

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTADES DE AGRONOMÍA Y CIENCIAS VETERINARIAS
COMISIONES DE ESTUDIO PARA GRADUADOS
POSTGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL



**EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN
DE DESACTIVADO A UN FRIJOL DE SOYA SOBRE LA CALIDAD DEL
ALIMENTO Y LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDE**

Est. Grad. Ing. Juliana García C.

Tutor: Dr. Vasco de Basilio

Comité Asesor: Dra. Coromoto Michelangeli

Med. Vet MSc. Nelly López

MARACAY, NOVIEMBRE DE 2015.

**EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN
DE DESACTIVADO A UN FRIJOL DE SOYA SOBRE LA CALIDAD DEL
ALIMENTO Y LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDE**

Ing. Ind. JULIANA GARCIA CASTRO

Trabajo de grado sometido a la consideración de las Comisiones de Estudio para Graduados de las
Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias como requisito parcial para optar al grado de:

Magíster Scientiarum en Producción Animal

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTADES DE AGRONOMÍA Y CIENCIAS VETERINARIAS
COMISIONES DE ESTUDIO PARA GRADUADOS
POSTGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

Maracay, Noviembre de 2015.

VEREDICTO

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso y a la Virgen Santa por permitirme vivir este momento tan especial, por todos los triunfos y obstáculos que me han enseñado a valorar cada día más mi vida y las ganas de luchar por lo que quiero alcanzar.

A mis padres, esposo y hermanas porque creyeron en mí y porque me ayudaron a salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera. Admiro su fortaleza gracias por ser ustedes y estar a mi lado apoyándome, los amo.

A mis hijos Fabiana y Juan David, por ser mi inspiración, ustedes constituyen lo más importante que tengo en la vida. Doy gracias a Dios todos los días por haberme permitido tenerlos en mi vientre y traerlos a este mundo. Por y para ustedes he alcanzado este logro, me siento orgullosa de ustedes hijos queridos, los amo.

A mi sobrina, suegros, cuñados y amigos, por acompañarme en este largo camino y formar parte de él, muchas risas y caras largas estuvieron presentes pero finalmente valió la pena, gracias por compartir sus experiencias y conocimientos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios y la Virgen, por guiarme y estar presente en todo momento.

A mi Tutor, Prof. Vasco De Basilio, por su valiosa dedicación y constante apoyo, ayuda, guía desde los inicios de mi formación en el postgrado y en la realización de esta investigación.

Le agradezco enormemente a la Universidad Central de Venezuela por abrirme sus puertas, al Postgrado e Instituto de Producción Animal, a todo su personal por brindarme una mano amiga en este largo caminar.

Muy agradecida con el grupo La Caridad, en especial con Alimentos Super S C.A, Valencia, por confiar en mí, por su apoyo moral y económico, a lo largo de todos mis estudios y en la ejecución de esta investigación.

Al profesor MSc. Humberto Araque y MSc. Charly Farfán, les agradezco su colaboración por permitirme el uso de las instalaciones de la sección de porcino, para fabricar las dietas experimentales y por el apoyo brindado para el acondicionamiento del galpón de la sección avícola; donde se ejecutó la experimentación. Al igual que agradezco toda la ayuda brindada por Franklin Mora, al personal del Laboratorio de Aves y del Laboratorio de Nutrición Animal del IPA. A mis asesores, Dra. Coromoto Michelangeli que me ha ayudado a mejorar la calidad de este trabajo y Med. Vet MSc. Nelly Lopez que ha sido un punto de apoyo y pilar fundamental para la realización de esta investigación, gracias por la confianza, dedicación, oportunidad y enseñanza que me ha dado en estos años.

Al jurado evaluador, Prof. Hector Zerpa y Dra. Nora Techeira por su colaboración en el enriquecimiento de este trabajo. A todos los profesores y personal que colaboraron para la realización de la fase experimental, Prof Omar Aguirre, Prof. Lilian Sivoli, A mi compañero de trabajo experimental Leonardo Rodríguez.

A mis compañeras de trabajo, Vanessa Noguera, Yrina Colina, Nelly López, a todo el personal del laboratorio de Aseguramiento de la Calidad y Materia Prima de Alimentos Super S por su valiosa amistad y colaboración en los momentos requeridos. A todas las personas que de alguna manera influenciaron en mi formación profesional y personal.

Eternamente agradecida.....

EFFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE DESACTIVADO A UN FRIJOL DE SOYA SOBRE LA CALIDAD DEL ALIMENTO Y LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDE

RESUMEN

Se sometió un frijol de soya a un tratamiento de temperatura y presión y luego fue evaluado química y nutricionalmente en una dieta de pollos de engorde. Se realizaron tres experimentos (Exp). En el Exp. 1, se sometió el frijol de soya (FS) a un proceso de cocción por medio de un reactor hidrotérmico (autoclave) en una planta desactivadora y se consideraron 4 temperaturas (102,5; 102,1; 102,2 y 100,7 °C) y 4 presiones (2,45; 2,40; 2,38 y 2,20 bar) respectivamente y se obtuvieron 4 muestras cocidas de FS. Se analizó químicamente una porción de cada muestra de FS cocido con los diferentes niveles de temperatura y presión. En el Exp. 2, se utilizaron 60 gallos adultos de la línea Isa Brown distribuidos al azar en un arreglo factorial 4x2 constituido por 4 condiciones de cocción e inclusión de 10% y 20% del FS cocido a los diferentes niveles de temperatura y presión; representando 8 tratamientos más uno correspondiente al control (maíz) y otro por el endógeno, resultando 10 tratamientos con 6 gallos cada uno. Se determinó la digestibilidad de la materia seca (DMS), la energía metabolizable verdadera de la dieta corregida por nitrógeno (EMV_n) y la digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN). El Exp. 3, se efectuó por 21 días y se contó con 320 pollos de la línea Ross 308 de 21 días de edad (160 hembras y 160 machos), de peso uniforme, distribuidos al azar con los primeros 8 tratamientos de la Exp. 2. Se midió el consumo de alimento (CA), la ganancia de peso (GP), la conversión de alimento (CA/GP), la mortalidad, peso vivo (PV), rendimiento de la canal, peso de órganos y grasa abdominal. Bajo las condiciones del estudio y a los niveles de temperatura y presión evaluadas no se evidenciaron efectos importantes sobre la composición química del FS cocido, la EMV_n de la dieta, DMS, MS, GP, CA/GP, peso de los órganos y composición corporal de las aves. Por lo que es posible el uso de hasta 20% de FS cocido, sin afectar la productividad de los pollos.

Palabras clave: *Frijol de Soya (FS), digestibilidad de nutrientes y energía, tratamiento térmico, inhibidores de tripsina, solubilidad de la proteína en KOH, actividad ureasica.*

**EFFECT OF DIFFERENT CONDITIONS OF TEMPERATURE AND PRESSURE
APPLIED TO THE SOY BEAN ON THE QUALITY OF THE FEED AND THE
PRODUCTIVE PARAMETERS IN BROILER**

ABSTRACT

Soy bean were subjected to a treatment temperature and pressure and then was evaluated chemically and nutritionally on a diet of broilers of the Ross line 308. three experiments (Exp) were carried out. . In Exp 1, soy bean (FS) was subjected to a firing process through a hydrothermal reactor on an inactivating plant, 4 temperatures (considered 102,5; 102,1; 102,2 and 100,7 ° C) and 4 pressures (2.45; 2.40; 2.38 and 2.20 bar) respectively to obtain 4 cooked samples of the soy bean (FS) was chemically analyzed to determine their nutritional value. In Exp. 2, 60 adult roosters of Isa Brown breed were randomly distributed in a 4x2 factorial arrangement to made of 4 cooking conditions and including 10% and 20% of FS cooked to different levels of temperature and pressure were used; representing 8 plus one corresponding to the control treatments (corn) and another by endogenous, resulting 10 treatments with 6 roosters each. The dry matter digestibility (DMD), the true metabolizable energy dietary corrected by nitrogen (EMVn) and true digestibility of nitrogen (DSD) was determined. Exp. 3 was performed for 21 days and counted with 320 Ross 308 broiler line 21 days of age (160 females and 160 males) of uniform weight, randomly distributed with the first 8 treatments Exp. 2. feed intake (CA) was measured weight gain (GP), feed conversion (CA/GP), mortality, body weight (BW), carcass weight, organ weight and abdominal fat . Under the study conditions and levels of temperature and pressure assessed no major effects on the chemical composition of cooked FS were evident, the EMVn diet, DMD, DSD, GP, CA/GP, organ weight and body composition the birds. So it is possible to use up to 20% of FS cooked without affecting the productivity of chickens.

