 a 40.

[2] cada cubículo (replicación) tiene una dimensión de 1.20 x 3 metros (3.6 m^2), lo cual representa una densidad aproximada de 3.5 pollos por m^2, en contraste con densidades comerciales que normalmente son superiores a 10 pollos por m^2. Esta densidad permite ofrecer un ambiente más amigable al animal y de sostenibilidad en producción animal.

6.9 Control en el rendimiento productivo en pollos de engorde

El control de rendimiento se realizó con mediciones semanales de los siguientes parámetros productivos:

- Aumento de peso: con el fin de registrar el peso corporal inicial, el día que se recibieron los pollitos se pesaron y se distribuyeron al azar en los respectivos corrales. Posteriormente cada semana se pesaba la totalidad de los pollos de cada una de las unidades experimentales.
- Incremento de biomasa: Es la cantidad de biomasa producidos por unidad de área (kg o ton/ha, kg/m2. Se emplea lo formula:

  Incremento de biomasa = Biomasa final – Biomasa Inicial.

  Biomasa inicial: pesto total de los pollos al iniciar la fase.

  Biomasa final: peso total de los pollos al finalizar la fase.
- Consumo de alimento: para cada corral, se estimó por diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado, con el fin de llevar un control más preciso.
- Conversión alimenticia: los cálculos de esta variable se hicieron usando los valores promedios por ave de cada corral y representaba

las unidades de alimento requeridas para obtener una unidad de ganancia de peso.

- Tasa de crecimiento Instantanea: es utilizada para evaluar el crecimiento en función del peso final, peso inicial y dias de crecimiento, empleando la expresión 100 x ln (peso final / peso inicial) / días.
- Mortalidad: se llevó registro de la mortalidad a través de todo el periodo experimental.
- Sanidad: el día que se recibieron los pollos, se les suministro Vitapio en el agua como anti-estrés (1 gr por cada litro de agua) durante 5 días. Las aves venían vacunadas contra Marek y NewCastle.

6.10 Análisis de eficiencia económica

Se realizó un análisis económico a los tratamientos con los pollos de engorde (**ensayo 1** – tratamiento testigo vs tratamiento experimental; **ensayo 2** – tratamiento testigo vs tratamiento experimental), midiendo los siguientes indicadores:

Indice de Conversión Económico (ICE): Representa el costo de incrementar un kilogramo del peso de los pollos

Índice de Rendimiento Económico (IRE): evalúa la rentabilidad en términos de pesos de un pollo, esa rentabilidad no tiene contemplado otros costos diferentes a la alimentación.

6.11 Análisis estadístico

Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con dos tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, se utilizó un modelo estadístico mediante análisis de varianza mediante medidas repetidas, donde el tratamiento y el tiempo fueron el factor independiente y las variables respuestas el factor dependiente. Mediante prueba de Duncan se compararon las medias. Este análisis se aplicó a los resultados obtenidos de control del rendimiento productivo y eficiencia económica. El programa estadístico utilizado fue SAS (Statistical Analysis System) versión 9,4.

7. CONSIDERACIONES ETICAS

- La investigación no tuvo implicaciones negativas sobre el medio ambiente.
- No atenta contra el bienestar de los animales utilizados en la investigación.
- En el trabajo experimental, se manejaron normas para el cuidado y uso de animales en experimentación e investigación (Ley 84 de 1989) y que fueron aprobados por el Comité de ética en Investigación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

8. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 Diseño y fabricación del equipo

Antes de iniciar el trabajo de investigación con los animales, se diseñó el prototipo de un equipo semi-industrial para procesar cantidades pequeñas de la soya integral (con capacidad entre 50 y 200 kg por hora), como modelo para las explotaciones de pequeños productores, con el fin de realizar las pruebas de validación del proceso y de rendimiento por hora, así como la efectividad del proceso de cocción que permitiera disminuir los factores antinutricionales presentes en el grano de soya sin procesar; la construcción fue realizada por la empresa Maquintec Ltda, siguiendo detalladamente el diseño propuesto.
Los materiales utilizados fueron:

- Hierro para los elementos externos como el malacate o diferencial, el puente grúa y estantes.
- Acero cal 1 pulgadas para el módulo de las bandejas, las bandejas y la estructura de la estufa.
- Aluminio para la olla y el tamiz.

Figura 8-1: Diseño del equipo para procesamiento de la soya integral y modulo para bandejas