Keywords: Soybean (FS), digestibility of nutrients and energy, heat treatment, trypsin inhibitors, protein solubility in KOH, urease activity .

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE GRÁFICOS	xi
I. INTRODUCCIÓN	01
1. Objetivo general	03
2. Objetivo específicos	03
II. REVISIÓN DE LITERATURA	04
1. Generalidades del cultivo de soya	04
2. Factores que afectan los valores de digestibilidad de la proteína energía metabolizable del frijol de soya	05
3. Proceso de obtención del frijol de soya desactivado	08
III. MATERIALES Y METODOS	10
1. Aspectos Generales	10
2. Experiencia 1: Determinación de la composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura	12
3. Experiencia 2: Determinación de la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta en gallos adultos (EMVnd) del FSD	12
a. Dietas y diseño experimental	12
b. Preparación de las dietas	13
c. Manejo de los animales	14
d. Análisis estadístico	16

e. Manejo de datos	17
4. Experiencia 3: Evaluación del efecto de un alimento elaborado con el FSD obtenido sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización	17
a. Parámetros evaluados durante la fase de experimentación	19
b. Análisis estadístico	20
c. Manejo de datos	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
1. Experimento 1: Determinación de la composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura	21
2. Experimento 2: Determinación de la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta en gallos adultos (EMVnd) del FSD	23
a. Digestibilidad de la materia seca (DMS)	23
b. Digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN)	24
c. Energía metabolizable aparente de la dieta corregida por nitrógeno (EMAnd).	25
d. Energía metabolizable verdadera de la dieta corregida por nitrógeno (EMVnd).	27
3. Experimento 3: Evaluación del efecto de un Alimento elaborado con el FSD obtenido sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización	29
a. Evaluación del efecto de un Alimento elaborado con el FSD obtenido sobre rendimiento en canal, grasa abdominal y peso de órganos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización.	34
4. Discusión general	37
V. Conclusiones	39
VI. Recomendaciones	40
VII. Referencias bibliográficas	41
VIII. Anexos	49

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1.	Procesamiento del frijol y digestibilidad de los nutrientes	06
2.	Procesamiento del frijol de soya y valor energético	07
3.	Relación actividad ureásica e inhibidores de tripsina según el proceso de desactivación.	08
4.	Descripción de los tratamientos para determinar la EMVnd, la DVN y DMS del FSD	13
5.	Composición nutricional de las dietas experimentales	18
6.	Descripción de los tratamientos de la prueba de un Alimento elaborado con FSD sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de Crecimiento y engorde.	19
7.	Composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura	23
8.	Digestibilidad de la materia seca (DMS)	24
9.	Digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN)	25
10.	Energía metabolizable aparente de la dieta corregida por nitrógeno (EMAnd).	27
11.	Energía metabolizable verdadera de la dieta corregida por nitrógeno (EMVnd).	28
12.	Parámetros productivos al incorporar el FSD en pollos de engorde según la semana del ave.	30
13.	Parámetros productivos al incorporar el FSD en pollos de engorde en etapa de crecimiento y engorde.	32
14.	Peso Vivo de los pollos a diferentes edades según tratamiento.	33
15.	Peso de canal, rendimiento en canal y grasa abdominal de pollos al final de la experiencia 42 días	35
16.	Peso de Órganos evaluados en % de peso vivo según los tratamientos a 42 días	37

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1.	Diagrama del proceso de la desactivación del frijol de soya	10

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO		Pág.
1.	Resumen de parámetros productivos a los 49 días de vida	31

I. INTRODUCCIÓN

La Industria Avícola juega un papel importante en la conversión de granos y otros productos en carne y huevos, y constituye una importante fuente para satisfacer la demanda de proteínas de una población que crece aceleradamente. La suplementación proteica es especialmente crítica en los animales monogástricos, la forma intensiva como se explotan las aves ha creado la necesidad de proporcionarles alimentos que llenen todas las necesidades de su rápido crecimiento y máxima producción, los alimentos que consumen están formados principalmente por granos de cereales (maíz), complementados con fuentes de energía como las grasas de origen animal y/o vegetal, fuentes proteicas de origen vegetal (harina de soya), animal (harinas de carne) y marino (harina de pescado).

La avicultura en Venezuela constituye un renglón que provee una fuente proteica económica y de gran valor nutricional (León et al., 1997). La carne de aves sigue siendo la preferida de los consumidores venezolanos, además de ser la fuente de proteína animal de mayor disponibilidad, es más barata que la de bovino y porcino. Cifras de la Federación Nacional de Avicultura de Venezuela (Fenavi) para el año 2011, indican que en el país se produjeron 79 millones de kilos mensuales de pollo, en promedio cada venezolano para ese año consumió 41 kilogramos, lo que significa un incremento de 2,24% con respecto al 2009 cuando eran 40,10 kilos por persona. Entre el año 1999 y 2010 la ingesta de carne de pollo subió 93,67% al pasar de 21,17 kilos por habitante al año a 41 kilogramos.

En los últimos años la industria de alimentos balanceados en Venezuela viene afrontando situaciones críticas de escasez, baja calidad, constantes alzas de precios y el no otorgamiento de licencias de importación que han limitado la disponibilidad y uso de ciertos insumos tradicionales como lo son las grasas de origen vegetal y/o animal. Lo que ha originado la búsqueda de nuevas fuentes alimentarias como una alternativa para optimizar la formulación de dietas balanceadas.

El uso del frijol de soya desactivado (FSD) en la alimentación animal ha permitido la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, por su alto contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%) (FEDNA, 2010). Con la utilización de este producto, es posible

satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica. Muchos fabricantes consideran como una necesidad a corto plazo la construcción de líneas de procesamiento de semilla de soya dentro de sus plantas de producción, como una forma de garantizar la calidad nutritiva de sus alimentos y un ahorro en el consumo de grasa, debido a que en el mercado nacional su uso resulta costoso y su disponibilidad escasa; lo antes mencionado les permitiría permanecer activos en el competitivo mercado de los alimentos.

Según cifras de FAO (2012), en el año 2011, Venezuela importó 1.115.576 ton de harina de soya destinada a la elaboración de alimentos balanceados para animales. La marcada dependencia de las importaciones de este producto vulnera la seguridad alimentaria y evidencia la necesidad de impulsar el cultivo de soya en Venezuela para abastecer la demanda del mercado interno de aceites y de harinas proteicas para consumo humano y animal (Solórzano et al., 2005).

El frijol de soya (FS) presenta compuestos anti nutricionales de acción inhibitoria de las proteasas que tienen un efecto negativo sobre la utilización digestiva y sobre la capacidad de crecimiento de los animales, especialmente los monogástricos (Palacios et al., 2004). Por tal motivo, independientemente del nivel de inclusión en las dietas, todos los estudios realizados en relación al uso de este producto en aves, coinciden en la necesidad de someterlo a un tratamiento térmico antes de incluirlo en las raciones (Herkelman et al., 1989; Zhang et al., 1991).

El desactivado del frijol de soya (FSD) tiene como objetivo lograr un producto homogéneo con un contenido residual mínimo de factores anti nutricionales, una calidad óptima de la proteína y una alta disponibilidad del aceite (Suárez, 2003).

Considerando lo antes descrito y en base a la necesidad de la Industria de Alimentos Balanceados de desarrollar una investigación con menos rigor científico pero enfocada en una mayor aplicabilidad práctica y orientada hacia el estudio del efecto que pudiesen tener las variables temperatura y presión en un proceso de cocción de un grano de

soya sobre los parámetros productivos en pollos de engorde, se plantean los siguientes objetivos:

1. Objetivo general

Evaluar la calidad química y nutricional de cuatro condiciones de desactivado de un frijol de soya sometido a diferentes niveles de temperatura y presión sobre los parámetros productivos en pollos de engorde.