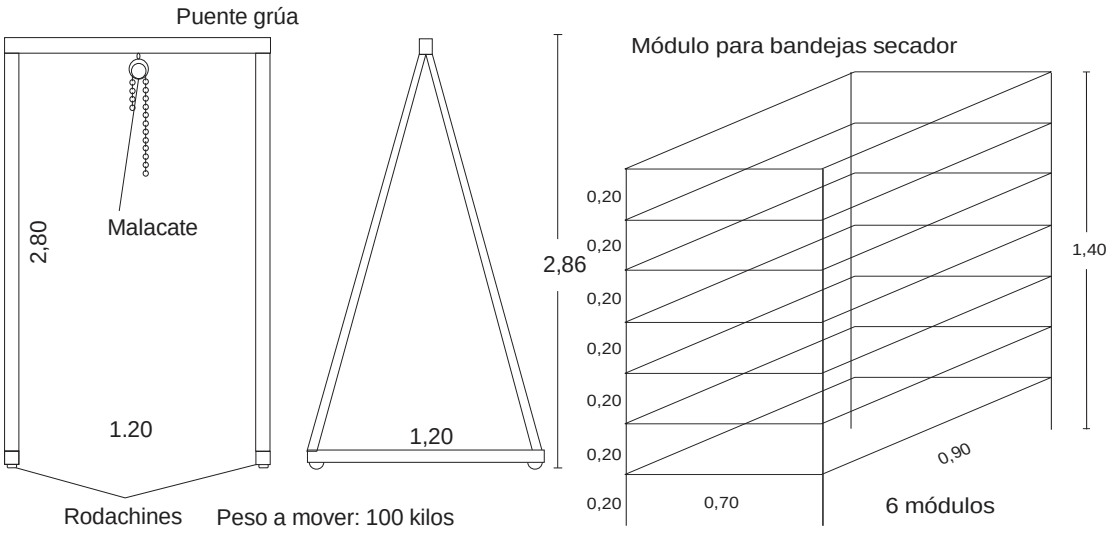


Figura 8-2:. Recipientes para cocción y procesamiento de soya integral

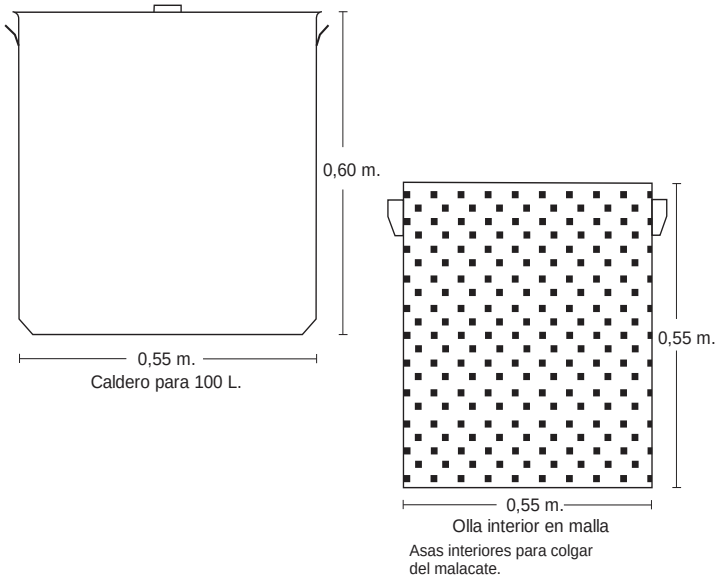


Figura 8-3:. Equipo para cocción y conducción de calor para secado de soya integral

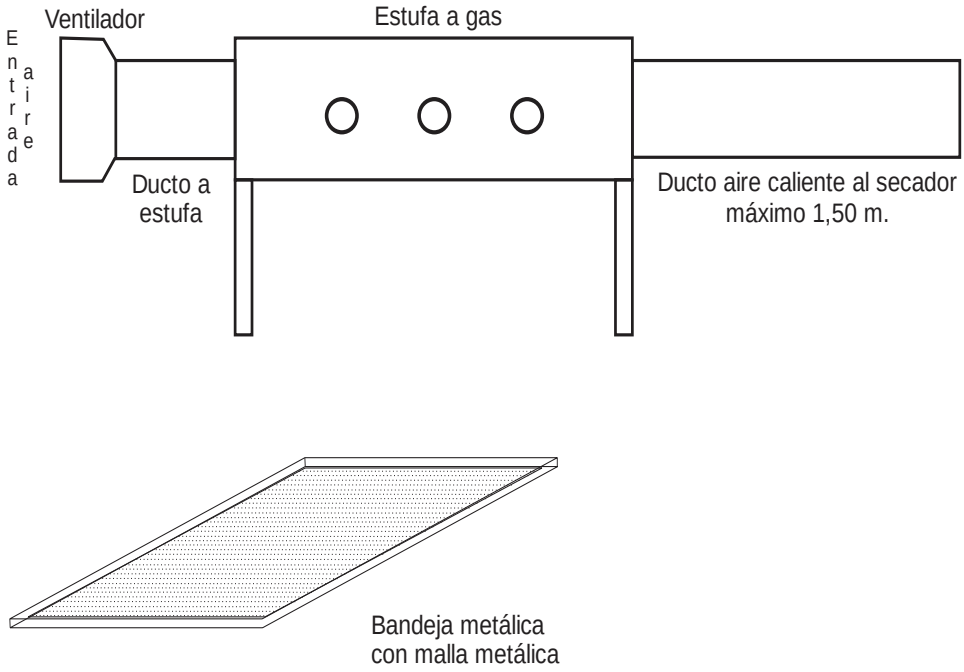
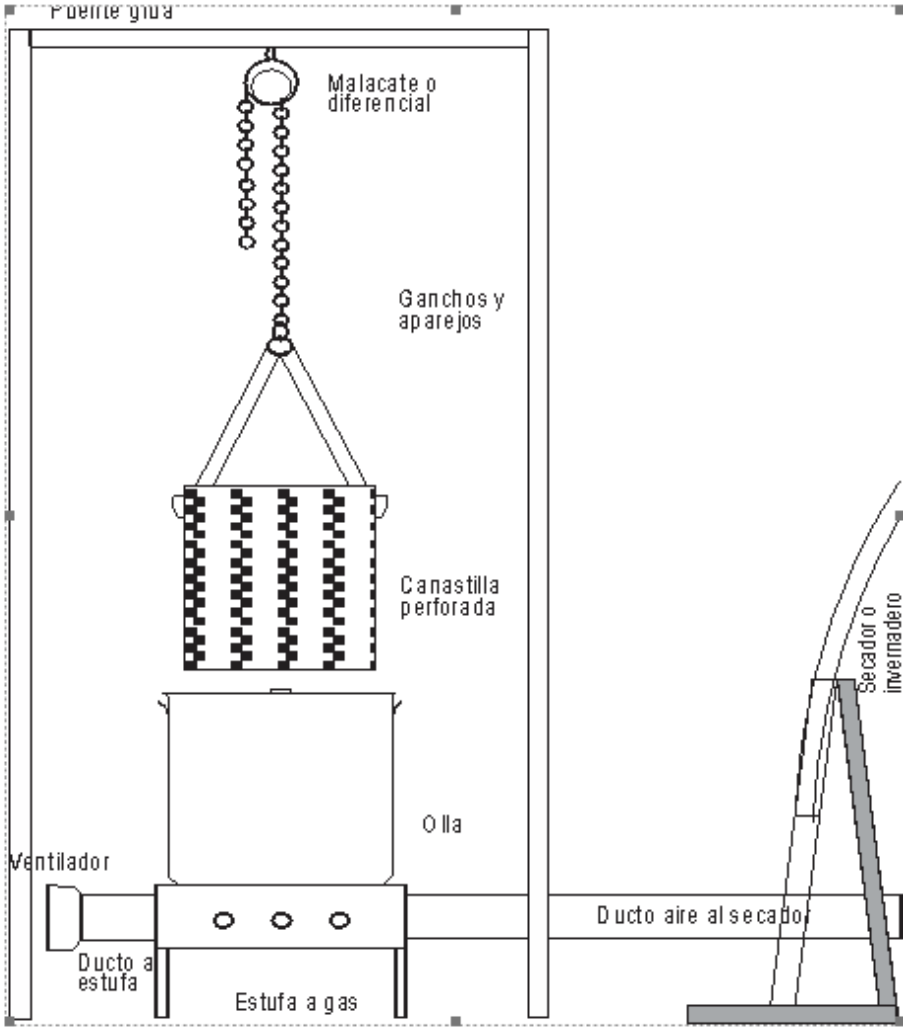


Figura 8-4:. Ensamblaje del equipo para procesamiento – cocción de soya integral



El equipo consiste en una estufa de gas, de dos boquillas con ventilador, una olla con capacidad de 117 litros con tapa, un tamiz para filtrar el agua, módulos de bandejas con capacidad para 7 bandejas, un puente grúa, un diferencial y un gancho.

El equipo se instaló en el laboratorio experimental MGA de la Universidad Nacional de Colombia - sede Palmira, donde se realizó las pruebas experimentales con pollos de engorde.

Figura 8-5: Equipo semi-industrial para procesar soya integral

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-6: Modulo de bandejas con capacidad para siete bandejas

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-7: Tamiz para filtrar el agua en diferentes angulos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-8. Gancho

Fuente: Elaboración propia

Ante la falta de incentivos para el cultivo de soya y su reemplazo por la caña de azúcar, las investigaciones basadas en el procesamiento del grano fueron descontinuadas y la elaboración de alimentos animales se trasladó totalmente a las grandes industrias, con importaciones de productos fabricados a base de ingredientes importados, por lo cual la incipiente cadena productiva fue desapareciendo, favoreciendo el surgimiento paralelo de las grandes industrias avícolas en unidades productivas de alto volumen y eficiencia, que

desestimularon las explotaciones de pequeños productores. Hasta el momento la soya integral ha sido procesada únicamente en equipos extrusores complejos y de alto costo, que utilizan las grandes empresas de alimentos concentrados pero que no están al alcance de los pequeños y medianos productores.

La desaparición del cultivo de soya también tuvo implicaciones en el desmejoramiento de la cadena alimentaria rural, eliminando buena parte de la proteína animal para autoconsumo que era producida por las pequeñas explotaciones rurales, además de que alejó la posibilidad de utilizar directamente parte de la soya integral en la producción de alimentos para consumo humano y animal. La desaparición de los cultivos de soya y la entrada de grandes cantidades de torta de soya importada, desestimularon el desarrollo de equipos y el procesamiento poscosecha de la soya integral como un insumo que facilita su incorporación en programas nutricionales a nivel de pequeños y medianos productores.

Este producto tiene la flexibilidad de poderse utilizar directamente por el pequeño y mediano productor para elaborar alimentos de alta calidad, mediante procesos y equipos sencillos que pueden ser perfeccionados a nivel local. El número de pequeños y medianos productores, integrados con el uso de soya y cereales locales para producción de sus propios alimentos, ha disminuido al no existir equipos procesadores de fácil tecnología y a la poca disponibilidad de soya cultivada localmente.

> Garzón, V. (2010) citado por (Guinzo, 2015), afirma que este proceso de cocción está recomendado para ser utilizado por productores pequeños y garantiza la inactivación de los factores antinutricionales presentes en el grano de soya. La realización se produce al poner a hervir un recipiente con agua hasta alcanzar el punto de ebullición, luego se introduce el grano de soya en un costal de fique y se deja cocinar durante 25 a 30 minutos luego se saca y se pone al sol para su secado y posteriormente utilización en la preparación de las dietas para animales o su almacenamiento.

Cabe destacar que teniendo en cuenta las ventajas importantes que ofrece la utilización de la soya integral en alimentación animal y la posibilidad de encontrar mecanismo sencillos para su procesamiento, se desarrolló este equipo semi-industrial simulando el mismo principio de las grandes industrias, que mediante la influencia de la temperatura y

el tiempo inhibe los factores antinutricionales; permitiendo encontrar una alternativa para el beneficio de los pequeños y medianos productores, integrándolos más activamente en la cadena productiva.

8.2 Sistema para deshidratación de soya integral por calor solar

Debido a que la soya después de realizar el proceso de cocción necesita ser secada para poder usarse en la elaboración de las dietas, se diseñó un espacio el cual quepan las bandejas donde se esparcirá la soya. Para aprovechar mejor el calor, lograr altas temperaturas y baja humedad relativa dentro de la marquesina, se debe mantener cerrada. Este espacio es una marquesina o secador (tipo invernadero), el cual se compone de:

- Tubos y codos de pvc calibre 60 mm de diferentes tamaños para la estructura
- Plástico para invernadero Cal 6
- Tornillos, tuercas, guaya y platina de ¾
- Extractor de calor