2. Objetivo específicos

- ✓ Obtener un frijol de soya desactivado modificando las variables presión y temperatura durante su proceso de tratamiento térmico.
- ✓ Evaluar químicamente el frijol de soya desactivado obtenido al modificar las variables presión y temperatura.
- ✓ Determinar la digestibilidad de la materia seca y la digestibilidad verdadera del nitrógeno del frijol de soya desactivado obtenido al modificar las variables presión y temperatura en gallos adultos.
- ✓ Determinar la energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta fabricada con el frijol de soya desactivado obtenido al modificar las variables presión y temperatura en gallos adultos.
- ✓ Evaluar el Alimento elaborado con el frijol de soya desactivado obtenido al modificar las variables presión y temperatura y determinar su efecto sobre los parámetros productivos, rendimiento en canal, peso de algunos órganos y grasa abdominal en pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Generalidades del cultivo de soya

La soya (*Glycine max. L.*) pertenece a la familia Fabaceae subfamilia Papilionoideas, posee características propias que la diferencian del resto de los integrantes de dicha familia, destacándose por su alto contenido de proteína y su calidad nutritiva. Ocupa una posición intermedia entre las legumbres y los granos oleaginosos, conteniendo más proteínas que la mayoría de las legumbres, pero menos grasa que la mayor parte de las oleaginosas (Toledo, 2009).

Se considera la principal fuente de proteína vegetal para consumo animal y humano, debido a que en el grano integral la proteína representa alrededor del 40% de la materia seca, aportando energía, aminoácidos esenciales y nitrógeno (Erickson, 1995). Sin embargo posee una baja cantidad de aminoácidos azufrados (metionina, cistina), siendo la metionina el más limitante (Anderson et al., 1995). Por otra parte, se ha logrado un progreso importante en el desarrollo de nuevas variedades de soya con mejoras en el perfil de aminoácidos (Anderson et al., 1995).

En el año 2010 la producción mundial de soya fue de 260,9 millones de toneladas, de las cuales el 52,7 % se cosecho mayormente en Brasil, Argentina, Bolivia y Paraguay; y el resto en EEUU, convirtiendo a este cultivo en el séptimo con mayor producción en el mundo superado solo por el arroz, leche entera de vaca, carne vacuna, carne de cerdo, carne de pollo y trigo (FAO, 2010).

A partir de 2007 se retomó con más auge la siembra del cultivo de soya en Venezuela, y actualmente se están sembrando cultivares originarios de Brasil, tales como las variedades Tracajas, Sambaiba y Raimunda, de Costa Rica la variedad CIGRAS-06 y de Venezuela la variedad FP90- 6103 (Arnao et al., 2010).

Según Erickson (1995) los productos derivados de la soya se pueden clasificar en oleaginosos (aceite de soya refinado y lecitina de soya) y productos proteicos (harina de soya, concentrados, aislados y texturizados). La harina de soya es un producto de menor procesamiento ya que simplemente se elabora a partir de la molienda de la pasta desgrasada

o del frijol descascarillado, su contenido de proteína se encuentra entre 45 y 48%. El concentrado de proteína, se obtiene mediante la extracción en fase alcohol-agua o por lixiviación en medio ácido de la harina desgrasada, contiene alrededor de 70% de proteína. El aislado de proteína, se produce con la extracción alcalina de la harina seguida por la precipitación en un pH ácido, su contenido de proteína es de 90%. Los texturizados se elaboran por extrusión termoplástica de la harina o concentrados en presencia de calor húmedo y presión elevada para impartir una textura fibrosa, su mayor aplicación se encuentra en la fabricación de análogo de carne.

El frijol de soya por ser un recurso nutricional para la alimentación de las aves y caracterizarse por su alta concentración proteica de 37 a 38% de proteína cruda y energética 3.400 a 3.800 kilocalorías de energía metabolizable (E.M)/kg, ha despertado el interés de los avicultores (Buitrago, 1992). Este hecho, aunado a los costos y a la calidad con la que en la mayoría de los casos se obtiene, plantea como una incógnita para la industria, el establecer la cantidad a incluir de este ingrediente en la dieta sin afectar los principales parámetros productivos de las aves. Todos los estudios realizados en relación a su uso en dietas para aves, coinciden en la necesidad de someter al frijol de soya a un tratamiento térmico antes de incluirlo en las raciones, incluso con aquellas variedades de frijol de soya, que presentan niveles más bajos de inhibidores de tripsina (Herkelman et al., 1989; Zhang et al., 1991). Es importante considerar que para que la proteína de soya sea altamente disponible (especialmente en la harina de soya), esta debe ser procesada de tal forma que su valor de actividad ureásica resulte (entre 0,02 y 0,5 Δ pH) y el de su solubilidad se encuentre entre 75 y 85% (Lepley, 1984).

2. Factores que afectan los valores de digestibilidad de la proteína y energía metabolizable del frijol de soya

Diversos estudios en los años noventa señalaron que en los animales monogástricos la digestibilidad de los aminoácidos es superior al consumir la soya en harina y que la disponibilidad de la grasa era mayor en el aceite libre obtenido al extraerlo del frijol de soya. De hecho, Herkelman et al. (1990), indicaron que en porcinos, el frijol de soya no alcanza el valor nutricional de una mezcla equivalente de harina y aceite de soya, debido posiblemente a una utilización reducida del aceite contenido en el grano. En un trabajo

anterior, Lessire et al. (1988) trabajaron con frijol de soya extrusado en seco y pollos de 14 días de edad encontrando un valor energético del frijol cercano a las 3.800 kcal de energía metabolizable neta/kg de materia seca, similar al de una mezcla 80:20 de harina de soya y aceite. Estos autores concluyen que la utilización de la fracción proteica y lipídica de la mezcla harina y aceite, y del frijol de soya extrusado era similar e independiente de la edad del animal.

Trabajos y revisiones realizadas por (Monari et al., 1996; Mateos et al., 1996; Rand et al., 1996; Clarke et al., 2000; Hancock, 2001) indican que ambas combinaciones (frijol de soya tratado vs harina y aceite de soya) son cuando menos equivalentes. Así, Gundel et al. (1996) compararon la digestibilidad de diversos nutrientes del frijol crudo, frijol procesado y harina y aceite de soya (cuadro 1). Llegando a la conclusión de que los mejores valores de digestibilidad, tanto para la lisina como para la proteína y la energía metabolizable se obtienen al someter al frijol de soya a tratamientos térmicos.

Cuadro 1. Procesamiento del frijol y digestibilidad de los nutrientes (Gundel et al., 1996).

	Digestibilidad de los nutrientes, %			
	Extracto Etéreo	Energía	Proteína	Lisina
Cocido y Laminado ¹	95	82	94	98
Microondas ²	85	85	91	95
FS Tostado ³	92	90	92	93
Extrusión seca ⁴	93	88	94	95
Harina + aceite de Soya	88	81	89	90
FS Crudo	84	66	54	68

¹ 120 °C durante 20 min . ² 120 a 140 °C durante 40 a 60 seg . ³ 120 °C durante 5 a 10 min (acondicionado previo). ⁴ 150 °C durante 25 a 40 seg.

Café et al. (2000a) evaluaron el frijol de soya sometido a dos tratamientos térmicos y encontraron valores de EM para pollos de 3.732 Kcal/kg para grano extrusado y 3.244 Kcal/Kg para grano tostado, lo cual indica que el grano tratado por extrusión ya sea húmeda o seca aporta un mejor valor energético. Datos de la Universidad de Nottingham y de la Universidad de Madrid (Mateos et al., 1996) sobre la influencia del procesamiento sobre el valor energético del frijol de soya se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Procesamiento del frijol de soya y valor energético (Mateos et al., 1996).

	Universidad Nottingham ¹		Universidad Madrid ²
	Harina	Gránulo	Harina
FS Crudo	2.913		
FS Tostado ⁴	3.382	3.366	3.580 ^a
FS Micronizado ³	3.161	3.331	3.500 ^a
Extrusión seca ⁵	3.591	3.719	3.650 ^{ab}
Harina + aceite de soya	3.455	3.707	3.800 ^b

¹Pollitos, EMAn en Kcal/Kg, 90% MS. Datos 1986. ²Ponedoras, EMAn en Kcal/Kg, 90% MS. Datos de 1992 (P=0.05). ³ 120 a 140 °C durante 40 a 60 seg. ⁴ 120 °C durante 5 a 10 min (acondicionado previo). ⁵ 150 °C durante 25 a 40 seg.

Mateos et al. (1999) realizaron una investigación evaluando dos tratamientos del frijol de soya: extruido y tostado, encontrando diferencias en los productos resultantes, los cuales atribuyeron al efecto físico del extruido, que causa una considerable ruptura en las células del grano, lo que permite una mayor disponibilidad del aceite que contiene, facilitando el acceso enzimático a las proteínas ya desnaturalizadas por el efecto térmico.

Tanto el sobreprocesado del frijol de soya como la falta de cocción, perjudican la disponibilidad de la fracción proteica; la falta de cocción ocasiona que los factores anti nutricionales no se destruyan, lo que reduce la utilización de los aminoácidos y por ende los rendimientos en los parámetros productivos de los animales; y en el caso de un sobrecocido, se producen reacciones entre los grupos aminos de ciertos aminoácidos y los azúcares libres presentes en el frijol de soya (reacciones de Maillard) reduciéndose la utilización de la fracción proteica (González-Vega et al., 2011).

Azcona et al. (2009) llevaron a cabo una experiencia evaluando el frijol de soya sometida a dos tratamientos térmicos, como se puede visualizar en el cuadro 3 y encontraron que el proceso de extrusión utilizado, logro una mejora significativa en términos de digestibilidad de nutrientes, sin que se produjera una caída de los inhibidores de tripsina, mientras que la ureasa se mostró más sensible. Por este motivo, señalaron que es posible encontrar muestras de frijol de soya extrusada con niveles de actividad ureásica aceptables, pero con inhibidores de tripsina por encima de lo recomendable. Además afirmaron que el proceso de desactivación permite reducir el contenido de inhibidores de tripsina y mejorar la digestibilidad de los nutrientes, efectos que varían según el método

utilizado. La extrusión permite obtener los valores de digestibilidad más altos, sin que se llegue a reducir los inhibidores de tripsina a un nivel comparable al de las harinas de soya, mientras que el uso de vapor para tratar al frijol logra reducir los inhibidores de tripsina, pero no permite lograr una digestibilidad de nutrientes tan alta como con la extrusión.

Cuadro 3. Relación actividad ureásica e inhibidores de tripsina según el proceso de desactivación.

	Muestra	Actividad Ureásica	Inhibidores Tripsina
	#	Δ pH	TIA mg/g
Vapor	1	0,05	1,10
	2	0,14	1,20
	1	0,03	5,00
Extrusión	2	0,08	9,20
	3	0,10	11,40

Azcona et al.(2009). TIA: Actividad de Inhibidores de Tripsina expresado en mg/g de muestra. Cabe aclarar que tanto TIU como TIA son dos maneras diferentes de medir los IT. Para realizar la conversión de TIA a TIU en forma práctica se debe proceder multiplicando el valor de TIA x 1,9.

3. Proceso de obtención del frijol de soya desactivado.

Los tres métodos más conocidos para tratar el frijol de soya son: cocción, extrusado en seco o en húmedo y tostado, que incluye los sistemas de tambor rotatorio (tromel), lecho fluidificado, cámara en cascada, micronizado, jet-sploder y microondas (Barbi, 1996).

Monari et al., 1996 señalaron que la autoclave consiste en cocer el frijol de soya aplicando vapor caliente a presión, y ha sido el método más utilizado a nivel de centros de investigación. Sin embargo, afirmaron que la preparación de las muestras y las condiciones aplicadas durante el proceso (por ejemplo tamaño de la molienda, tiempo, presión y espesor de la capa del grano) variaban entre laboratorios, por lo que la aplicación práctica de algunos de los resultados publicados en los años sesenta fue cuestionable.

Kratzer et al. (1990) estudiaron el efecto de la duración en la autoclave de harina de soya sometida a 121 °C sobre los factores anti nutricionales, la solubilidad de la proteína y los índices de conversión en pollos, obteniendo los mejores resultados con 24 min de exposición.

Herkelman et al. (1991) molieron el frijol de soya y las procesaron por autoclave a 121 °C durante 0, 10, 20, 30, 40, 60 y 90 min en bandejas con un espesor de 25 mm. Los autores indicaron que se necesitaban 30 min para reducir la actividad ureásica ($< 0,20$ unidades de ΔpH) y los inhibidores de la tripsina (< 5 mg/g) a niveles aceptables. La mejor productividad en pollos que consumían dietas con 37% de frijol de soya tratado se obtenía con 40 min de cocción.

Yin et al. (1993) estudiaron en laboratorio la duración óptima del proceso de desactivación de los factores anti nutricionales del frijol de soya en autoclave a 125 °C y 0,1 M Pa de presión. Cinco minutos de permanencia fueron suficientes para hacer desaparecer la actividad ureásica y reducir los inhibidores de la tripsina de 20 a 2,1 mg/g. Cuando aumentaron el tiempo de permanencia hasta 25 min, los factores antitripsicos siguieron disminuyendo (1,5 mg/g) pero también lo hizo la disponibilidad de la lisina.

Frank (1988) describió otro método de cocción que se efectúa por medio de un reactor hidrotérmico, que consiste básicamente en tratar al Frijol de soya en una olla a cierta presión donde las condiciones aplicadas varían según el tamaño y capacidad de la máquina (desde 4 hasta 25 t/hora). Los elementos del sistema son el acondicionador, el reactor para la cocción, el sistema de expansión y el secador-enfriador. El proceso se inicia con una limpia y troceado del material original mediante un molino rompedor de estrías. La molienda es más gruesa cuando el grano va destinado a rumiantes (3 trozos/semilla) que cuando se emplea para monogástricos (8/12 trozos/semilla, equivalente a una criba $\text{£ } 4$ mm). A continuación el frijol se preacondiciona en un mezclador continuo donde se añade agua y vapor de agua a 170 °C hasta empapar la masa y lograr una temperatura de 48 ± 2 °C. Posteriormente la mezcla pasa a un reactor hidrotérmico vertical dividido en cuatro o más módulos independientes. En el primer cuerpo se eleva la temperatura mediante vapor caliente hasta 90 ± 3 °C con agitación continua. La temperatura sube hasta $95-100 \pm 3$ °C en el segundo cuerpo mediante el mismo mecanismo. En el tercer y cuarto cuerpo se sigue agitando la mezcla pero ya no se añade vapor, con lo que la temperatura se reduce a 90-95 y a $85-90 \pm 3$ °C, respectivamente. La cocción dura unos 45 min y el grano sale con un 25% de humedad, aproximadamente. El sistema no rompe la estructura de las esferosomas y por ello conviene pasar posteriormente la mezcla por un expander a gran presión (> 25

bar) y a una temperatura de 105-110 °C durante 5 seg sin aplicar vapor. En el proceso la humedad se reduce a un 17%. A continuación la mezcla se pasa por un secador a 145 °C, y posteriormente por el enfriador hasta que la humedad baja al 9-11%.

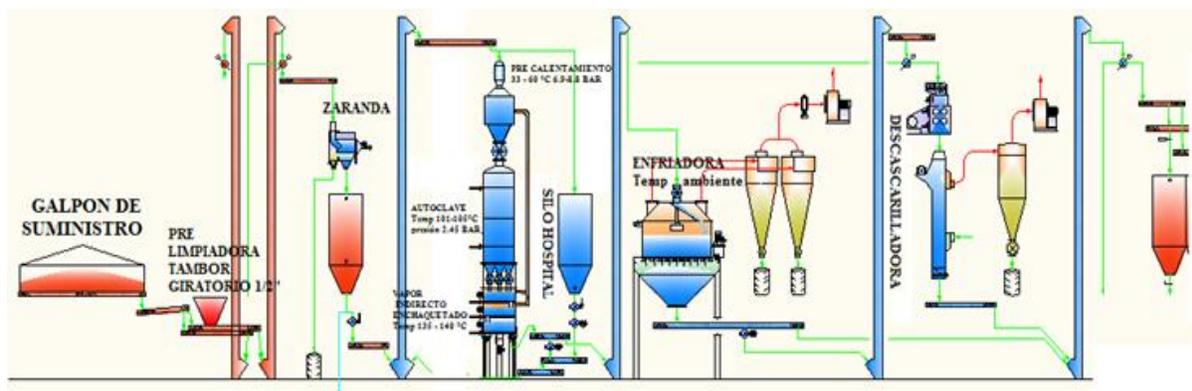
La revisión de la información citada en esta investigación demuestra que el FS tratado térmicamente es la fuente de proteína vegetal más importante utilizada en la alimentación animal, más del 90% del frijol de soya producido en el mundo es utilizado en la alimentación animal (Van Eys, 2013). Es necesario evaluar el efecto de su procesamiento sobre el valor nutritivo de su proteína, aminoácidos y parámetros productivos obtenidos. Los métodos más empleados en la evaluación de su procesamiento son el nivel de ureasa, la solubilidad en hidróxido de potasio (KOH), los inhibidores de tripsina entre otros.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Aspectos generales

El grano de soya que fue utilizado para desarrollar los objetivos antes descritos, fue cocido por medio de un reactor hidrotérmico (autoclave) en una planta llamada Desactivadora de Soya, ubicada en Valencia Estado Carabobo, cuya capacidad de tratar térmicamente al grano de soya es 15 Ton/hora y condiciones estándares de trabajo 2,3 bar de presión y temperatura ideal mínima 103 °C. En la figura 1 se puede visualizar el diagrama de flujo de este proceso.