Figura 8-9. Secador tipo invernadero o marquesina

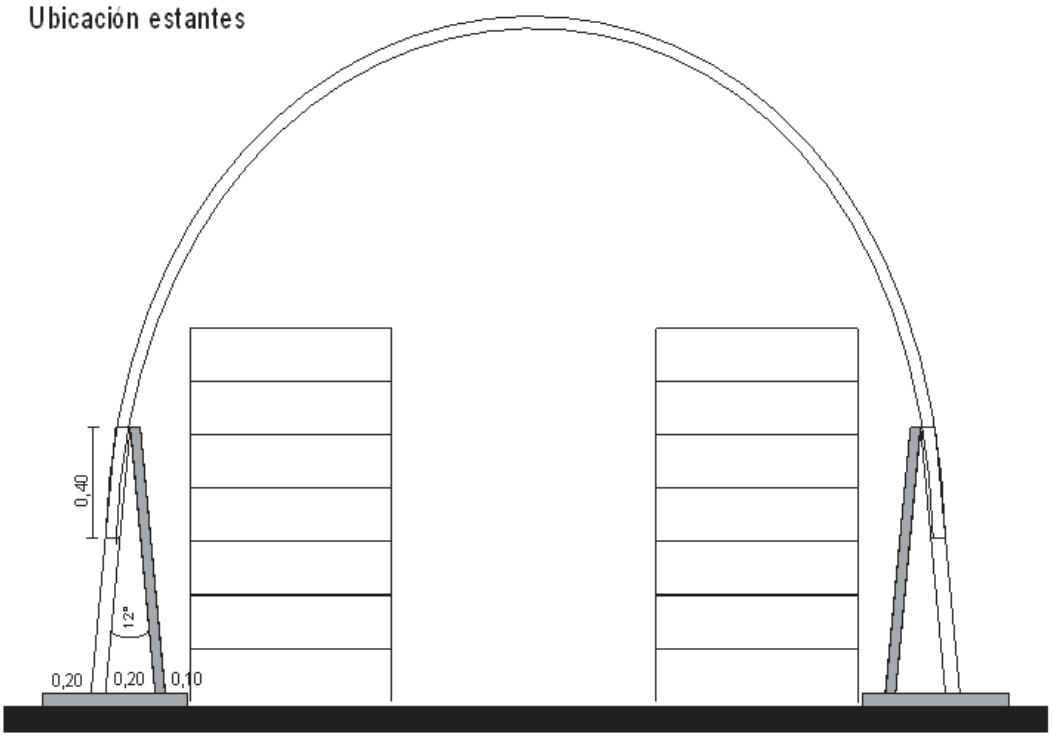


Figura 8-10. Secador o marquesina, parte externa

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-11. Secador o marquesina, parte interna

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-12. Secador o marquesina, parte interna con los módulos para bandejas y bandejas

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que, para poder utilizar la soya integral procesada directamente como materia prima de alimentos balanceados para animales, debe ser deshidratada; cabe destacar que en nuestra investigación se desarrolló una tecnología sencilla “secador tipo invernadero” al alcance del pequeño y mediano productor, mediante el cual el método aplica calor bajo condiciones controladas para evaporar la mayoría de agua presente en la soya integral después del proceso de cocción, evitando el re-humedecimiento.

8.3 Verificación del procesamiento pos-cosecha de la soya integral mediante el reactivo soyatest

Se empleó soya integral, el cual debe ser procesada para eliminar los factores antinutricionales y transformarla en un producto que pueda utilizarse directamente como materia prima de alimentos para animales.

Antes de procesar la soya integral para elaborar las dietas experimentales, se realizó un análisis de calidad mediante el reactivo Soyatest descrito anteriormente en la metodología, el cual se tomó 10kg de soya integral y se sometieron a cocción en el equipo para procesamiento bajo temperaturas de 100°C durante tres tiempos (cruda, 8 min, 15 min y 30 min); al culminar el procesamiento de secado, se tomó la muestra para ser molida. Se hizo la distribución de una capa delgada sobre un recipiente y se agregaron unas gotas del reactivo Soyatest, se dejó en reposo y después de 5 min se observó el cambio de color de cada muestra, dando como resultado que la cocción por 15 min es adecuada generando unos pocos puntos pequeños de color violeta en la superficie de la muestra, indicando un proceso térmico adecuado que permite eliminar los factores antinutricionales sin afectar la calidad de la proteína.

Figura 8-13. Verificación de muestras de soya procesada con el reactivo Soyatest

A. Soya integral cruda. B. Soya integral procesada a 8 min. C. Soya integral procesada a 15 min. D. soya integral procesada a 30 min.
Fuente: Elaboración propia

Mediante la verificación del método de análisis realizado anteriormente se procesan en el equipo de cocción las cantidades a utilizar en las dietas experimentales, donde el procedimiento fue el siguiente:

a. Se verificó el funcionamiento de la estufa a gas previamente conectada a la pipa, se abre la llave de la pipa y se procedió abrir las boquillas de la estufa en sentido contrario a las manecillas del reloj, se encendió con ayuda de un encendedor. Se reguló la llama para calentar más rápido el agua.
b. Se colocó el puente grúa con el diferencial y el gancho por encima de la estufa; encima de la estufa se situó la olla, dentro de la olla se introdujo el tamiz, con ayuda del diferencial y el gancho.

Las ruedas del puente grúa tiene la opción de asegurar (bloquear el movimiento) para evitar accidentes.

Figura 8-14. Equipo semi-industrial completo

Fuente: Elaboración propia

c. Se llenó la olla con 75 litros de agua y se colocó sobre la estufa, se esperó aproximadamente 2 horas hasta que el agua hierva (alcance los 100°C).
d. Mientras el agua se calentó, se procedió a limpiar los módulos para bandejas y las bandejas donde se coloca la soya.
e. Se agregó 30 kg de soya dentro del tamiz, con ayuda del puente grúa, el diferencial y el gancho se introduce el tamiz con la soya dentro de la olla con el agua hirviendo (100°C).
f. Se esperó 15 minutos hasta que la soya se cocinó y se eliminaron los factores antinutricionales

Figura 8-15. Cocción de la soya en el equipo semi-industrial y termocupla para medir temperatura

Fuente: Elaboración propia

g. Nuevamente con ayuda del puente grúa y el diferencial se retiró el tamiz de la olla, dejando que el agua se escurriera.

h. Se procedió a sacar la soya del tamiz con un recipiente y se llevó al secador o marquesina y se esparció una capa delgada en cada bandeja con el fin de evitar generación de moho.