Figura 1. Diagrama del proceso de la desactivación del frijol de soya.



Para cumplir con los objetivos trazados, se seleccionaron cuatro batches (condiciones de procesamiento), los cuales fueron evaluados en el Laboratorio de Alimentos Super-S, Grupo La Caridad, ubicado en Valencia, estado Carabobo, a $10^{\circ} 9' 40''$ N, $67^{\circ} 56' 23''$ O, a 479 m.s.n.m, con una temperatura media de 25°C y una humedad relativa de 69%. La parte experimental se realizó en el Instituto de Producción Animal (laboratorio de Nutrición Animal, Sección de Aves) de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, ubicado en Maracay, estado Aragua, a $10^{\circ} 17' 5''$ N, $64^{\circ} 13' 28''$ O, a 480 m.s.n.m, con una temperatura media de 25°C y una humedad relativa de 75% (INIA, 2009).

Se dispuso para la realización de los experimentos de una única variedad de frijol de soya proveniente de Norte América, la cual fue sometida a un proceso de cocción variando las condiciones de presión y temperatura. Es importante mencionar que para el momento de establecer los valores de presión y temperatura utilizados en las experimentaciones, se realizó una visita a la planta donde se desactivó el frijol, con la finalidad de recopilar los datos del control del proceso (temperatura y presión). Dichos datos fueron evaluados y analizados; considerando los más acorde a las necesidades de esta investigación; por ser un proceso continuo con condiciones de operatividad de temperatura mínima de 100°C y máxima de $104,5^{\circ}\text{C}$ y una presión mínima de 1,7 bar y máxima de 2,45 bar; los valores establecidos para esta investigación fueron:

- P1: cocción a 2,45 bar y $102,50^{\circ}\text{C}$ $P1 = C2$
- P2: cocción a 2,40 bar y $102,10^{\circ}\text{C}$ $P2 = C4$ $i = 1, \dots, a$ $i = 1, 2, 3, 4$
- P3: cocción a 2,38 bar y $102,20^{\circ}\text{C}$ $P3 = C1$
- P4: cocción a 2,20 bar y $100,70^{\circ}\text{C}$ $P4 = C3$

Dónde:

P_i : Se define como el valor de presión y temperatura en estudio para efectos de esta investigación.

C_i : Se define como la condición de trabajo de presión y temperatura de la planta desactivadora para el momento en que se tomaron las muestras a ser evaluadas.

Lo anteriormente descrito se realizó con la finalidad de obtener cuatro muestras de FSD que fueron utilizadas en la realización de cuatro experimentos.

2. Experiencia 1: Determinación de la composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura.

Se tomó una muestra representativa de cada FSD y fue analizado para la determinación de: humedad (COVENIN 1156-79); proteína cruda (Nitrógeno Kjeldahl Foss Tecator x 6,25) (AOAC 991.20:1991); grasa cruda (COVENIN 1162-79); digestión de ceniza y/o disolución de minerales (mufla) (COVENIN 1783-81); calcio por el Método de EDTA (APHA, 1995); fósforo total (AOAC 965.17:1996); fibra cruda por Fibertec (AACC 32-15:2000), fibra detergente neutro (FDN) (COVENIN 3178:1995) y fibra detergente ácida (FDA) (F.F.A.A. Handbook N° 379. AOAC Vol 62-1979:). Igualmente se determinó Actividad ureásica por el método AACC 22-90:2000; Inhibidores de tripsina por el método Hamerstrand et al. (1981) (modificado); y la solubilidad de la proteína por KOH (COVENIN 3034:93).

3. Experiencia 2: Determinación de la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta en gallos adultos (EMV_{n_d}) del FSD.

Se llevó a cabo el experimento siguiendo la metodología desarrollada por Sibbald en el año 1981b y por Sibbald y Morse 1983, con las modificaciones realizadas por Almeida y Baptista (1984). Se utilizaron 60 gallos adultos de la línea Isa Brown, los cuales fueron adaptados a las condiciones de manejo de la prueba y situados previo acostumbramiento en jaulas metálicas individuales con las siguientes dimensiones 43 cm de alto x 47 cm de profundidad x 26 cm de ancho. Estas jaulas fueron dotadas de un bebedero de copita y de una bandeja recolectora de heces, cuyas dimensiones fueron aproximadamente de 35 cm de ancho x 55 cm de profundidad, colocadas de tal manera que se garantizó una recolección efectiva de las heces.

a. Dietas y diseño experimental.

Se desarrolló un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 4x2, correspondiente a cuatro condiciones de obtención de FSD utilizando las siguientes

presiones y temperaturas de cocción respectivamente de **2,20 bar y 100,7 °C** ; **2,38 bar y 102,2 °C**; **2,45 bar y 102,5 °C**; **2,40 bar y 102,1 °C**; con dos niveles de inclusión 10% y 20%, obteniéndose diez grupos, los cuales estuvieron integrados por ocho tratamientos experimentales, más el utilizado para las mediciones del control y otro que representó el endógeno (animales no alimentados para coleccionar pérdidas endógenas en el alimento), cada grupo estuvo compuesto por 6 gallos; cada gallo representó una unidad experimental.

b. Preparación de las dietas.

Para la elaboración de las dietas experimentales (Cuadro 4) se dispuso del FSD y de granos de maíz amarillo importado (americano), los cuales fueron molidos (molino Foss Cemotec™ 1090) con una criba aproximada de 3 mm. Dos días antes del inicio de la prueba, se prepararon 500 g de cada una de las dietas, colocadas en bolsas plásticas, posterior a ello se prepararon 40 g de muestra en envases plásticos, se utilizó para pesar dichas muestras una balanza electrónica Ohaus, con rango de 0 a 5.000 g con precisión de 0,1 g y fueron identificados según los tratamientos establecidos.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos para determinar la EMV_{nd}, la DVN y DMS del FSD.

Dieta Experimental	Descripción
1	P3 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido
2	P3 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido
3	P1 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido
4	P1 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido
5	P4 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido
6	P4 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido
7	P2 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido
8	P2 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido
9	Endógeno
10	Maíz grano molido

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

c. Manejo de los animales.

Previo a realizar el experimento, los gallos se mantuvieron en ayuno por un lapso de 24 h, de esta manera se aseguró el vaciado total del tracto digestivo. Posterior a ello, mediante la alimentación forzada (Sibbald, 1976), a cada gallo se le suministró 40 g de la ración correspondiente a su tratamiento, con la ayuda de un embudo de acero inoxidable se le introdujo en la boca a través del esófago hasta alcanzar el buche. Los tratamientos estuvieron integrados por una dieta a base de maíz molido como tratamiento control y los tratamientos a ser evaluados a las distintas condiciones de presión y temperatura (C₁, C₂, C₃, C₄) y dos niveles de inclusión 10 y 20% y el resto de la dieta fue de maíz molido 90 y 80% respectivamente. El grupo de gallos que representó el endógeno permaneció sin alimentación para obtener los valores correspondientes a las excreciones endógenas. Las recolecciones de las excretas de las heces se efectuaron en las bandejas después de 48 h de haberle suministrado el alimento, y luego fueron pesadas y secadas en una estufa con circulación de aire a 60 °C durante cuatro días. Las excretas fueron molidas utilizando un molino marca Cyclotec 1093 Sample Mill[®] con criba de 1 mm y analizadas para energía bruta (EB) utilizando una bomba calorimétrica marca Parr[®] modelo 6400 (AOAC, 2000), nitrógeno total [kjeldahl] (AOAC, 2000) y nitrógeno úrico, aplicando el método de espectrofotometría directa UV (Marquardt, 1983). Empleando las metodologías descritas anteriormente, se determinó la EB y el contenido de N de las dietas experimentales. Luego de determinar la digestibilidad de las dietas utilizadas en la experimentación, se realizó el cálculo de la digestibilidad de la materia seca (DMS), energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta (EMV_{n_d}) y la digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) de cada uno de los tratamientos, a continuación se describen las fórmulas utilizadas:

- Para la determinación de la DMS:

$$DMS = \frac{(MSI) - (MSexc)}{MSI}$$

Donde; MSI: Materia Seca ingerida, MSexc: Materia seca excretada.

- **Para la determinación de los valores de DVN:**

$$DVN (\%) = \frac{Nc (g) - NESU (g) - NMF (g)}{Nc (g)} \times 100$$

Donde; Nc: Nitrógeno consumido, NESU: Nitrógeno excretado sin nitrógeno úrico y NMF: Nitrógeno metabólico fecal cuantificado en el grupo de gallos en ayuno permanente, después de haber tratado las heces para eliminar el ácido úrico (Terpstra y Hart, 1973).

- **Para la determinación de los valores de energía metabolizable aparente de la dieta (EMA_d):**

$$EMA_d = \frac{(MSI \times EBa) - (MSexc \times EBh)}{MSI}$$

Donde; MSI: Materia Seca ingerida, EBa: Energía bruta del alimento, MSexc: Materia seca excretada, EBh: Energía bruta de las heces.

- **Para la determinación de los valores de energía metabolizable aparente corregida por nitrógenos de la dieta (EMAN_d):**

$$EMAN_d = \frac{(MSI \times EBa) - [(MSexc \times EBh) + (\pm ENR)]}{MSI}$$

Donde; MSI: Materia Seca ingerida, EBa: Energía bruta del alimento, MSexc: Materia seca excretada, EBh: Energía bruta de las heces, ENR: Energía aportada por el nitrógeno retenido.

$$ENR = (Nc - Ne) \times 8,22$$

Donde; Nc: Nitrógeno consumido, Ne: Nitrógeno excretado (úrico).

$$Nc = \frac{Na \times MSI}{100}$$

Donde; Na: Nitrógeno del alimento, MSI: Materia Seca ingerida.

$$Ne = \frac{Nth \times MSexc}{100}$$

Donde; Nth: Nitrógeno total de las heces, MSexc: Materia seca excretada

- **Para la determinación de los valores de EMV_d:**

$$EMV_d = \frac{(MSI \times EBa) - [(MSexc \times EBh) - (MSend \times Eendx)]}{MSI}$$

Donde; MIS: Materia seca ingerida, MSexc: Materia seca excretada, MSend: Materia seca excretada del endógeno, EBa: Energía bruta del alimento, EBh: Energía Bruta de la heces, Eendx: Energía endógena excretada corregida para endógeno.

- **Para la determinación de los valores de EMV_{nd}:**

$$EMV_{nd} = \frac{(MSI \times EBa) - \{[(MSexc \times EBh) - (MSend \times Eendx)] + [\pm ENR]\}}{MSI}$$

Donde; MIS: Materia seca ingerida, MSexc: Materia seca excretada, MSend: Materia seca excretada del endógeno, EBa: Energía bruta del alimento, EBh: Energía Bruta de la heces, Eendx: Energía endógena excretada corregida para endógeno, ENR: Energía aportada por el nitrógeno retenido.

d. Análisis estadístico.

Se contó con el programa estadístico Proc Mixed de SAS (SAS, 2004) para el análisis de los datos, se efectuó un análisis de varianza, para obtener los resultados, con valores de media y desviación estándar, y de existir diferencias estadísticamente significativas (P<0,05), se ejecutó la prueba respectivas de medias utilizando el procedimiento Tukey (Steel et al.,1997).

Se utilizó el siguiente modelo matemático, para las variables DMS, EMA_d, EMAn_d, EMV_d, EMVn_d y DVN:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1,\dots,a \quad i=1,2,3,4 \\ j=1,\dots,b \quad j=1,2 \end{array}$$

Dónde:

y_{ij} : Observación perteneciente al i -ésimo nivel de cocción y a la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar. μ : Media general. α_i : Efecto del i -ésimo nivel de cocción del frijol de soya. β_j : Efecto de la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar. $(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel cocción del frijol de soya y la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar. ε_{ij} : Error experimental de i -ésimo nivel cocción del frijol de soya, la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar.

e. Manejo de datos.

Todos los valores mostrados en los cuadros representan el promedio acompañados con su desviación estándar.

4. Experiencia 3: Evaluación del efecto de un Alimento elaborado con el FSD obtenido sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización.

Con el objeto de conocer el efecto de la incorporación del FSD sobre el comportamiento productivo en los pollos de engorde. Se llevó a cabo un ensayo en el Galpón Experimental de Aves de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicada en Maracay, Estado Aragua. Se formularon con la ayuda del sistema Allix², dietas isocalóricas e isoprotéicas para pollos de engorde, de acuerdo a los requerimientos nutricionales sugeridos por el Manual Ross 308 (Aviagen, 2014). Utilizando las cuatro condiciones de temperatura y presión en estudio (C₁, C₂, C₃ y C₄), con la inclusión del FSD a 10% y 20%. Se utilizó maíz y soya como ingredientes principales de las dietas, generando finalmente 8 dietas (cuadro 5).

Cuadro 5. Composición nutricional de las dietas experimentales.

Ingredientes	Valor de presión y temperatura del FSD							
	P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
	10%	20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%
Maíz Amarillo USA	53,58	52,95	53,71	52,78	54,05	53,26	53,65	52,65
Harina de soya	23,31	15,6	23,2	15,86	22,9	15,43	23,25	15,97
Frijol de Soya desactivado C1	0	0	0	0	10	20	0	0
Frijol de Soya desactivado C2	10	20	0	0	0	0	0	0
Frijol de Soya desactivado C3	0	0	0	0	0	0	10	20
Frijol de Soya desactivado C4	0	0	10	20	0	0	0	0
Aceite de Soya	5,66	3,98	5,64	3,9	5,57	3,85	5,65	3,92
Harina de Carne 48%	4	4	4	4	4	4	4	4
Fosfato Monodicalcico	1,23	1,18	1,23	1,17	1,24	1,17	1,23	1,17
Carbonato de calcio fino 38%	0,78	0,83	0,78	0,83	0,78	0,83	0,78	0,83
DL-Metionina	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31	0,31	0,31	0,32
L-Lisina	0,18	0,2	0,18	0,19	0,19	0,2	0,18	0,19
L-Treonina	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
Nucleo Pre Inicial 3 ^a	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Sal	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Colina Polvo 60%	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Análisis Calculado								
Proteína Cruda (%)	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3
Grasa (%)	11,79	11,92	10,84	11,09	10,82	11,15	10,8	11
Metionina Total (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Lisina Total (%)	1,22	1,22	1,22	1,23	1,22	1,23	1,22	1,23
Triptófano Total(%)	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24
Treonina Total(%)	0,82	0,83	0,82	0,83	0,82	0,83	0,82	0,83
Calcio (%)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Fosforo Total (%)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,72	0,72
Fósforo disponible (%)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47

^aNucleo Pre Inicial 3: Pre mezcla que proporciona las siguientes Vitaminas (A, D₃, E, K₃, B₁, B₂); Minerales (Manganeso, Zinc, Cobre, Selenio, Hierro, Iodo); Acidificante; Secuestrante de micotoxinas; Inhibidor de hongos y Protector hepático. P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

Se emplearon 320 pollitos sexados (160 ♂ y 160 ♀) de la línea Ross de 21 días de edad, Previo al inicio de la experimentación a los datos de pesos de la población de pollos se les aplicó una campana de Gauss, para descartar los pollos cuyo peso estuviera fuera de los rangos establecidos como medios tolerables. Esto con el fin de garantizar que

la población de pollos experimentales fuera lo más homogénea posible, Los pollos se alojaron en corrales cuya cama estuvo constituida por concha de arroz, dotados de bebederos tipo campana y comedero tipo tolva, Se distribuyeron ocho pollos completamente al azar, los cuales representaron la unidad experimental; cuatro machos (♂) y cuatro hembras (♀), evaluándose ocho tratamientos (cuadro 6) con ocho repeticiones de ocho pollos cada una, en un diseño de experimentos factorial 4x2, El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos de la prueba de un Alimento elaborado con FSD sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de Crecimiento y engorde.

Tratamiento	Descripción
1	P4 con nivel de inclusión 10%
2	P4 con nivel de inclusión 20%
3	P3 con nivel de inclusión 10%
4	P3 con nivel de inclusión 20%
5	P2 con nivel de inclusión 10%
6	P2 con nivel de inclusión 20%
7	P1 con nivel de inclusión 10%
8	P1 con nivel de inclusión 20%

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

a. Parámetros evaluados durante la fase de experimentación

- ✓ **Consumo de alimento:** Fue registrado semanalmente mediante el peso de los comederos, utilizando una balanza electrónica Ohaus®, con rango de 0 a 5.000 gramos con precisión de $\pm 0,1g$.
- ✓ **Ganancia de peso:** Se registró semanalmente el peso vivo de la unidad experimental por sexo en una balanza electrónica OHAUS con precisión de $\pm 0,1g$.
- ✓ **Conversión alimenticia:** Se registró mediante el consumo acumulado de alimento/ganancia de peso.
- ✓ **La mortalidad:** Se registró todos los días que sucedió durante la experimentación.