Figura 8-16. Distribución de la soya procesada en los módulos con las bandejas.

Fuente: Elaboración propia

El método para determinar la cocción adecuada de la soya está basada en la determinación del nivel de la enzima ureasa en el grano integral crudo; este grado de actividad está directamente relacionado con el nivel de los factores antinutricionales (antitripsina, lipoxigenasa) que son los causantes de los problemas que afectan la digestibilidad de la proteína de soya en el tracto intestinal (Ruiz *et al*., 2017).

El grado de inhibición de los componentes de las leguminosas depende de la temperatura, el tiempo de tratamiento, el volumen del alimento y el contenido de agua del mismo. Sin embargo, un tratamiento térmico severo puede disminuir la calidad proteica, por lo que es importante controlar el tiempo y la temperatura de cocción. (Anderson RL y Wolf WJ, 1995 citado por (Garcia, 2014).

En esta investigación las pruebas de verificación de soya se realizaron con el reactivo Soyatest, en el cual las temperaturas muy altas por un periodo superior a 20 minutos destruyen totalmente la ureasa, pero también ocasionan daños en los aminoácidos, que afectan negativamente la calidad de la soya al disminuir la solubilidad y digestibilidad de la proteína.

Una temperatura adecuada (100 – 110°C) por un tiempo razonable (15 minutos) permitió destruir la mayor parte de la ureasa y de los factores antinutricionales, sin afectar los aminoácidos ni la solubilidad de la proteína.

Las muestras procesadas correctamente contienen pequeñas cantidades de ureasa, mostrando unos pocos puntos de color violeta, lo cual es un indicativo de una adecuada d la cocción de la soya.

Existe una relación directa entre la destrucción del enzima ureasa por calor y una mejora del valor nutricional por destrucción del inhibidor de tripsina. La actividad ureásica se mide en base al cambio de pH, el cual se puede notar mediante el cambio de color en las muestras. Un color violeta o rojizo indicaría una soja no desactivada, con presencia de una cantidad significativa del inhibidor de tripsina.

Buitrago *et al*., (1992) citado por (Guinzo, 2015), nos da a conocer que si el procesamiento es deficiente en temperatura y tiempo los principios antitripsinicos no son inactivados en forma efectiva. Si el procesamiento es exagerado, se logra la inactivación de los factores antinutricionales y simultáneamente se puede ocasionar una destrucción irreversible de ciertos aminoácidos afectando la calidad proteínica del grano.

8.4 Proceso de secado:

Después de realizar el proceso de cocción, la soya necesita ser secada para utilizarla en la elaboración de las dietas, por lo tanto, se procedió a realizar el proceso de secamiento por energía solar en un módulo cerrado (secador tipo invernadero), el cual atrapa el calor dentro de la marquesina, que calienta el ambiente interior. Debido a que los módulos para las bandejas son de varios niveles, todos los días se removieron y rotaron las bandejas con la soya, con el fin de secar más rápido y evitar hongos.

Figura 8-17. Secador tipo invernadero con la soya procesada en los módulos con las bandejas.

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el proceso de secado se sacaron las bandejas con la soya para ventilarlas un poco y después se llevó a moler en un “molino de martillos” y la harina resultante fue utilizada como tal en las dietas experimentales. El tiempo de secado varia (5 a 14 días) dependiendo de las condiciones climáticas del lugar.

Figura 8-18. Proceso de molienda de la soya seca procesada

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-19. Soya seca procesada molida

Fuente: Elaboración propia

8.5 Crecimiento y eficiencia nutritiva

8.5.1 Fase Iniciación (1 a 21 días)

En la tabla 8-1, se presentan los valores resultantes de crecimiento y eficiencia nutritiva para la fase de iniciación, donde cada tratamiento estaba conformado por 4 repeticiones, dos pertenecían a machos y dos a hembras.

Como se pudo observar, tanto el peso final como la Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI) presentaron diferencias significativas, de forma que el tratamiento que contenía en la dieta torta de soya (T1), alcanzo los mejores valores respecto al tratamiento T2, que contenía en la dieta soya integral procesada.

Tabla 8-1:Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en la fase de iniciación (1 a 21 días)

	TRATAMIENTOS		
	T1	**T2**	P>0.05
Peso Medio In. (g)	60,6	60,4	0.35
Peso medio Final (g)	960,4[a]	749,8[b]	<.0001
Incremento Biomasa (g)	13496,2[a]	10397,2[b]	<.0001
Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI)	13,15[a]	12,30[b]	0.005
Ingesta Alimento (g)	20516,5[a]	18374,5 [b]	0.005
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	1,52[a]	1,77[b]	0.001

Promedios con diferente letra superíndice, indican diferencias significativas (p<0,05)
Incremento de Biomasa (Kg) = Biomasa final – Biomasa Inicial
Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI) (% dia^{-1}) = 100 x ln (peso final / peso inicial) / días
Índice de Conversión alimenticia (ICA) = Ingesta total de alimento (Kg) / incremento de biomasa (Kg)

Respecto a los valores resultantes de Incremento de Biomasa, los mejores valores fueron alcanzados con el tratamiento T1, esto se explica por ser el tratamiento que obtuvo un mayor peso final. En ese sentido, la ingesta de alimento e Índice de Conversión Alimenticia (ICA), fue mayor con el tratamiento T2, los pollos de este tratamiento ingirieron una mayor cantidad de alimento con un menor crecimiento, lo que afecto el ICA.

La evaluación del comportamiento de los pollos de engorde durante la fase inicial (1 – 21 días) se muestra en la tabla 8-1, en el que se observa que con un promedio de pesos iniciales de 60,6 y 60,4g, entre los tratamientos, se lograron rendimiento de pesos de 960,4 y 749,8g a los 21 días con la utilización de torta de soya y soya integral procesada respectivamente, con diferencias significativas (P<.0001).