✓ **Rendimiento en canal, peso de órganos y grasa abdominal:** Al finalizar el experimento, previo al sacrificio; los pollos fueron pesados para determinar su peso vivo (gr). Se realizó el corte de la vena yugular para realizar el desangrado de los mismos, luego fueron sumergidos en un tanque de escaldado durante un minuto a una temperatura de 65°C para facilitar el desplumado. Se determinó el peso de la canal (gr) al pesar el ave sacrificada sin cabeza y patas, luego se calculó el rendimiento de la canal (%) dividiendo el peso de la canal (gr) entre el peso (gr) antes del sacrificio por 100, se le realizó necropsia de un (♂) y una (♀) tomado al azar de cada corral y se registraron los pesos (gr) del páncreas, hígado, baso, molleja y se tomaron las observaciones. Se calculó el porcentaje de grasa abdominal la cual se encontraba acumulada en la pared abdominal adherida internamente a la piel y resultó de dividir el peso de la canal (gr) entre el peso de la grasa abdominal (gr) por 100.

b. Análisis estadístico.

Se contó con el programa estadístico Proc Mixed de SAS (SAS, 2004) para el análisis de los datos, se efectuó un análisis de varianza, para obtener los resultados, con valores de media y desviación estándar, y de existir diferencias estadísticamente significativas (P<0,05), se ejecutó la prueba respectivas de medias utilizando el procedimiento Tukey (Steel et al., 1997),

Se utilizó el siguiente modelo matemático, para las variables consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimentaria:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

$i=1, \dots, a \quad i=1,2,3,4$
 $j=1, \dots, b \quad j=1,2$

Dónde:

y_{ij} : Observación perteneciente al i -ésimo nivel de cocción y a la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar, μ : Media general, α_i : Efecto del i -ésimo nivel de cocción del frijol de soya, β_j : Efecto de la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar, $(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel cocción del frijol de soya y la j -ésima

cantidad de frijol de soya a suministrar, ε_{ij} : Error experimental de i -ésimo nivel cocción del frijol de soya, la j -ésima cantidad de frijol de soya a suministrar.

c. Manejo de datos.

Todos los valores mostrados en los cuadros representan el promedio acompañados con su desviación estándar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Experimento1: Determinación de la composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura.

Las características químicas del FSD obtenido al variar las condiciones de temperatura y presión se muestran en el cuadro 7. Donde se puede observar que la P_1 que corresponde al grano de FSD que presentó mayor presión 2,45 bar y temperatura 102,5 °C para el momento de su cocción resultó el valor más bajo en PC y FC y el más alto para GC, ASH y PT. Según Kakade et al. (1974) los resultados encontrados cuando se aplicaron tratamientos a granos de soya a más de 100 °C donde probablemente se destruyeron sus factores anti nutricionales, se vio afectado el valor biológico de la proteína resultando menor, mientras que los tratamientos que aplicaron menos temperatura (inferior a 100 °C), no alcanzaron a destruir dichos factores, por tal motivo sugiere someter los granos de soya a temperaturas entre 80 °C y 100 °C. Sin embargo, si se sobrecalienta una fuente proteica, la disponibilidad de sus aminoácidos, especialmente de la lisina, disminuye. Además, un tratamiento de este tipo reduce la estabilidad oxidativa de la grasa contenida en el frijol (Kouzeh-Kanani et al., 1981). En general si se comparan los datos obtenidos a las diferentes condiciones de cocción (cuadro 7) con los encontrados en la literatura (FEDNA, 2010), se puede visualizar que son similares, esto pudiese estar atribuidos a errores analíticos o al origen del FS.

Recientes estudios han demostrado que el FS proveniente de Estados Unidos que fue el utilizado en esta investigación, tiene mejor perfil de aminoácidos por unidad de proteína que los de Argentina y Brasil (FEDNA, 2010). El tratamiento P_1 que corresponde

al grano de FSD que presento mayor presión de 2,45 bar y temperatura de 102,5 °C, arrojo un valor analítico de 4% más de GC, lo cual pudiese ser favorable para el momento de su utilización, ya que constituye una excelente fuente de grasa (18%) y posee una alta proporción de ácidos grasos polinsaturados, entre ellos el linoleico (54-56%) y linolénico (7-8%) (Rojas et al., 1998; Klasing 1998). Grasas saturadas y de cadena larga son más difíciles de digerir, mientras que la digestión de grasas polinsaturadas como las del aceite presente en el FSD es mucho mayor y no cambia significativamente con la edad del animal (Oyarzábal, 1999). Como lo mencionaron en su investigación Dibner et al. (1996), el pollo recién nacido no utiliza eficientemente la grasa, debido posiblemente a una deficiencia de sales biliares y además suelen ser más sensible a los efectos tóxicos de grasas deterioradas, es por ello que aconsejaron la inclusión de pequeñas cantidades de grasas insaturadas en los programas de alimentación de pollo a edades tempranas, las cuales resultan ser mejor aprovechadas. El 2% más de FDN del tratamiento P₃ que corresponde al grano FSD que presento una presión de 2,38 bar y temperatura de 102,2 °C, pudiera ser considerado también como una mejora en la fibra dietética, según el ASA (2009), el FSD es una excelente fuente de fibra dietética, ya que la mitad de sus carbohidratos totales (15% es fibra) y el resto son carbohidratos solubles; alrededor de 12% de su pared celular está poco lignificada (FDN), lo que la hace rica en pectinas, facilitando el tránsito intestinal.

Los valores de AU e IT visualizados en el cuadro 7, dan una tendencia que el FSD con un mejor tratamiento térmico fue P₁ (2,45 bar y 102,5 °C). Y P₂ (2,40 bar y 102,1 °C) se encontró en un rango óptimo de cocción del FSD pero arrojó valores de IT fuera de los permitidos, lo cual pudiese estar atribuido a un tiempo de cocción muy corto que no permitió una inactivación de estos factores anti nutricionales.

Es importante acotar que el tiempo está estandarizado para todos los batches que son sometidos a cocción en la planta desactivadora donde se realizó esta investigación, pero en algunos casos los mismos no se logran, debido a la activación de válvulas de control que se disparan e interrumpen dicho proceso, lo que conlleva a tiempos de cocción fuera del requerido para inactivar los factores anti nutricionales antes mencionados. De acuerdo con estudios realizados por Penz (comunicación personal, 2013), tanto la enzima ureasa como la mayoría de los IT son sensibles al calor, no obstante, con niveles de AU de 0,2 unidades

de Δph , el remanente de IT supera los 10 UTI/mg. Ahora según Azcona et al. 2009 el nivel aceptable de IT debería situarse por debajo de 4 – 5 UTI/mg de soya, para soyas tratadas térmicamente. Si se comparan los valores obtenidos de KOH del FS (cuadro 7) con los encontrados en la literatura (FEDNA, 2010), se puede visualizar que son superiores; esto posiblemente se debe a su contenido nutricional y químico el cual varía de acuerdo al origen ó zona donde ha sido cultivado.

Cuadro 7. Composición química del FSD obtenido al variar las condiciones de presión y temperatura.

Variables	Frijol de Soya Desactivado				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	Tabla
	2,45 bar 102,50 °C	2,40 bar 102,10 °C	2,38 bar 102,20 °C	2,20 bar 100,30 °C	Española Fedna, 2011
Humedad (H %)	11,15	11,91	10,76	11,61	10,10
Proteína cruda (PC %)	33,52	33,95	34,43	33,75	36,80
Grasa cruda (GC %)	24,32	21,12	22,15	20,58	19,20
Ceniza (ASH %)	5,65	4,87	4,99	4,74	4,80
Calcio (Ca %)	0,32	0,34	0,30	0,28	0,30
Fosforo total (PT %)	0,54	0,48	0,53	0,53	0,56
Fibra cruda (FC %)	5,11	5,56	5,74	5,26	6,10
Fibra detergente neutro (FDN %)	14,00	7,08	16,07	12,10	11,30
Fibra detergente ácido (FDA %)	10,86	3,87	4,43	9,38	6,80
Actividad ureásica (AU ud Δph)	0,08	0,06	0,09	0,09	0,05 - 0,20
Inhibidores de tripsina (IT mg/g de muestra)	1,53	9,42	1,72	2,02	3,50 - 4,50
Solubilidad de la proteína por KOH (%)	95,24	95,69	96,61	95,11	75,00 - 85,00

2. Experimento2: Determinación de la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la dieta en gallos adultos (EMV_{nd}) del FSD.

a. Digestibilidad de la materia seca (DMS).