Los reportes obtenidos en esta investigación son superiores a los encontrados por (Guinzo, 2015), quien al utilizar el 4% de soya tostada como alternativa para alimentación de pollos de engorde, registro pesos a los 21 días de 414,6; igualmente (Lopez, Buitrago, Yaruro, & Figueroa, 1988), sustituyó diferentes porcentajes de la harina de soya por soya entera extruida (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), registrando pesos de 459,5g, 465,8g, 467,1g, 440,6g, 441,8g, respectivamente.

Cabe destacar que los resultados obtenidos en este periodo de alimentación se encontraron diferencias significativas entre la dieta experimental y la dieta control, siendo superior las ganancias de peso para el tratamiento control, siendo similares a los resultados obtenidos por (Chenier, 1990).

Si comparamos los Índices de Conversión Alimenticia (ICA) en los dos tratamientos, 1,52 para dieta con torta de soya (T1) y 1,77 para dieta con soya integral procesada (T2) , a los obtenidos por (Guinzo, 2015), utilizando un 4% de soya tostada, este fue inferior (1,43), no obstante, este bajo índice está asociado a un bajo consumo de alimento lo cual afectó negativamente el crecimiento de los pollos.

8.5.2 Fase Finalización (22 a 40 días)

En la fase de finalización, los pollos registraron una evolución en el crecimiento semejante a la fase inicial, tanto el peso final, el Incremento de Biomasa y Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI), fueron superiores con el tratamiento T1.

Al contario de la fase de iniciación, el aprovechamiento nutritivo reflejado en los valores de Índice de Conversión Alimenticia (ICA), no presentó diferencias significativas, a pesar de que el incremento de biomasa fue mayor con el tratamiento T1, la ingesta de alimento se incrementó, perjudicando el ICA y permitiendo que el tratamiento T2 lo igualara en esta fase.

Tabla 8-2: Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en la fase de finalización (22 a 40 días)

	TRATAMIENTOS		
	T1	**T2**	**P>0.05**
Peso Medio Final (g)	2.520,2[a]	2.098,7[b]	0.0038
Incremento Biomasa (g)	23.397[a]	20.233,5[b]	0.0423
Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI)	5,07[a]	5,41[b]	0.0429
Ingesta Alimento (g)	40.997,5[b]	37.000,2[a]	0.0440
Indice de Conversión Alimenticia (ICA)	1,75	1,84	0.2067

Promedios con diferente letra superíndice, indican diferencias significativas (p<0,05)
Incremento de Biomasa (Kg) = Biomasa final – Biomasa Inicial

Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI) (% dia^{-1}) = 100 x ln (peso final / peso inicial) / días
Índice de Conversión alimenticia (ICA) = Ingesta total de alimento (Kg) / incremento de biomasa (Kg)

Resultados similares han sido descritos por (Campabadal, Vaquero, & Ledezma, 1985); donde encontró que el peso corporal de las aves en los diferentes periodos de investigación fue menor para los niveles superiores de soya integral (60 y 100%) que para los otros grupos alimentados con torta de soya. Resultados similares han sido descritos por (White *et al* y Waldroup y Cotton), citados por (Campabadal *et al*., 1985), donde concluyen que encontraron ganancias de peso del tratamiento control (torta de soya), superiores a las del tratamiento con soya integral, obtenidas por diferentes métodos de procesamiento, tanto en el periodo de iniciación, como para el de finalización, e indican que el mayor problema cuando se utilizan niveles altos de soya integral, es la reducción en el consumo de alimento debido a la densidad calórica de las dietas.

Al comparar los pesos obtenidos en esta fase, vemos valores superiores en los dos tratamientos de 2520,2g (con torta de soya) y 2098,7g (soya integral), con los obtenidos por (Guinzo, 2015), quien trabajo diferentes porcentajes de soya tostada, determinando pesos de 1013.8g (0%), 1011g (4%), 972g (8%) y 1080,8g (12%), pero inferior con los obtenidos en las investigaciones de Freire, M. (2008) citado por (Guinzo, 2015) quien determino ganancias de peso de 2310g, a los 42 días utilizando soya integral.

El alimento utilizado en el último periodo de la investigación, se puede apreciar por tratamiento las aves consumieron 2733,17g (torta de soya), 2466.68g (soya integral); el cual es mayor que el registrado por (Guinzo, 2015) de 1598,73 g (8% Soya Tostada), 1067,57 g (0% Soya Tostada), 1558,89 g (12% Soya Tostada) y 1555,51 g (4% Soya Tostada) Pero es menor comparado con (Chenier, 1990), quien registró consumo de alimento de 3145g con soya cocinada y 3029g con soya tostada.

Flores, S. (2006), nos da a conocer que el consumo sin restricción alimenticia influye sobre el metabolismo del ave, acelerando la formación de tejidos en un periodo de tiempo relativamente corto. El metabolismo debido a la rapidez con que se produce el desarrollo permite que las aves lleguen a una edad adulta relativamente antes que otras especies domésticas.

Es importante mencionar que el índice de conversión en esta fase final es más alto comparado con los resultados de (Pokniak, Cassus, & Cornejo, 2008), quienes registraron

conversión alimenticia de 1,74 (grano de soya tostado), 1,64 (grano de soya extruido) y por (Guinzo, 2015), quien obtuvo índices de conversión de 1,57 (0% soya tostada), 1,56 (4% soya tostada), 1,67 (8% soya tostada), 1,45 (12% soya tostada); pero los resultados de esta investigación fueron menores que los encontrados por (Chenier, 1990) de 2,32 (soya cocinada) y 2,53 (soya tostada).

8.5.3 Total, periodo experimental (1 a 40 días)

En la Tabla 8-3, se presentan los valores obtenidos en los diferentes parámetros evaluados, tanto el peso final, el incremento de biomasa y la Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI), fueron superiores en el tratamiento T1, los pollos alimentados con la dieta que contenía torta de soya en su formulación, alcanzaron mayores pesos comparados con los pollos del tratamiento T2, que contenía soya integral desactivada con un sistema artesanal, durante todo el periodo experimental.

En ese sentido, los valores de Índice de Conversión Alimenticia (ICA), fueron mejores con el tratamiento T1; a pesar de que se presentó una mayor ingesta de alimento en este tratamiento, el incremento de biomasa fue mayor, lo que al final repercutió en un mejor valor de ICA.

Tabla 8-3: Efecto de los tratamientos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo en el total del periodo experimental (1 a 40 días)

	TRATAMIENTOS		
	T1	**T2**	**P>0.05**
Peso Medio In. (g)	60,65	60,45	0.240
Peso medio Final (g)	2.520,20[a]	2098,7[b]	0.0038
Incremento Biomasa (g)	36.893,25[a]	30630,7[b]	0.0041
Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI)	9,32[a]	9,18[b]	0.0858
Ingesta Alimento (g)	61.513,5 [a]	55.374,7 [b]	0.005
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	1,76[a]	1,92[b]	0.0164

Promedios con diferente letra superíndice, indican diferencias significativas (p<0,05)
Incremento de Biomasa (Kg) = Biomasa final – Biomasa Inicial
Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI) (% dia^{-1}) = 100 x ln (peso final / peso inicial) / días
Índice de Conversión alimenticia (ICA) = Ingesta total de alimento (Kg) / incremento de biomasa (Kg)

Aunque los pollos alimentados con dietas que contenían en su composición soya integral procesada mediante el método semi-industrial diseñado en esta investigación, presentaron un menor crecimiento, no se debe descartar su posible utilización, dado que permite un crecimiento aceptable con un índice de conversión bajo, este aspecto es de gran importancia para comunidades productoras soya, que pretendan utilizarla como materia prima en la alimentación de pollos de engorde.

Los resultados de peso final de esta investigación, son similares a los reportados por (Chenier, 1990) en un periodo experimental de 40 días, alcanzando pesos de 2,5 kg (soya cocida) y 2,1 kg (soya tostada). Otros autor como (Vaca, 2007), determino en su estudio valores de 1,94 y 2,68 kg, con soya integral cocida y torta de soya respectivamente, señalando que estas diferencias pueden deberse principalmente a los componentes nutricionales de las dietas en estudio, así como la individualidad de los animales y al manejo suministrado.

Comparando los datos obtenidos del índice de conversión alimenticia (ICA) en el periodo total de la investigación, estos son mejores que los encontrados por (Chenier, 1990), el cual obtuvo valores de 2,33 (soya tostada), 2,35 (soya cocida), pero menos eficientes que los obtenidos por (Guinzo, 2015), utilizando soya tostada, quien con tratamientos 8 y 12% de inclusión encontraron un valor de 1,54; mientras que con los niveles de 0 y 4% de inclusión, observaron valores de 1,62 y 1,63 respectivamente.

8.5.4 Supervivencia

En la Tabla 8-4, se presentan los porcentajes de supervivencia obtenidos en los dos tratamientos durante todo el periodo experimental, donde se observó que no hubo diferencia significativa.

Tabla 8-4: Porcentaje de supervivencia del lote en todo el experimento.

	TRATAMIENTO		**P>0.05**
	T1	T2	
SUPERVIVENCIA	96,650	96,650	0.7210

Estos resultados de supervivencia indican que utilizar soya integral cocida por el método de cocción diseñado en esta investigación, no genero altas mortalidades y se comportó de forma similar al tratamiento que utilizó torta de soya procesada mediante procesos industriales.

8.6 Análisis Económico

En la Tabla 8-5, se presentan los valores obtenidos en los diferentes parámetros económicos; el índice de conversión alimenticia (ICE) que representa el valor en pesos de incrementar un kilogramo de peso de los pollos, fue menor con el tratamiento T1, esto debido al menor costo de la dieta que contenía soya integral procesada con el equipo semi-industrial diseñado en esta investigación.

y el índice de rendimiento económico (IRE), fueron superiores en el tratamiento T1,

Tabla 8-5: Parámetros económicos del lote en todo el experimento.

	TRATAMIENTO		**P>0.05**
	T1*	T2**	
ICE	1916,5[a]	1654,6[b]	0.0041
IRE	12930,2[a]	11319,9[b]	0.0275

Promedios con diferente letra superíndice, indican diferencias significativas (p<0,05)
Índice de Conversión Económico (ICE) = Índice de Conversión Alimenticia (ICA) x Costo del alimento
Costo de alimento: * ($1.086); ** ($858)
Índice de Rentabilidad Económico (IRE) = Peso final (Kg) x $ precio de venta ($7.000) – ICE ($ Kg^{-1} pollo) x Incremento de peos (Kg)

Al considera el peso final alcanzado por los pollos de engorde, el precio de venta y el ICE, se puede calcular el Índice de Rentabilidad Económica (IRE), el cual evaluó en cada tratamiento la rentabilidad en términos económicos por unidad o individuo (pollo), se pudo observar que el tratamiento (T1), alcanzo mayor rentabilidad que el tratamiento (T2); los pollos alimentados con la dieta que contenía torta de soya, lograron un 12,4 % de mayor rentabilidad.

9. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló esta investigación y los resultados obtenidos, se puede concluir que:

- El equipo semi-industrial utilizado como método de cocción de la soya integral, es una alternativa viable para fortalecer una cadena productiva que se inicia con el establecimiento de cultivos de soya como producto básico y que termina en su base con el procesamiento y eliminación de compuestos anti-nutricionales, generando diversas alternativas de utilización de la soya.
- La temperatura ideal para la cocción de la soya integral en el equipo semi-industrial diseñado en esta investigación, debe ser de 100°C por un tiempo de 15 minutos de cocción, para inhibir los factores anti-nutricionales y no afectar otros compuestos nutricionales importantes.
- La utilización del método cualitativo rápido (reactivo Soyatest) facilita la verificación de factores antinutricionales de la soya integral procesada localmente; proporcionando seguridad suficiente para determinar la calidad de la cocción utilizada en el proceso, la cual será útil para que el pequeño productor resuelva el problema de costos en los análisis y así garantizar su inclusión segura en la preparación de dietas para animales.
- los resultados del desempeño productivo de los pollos de engorde alimentados con una dieta que contenía soya integral procesada por un método semi-industrial, fueron buenos, ya que estuvieron dentro de los estándares establecidos para una fase de producción de 40 días, a pesar de que su crecimiento fue moderadamente inferior a la dieta control (torta de soya).
- El costo de engordar un kilogramo de pollo fue menor en el tratamiento que utilizaba soya integral, esto debido al menor valor de la dieta que contenía dentro de su composición soya integral procesada por el método semi-industrial de cocción diseñado en este experimento.

10. RECOMENDACIONES

En el proceso de secado de la soya integral cocida, se debe realizar rotación de bandejas y remover la soya, con el fin de acelerar el secado y evitar la proliferación de hongos.

Para lograr determinaciones más precisas para comprobar el nivel de antitripsina y de ureasa en las muestras, así como el porcentaje de digestibilidad, es necesario realizar análisis cuantitativos complementarios (análisis de laboratorio).

Periódicamente realizar análisis de tripsina y solubilidad de proteína para tener una evaluación más completa.

Utilizar soya integral como ingrediente en dietas de pollo de engorde si es cultivado por el pequeño o mediano productor

11. BIBLIOGRAFIA

Buitrago, J., Portela, R., & Jimenez, I. (1980). Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos.

Campabadal, C., Vaquero, M., & Ledezma, R. (1985). Utilización de la Soya Integral en la alimentación de pollos de engorde., *9*(1), 29–35.

Chenier, J. (1990). Efecto de la Soya Integral (Glycine Max.J tratada térmicamente en la alimentación de Pollos de Engorde, bajo tres Niveles Tecnológicos.

Corpoica. (n.d.). La soya, un sistema productivo con variadas oportunidades. Retrieved from http://www.agrosavia.co/noticias/generales/rueda-de-negocios-soya/

FAO. (n.d.). Producción pecuaria en América Latina y el Caribe. Retrieved from http://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/

Garcia, C. (2014). Inhibidores De Proteasas En Leguminosas, 29. Retrieved from https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/7486/1/TFG-M-N170.pdf

García, E., López, M., Valencia, R., Garzón, V., Navas, G., Salamanca, C., … Bernal, J. (2006). *Soya (Glycine max (L.) Merril Alternativa para los sistemas de producci{ó}n de la Orinoquia colombiana*.

Garcia T, R., Juan, B., Moreno, L., & Gisela, F. (2014). Produccion Ecologica De Gallinas Ponedoras, 116. https://doi.org/10.1080/01449290500331156

Garzon, V. (1997). La produccion porcina en el desarrollo agropecuario del piedemonte llanero.

Garzón, V. (2010). La soya, principal fuente de proteina en la alimentacion de especies menores - Engormix. Retrieved from https://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t3104/141-p0.htm

Guinzo, H. (2015). Determinación de la temperatura ideal para el tostado de la soya nacional y su validacion en pollos de engorde.

Hurtado-Nery, V. L., Corredor, L. F., & Torres, D. M. (2010). Grano de soya integral cocido en la alimentación de codornices. *Orinoquia*, *14*(1), 27–32. Retrieved from http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/123/579

Lazo Barrera, J. P. (2016). Evaluación de la conversión alimenticia en pollos Broiler mediante la inclusión de harinas de origen animal como proteína base, 103.

Lobo, R. (2016). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de harina y aceite de soya en Hacienda La Empalizada, Olancho, Honduras.

Lopez, A; Saavedra, A; Avila, V; Santos, E. (1987). Evaluacion de soya integral cocida y arroz paddy en la alimentacion de pollas de levante.

Lopez, A., Buitrago, J., Yaruro, M., & Figueroa, F. (1988). Utilización de soya entera extruída en dietas de pollo de engorde.

Newman, A., Molina, D., Santos, F. Dos, Herrera, I., Calder, M., & Toro, Y. (2007). La soya.

Perez, M. (2007). No todo grano que brilla es oro.

Pokniak, J., Cassus, G., & Cornejo, S. (2008). Respuesta productiva de pollos Broiler a la inclusion de poroto de soya extruido y tostado en sus dietas, *23*, 13–18.

Rueda Agudelo, S. L., & Giraldo Mejía, Á. M. (2018). Energía metabolizable del grano de soya integral en pollos de engorde. *Metabolizable Energy of Full-Fat Soybean for Broilers.*, *12*(1), 84–104. https://doi.org/10.17151/vetzo.2018.12.1.7

Rueda, S. (2016). Energia metabolizable del grano de soya integral determinada en pollos de engorde, 91. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/54244/

Ruiz, N., Belalcazar, F., & Castillo, J. (n.d.). En Soya Integral no hay correlación entre actividad de Ureasa y los Inhibidores de Tripsina. Retrieved from http://www.nutrianalisis.com/soya-integral-no-correlacion-actividad-ureasa-los-inhibidores-tripsina/

Santomá, G. (1994). Programas De Alimentación En Broilers Y Pollo Alternativo. *Fedna*, 1. Retrieved from http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Alimentación_Pollos_de_engorde.pdf

Telesur. (n.d.). El agronegocio de la soja en América Latina En Profundidad teleSUR. Retrieved from https://www.telesurtv.net/telesuragenda/El-agronegocio-de-la-soja-en-America-Latina-20170623-0036.html

Vaca, D. (2007). Utilizacion de proteasa para la asimilacion de la torta de soya en la cria y engorde de pollos.

Valencia, R., & Ligarreto, G. (2010). Mejoramiento genético de la soya (Glycine max L. Merril) para su cultivo en la altillanura colombiana una visión conceptual prospectiva. *Agronomia Colombiana*, *28*(2), 155–163.

Villanueva, C., Oliva, A., Torres, Á., Rosales, M., Moscoso, C., & González, E. (2015). *Manual de producción y manejo de aves de patio*. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE* (Vol. 65). Retrieved from www.catie.ac.cr