Al evaluar la DMS del FSD (cuadro 8) se observa que a pesar de las diferencias numéricas de hasta casi 9%, la variabilidad entre repeticiones permitió que no existieran diferencias significativas entre el grado de cocción (P₁,P₂,P₃,P₄) pero si hubo únicamente efecto estadísticamente significativo (P=0,03) para el nivel de inclusión del FSD (10 y 20%). Resultando la DMS más elevada (80,47 ± 7,27 %) en la dieta contentiva de 10% de

FSD a un nivel de cocción P₁ 2,45 bar y 102,50 °C y la DMS más baja resultó (71,26 ± 6,59) a un nivel de cocción P₃ 2,38 bar y 102,20 °C en la dieta que contenía 20% de FSD. Además no hay efectos de la interacción nivel con tratamiento de cocción. Delgado et al. (2000), estudiaron dos variantes de cocción del FS; cocción convencional (100 °C durante 15 min, con o sin remojo previo) y tratamiento en un reactor a 115 °C y 0,70 Bar con 0, 10, 20 o 30 min de retención, obteniendo los mayores valores de DMS 81,70 % para el frijol de soya cocido a 115°C durante 30 minutos.

Cuadro 8. Digestibilidad de la materia seca (DMS).

Dieta Experimental	DMS (%)
P1 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	80,47 ± 7,27 ^a
P1 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	75,17 ± 3,81 ^a
P2 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	79,20 ± 7,79 ^a
P2 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	74,15 ± 7,63 ^a
P3 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	74,44 ± 6,37 ^a
P3 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	71,26 ± 6,59 ^a
P4 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	77,17 ± 5,62 ^a
P4 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	74,61 ± 5,92 ^a
Factor	Probabilidad
Nivel de cocción del FSD	ns
% de inclusión del FSD	0,03
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

b. Digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN).

En cuanto a la DVN, se puede observar (cuadro 9), que no existió diferencia significativa entre el grado de cocción (P₁,P₂,P₃,P₄) ni para el nivel de inclusión del FSD (10 y 20%). El valor más alto que resultó de DVN (78,83%) fue P₄ 2,20 Bar y 100,70 °C a un nivel de inclusión del 20% y más bajo (29,76%) representado por P₃ 2,38 Bar y 102,20 °C con nivel de inclusión 20%. La variabilidad existente entre tratamiento de hasta un 49%, da un indicio de la ocurrencia de errores al momento de la toma y/o manejo de la muestra sometida a experimentación o por la gran variabilidad individual de cada gallo para digerir las diferentes muestras de frijol tratados con los diferentes tratamientos.

Delgado et al. (2000), al estudiar dos variantes de cocción del FS; cocción convencional (100 °C durante 15 min, con o sin remojo previo) y tratamiento en un reactor a 115 °C y 0,70 Bar con 0, 10, 20 o 30 min de retención, obtuvieron valores elevados para la digestibilidad in vitro de los nutrientes, especialmente para la DVN, superior al 90% en todos los tratamientos, lo que podría dificultar el establecimiento de comparaciones consistentes entre los mismos. Sin embargo, como se conoce, la digestibilidad de los nutrientes determinada in vitro siempre es superior que cuando se cuantifica por métodos in vivo (Domínguez et al 1996). Además, los valores obtenidos no están muy alejados de los encontrados en experimentos in vivo con cerdos alimentados con FS y/o harina de soya por Rudolph et al., en 1983, cuando encontraron valores entre 89,7 y 90,4% de DVN.

Cuadro 9. Digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN).

Dieta Experimental	DVN (%)
P1 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	58,82 ± 28,10
P1 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	31,18 ± 30,62
P2 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	47,89 ± 67,11
P2 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	61,16 ± 37,07
P3 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	50,07 ± 33,56
P3 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	29,76 ± 33,41
P4 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	68,54 ± 37,14
P4 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	78,83 ± 24,47
Factor	Probabilidad
Nivel de cocción del FSD	ns
% de inclusión del FSD	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

c. Energía metabolizable aparente de la dieta corregida por nitrógeno (EMA_{nd}).

Respecto a la determinación de la EMA_{nd} (cuadro 10) no se evidenció diferencias significativas entre el nivel de cocción (P₁,P₂,P₃,P₄) y cantidad de inclusión de FSD (10 y 20%). La dieta de 10% de FSD a un nivel de cocción P₁ 2,45 Bar y 102,5 °C obtuvo el

mayor valor 3783,69 Kcal/kg de EMA_{nd} y la más baja resultó la dieta con nivel de inclusión de 20% y cocción P_3 2,38 Bar y 102,2 °C, arrojando un valor de 3417,94 Kcal/kg.

Vergara et al. (2005), realizaron una investigación donde determinaron la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno de FS procesados bajo tres diferentes métodos de cocción en pollo de engorde de 21 días, obteniendo valores EMA_n de la dieta de harina integral de soya sometida al proceso de tostado 3132 Kcal/kg, extrusión 3281 Kcal/kg e hidrotérmico 3170 Kcal/kg determinados por el método de colección total. Los valores de EMA_{nd} reportados por Vergara et al. (2005), no coinciden con los reportados en esta investigación, posiblemente debido al tipo de método utilizado con gallos adultos metodología de Sibbald et al. (1976a) con las modificaciones realizadas por Almeida y Baptista (1984) y a la variabilidad existente entre tratamiento de hasta 365 Kcal/kg de EMA_{nd} , manifestado posiblemente al momento de la toma, manejo y/o análisis de la muestra experimental que pudo haber tenido algún problema no determinado en esta investigación o por la gran variabilidad individual de cada gallo para digerir las diferentes muestras de frijol tratados con los diferentes tratamientos. Probablemente la variedades de soya utilizadas en 2005 por Vergara et al., no fueron las mismas utilizadas en esta investigación en el 2013.

Los estudios realizados en harina integral de soya (HIS), mencionan diferentes valores de EMAN en base seca. La NRC (1994) 3667 kcal/kg para una soya con 20% de grasa y 41% de proteína; y FeedStuffs (1997) 3722 Kcal/kg para una soya con 42% de proteína y 20% de grasa. El valor de 3689 Kcal/kg de EMAN determinado para la HIS tostada del estudio de Vergara et al. (2005), resultó similar al reportado por el NRC (1994) y FeedStuffs (1997). Por otro lado, Wiseman (1994) obtuvo valores superiores de 4144 kcal/kg de EMAN para una soya integral tostada con 43% de proteína y 22% de grasa en base seca. La EMAN obtenida para HIS extruída evaluada por Vergara et al. (2005), 4183 kcal/kg, no coincide con los reportados por Wiseman (1994) de 4756 kcal/kg en base seca, bajo el método de extrusión húmeda y 4622 kcal/kg de EMAN por extrusión seca y son ligeramente menores a la EMAN del INRA (1989). El valor de EMAN determinado para HIS hidrotérmica, 3814 kcal/kg en base seca, resultó superior al obtenido por Luna (2000)

de 3757 kcal/kg de EMAn en base seca, evaluando el mismo ingrediente, con el aporte de 39% de proteína y 21% de grasa.

Cuadro 10. Energía metabolizable aparente de la dieta corregida por nitrógeno (EMA_{nd}).

Dieta Experimental	EMA_{nd} (Kcal/kg)
P1 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	3783,69 ± 362,45
P1 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3669,12 ± 259,96
P2 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	3770,86 ± 293,56
P2 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3445,09 ± 470,59
P3 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	3498,95 ± 330,51
P3 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3417,94 ± 410,88
P4 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	3763,34 ± 210,10
P4 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3598,66 ± 425,19
Factor	Probabilidad
Nivel de cocción del FSD	ns
% de inclusión del FSD	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

d. Energía metabolizable verdadera de la dieta corregida por nitrógeno (EMV_{nd}).

Respecto a la determinación de la EMV_{nd} (cuadro 11) no se evidenció diferencias significativas entre el nivel de cocción (P₁,P₂,P₃,P₄) y cantidad de inclusión de FSD (10 y 20%). La dieta de 10% de FSD a un nivel de cocción P₁ 2,45 Bar y 102,5 °C obtuvo el mayor valor 4332,88 Kcal/kg de EMV_{nd} y la más baja resultó la dieta con nivel de inclusión de 20% y cocción P₃ 2,38 Bar y 102,2 °C, arrojando un valor de 3965,29 Kcal/kg. Mateos et al. (1999) realizaron una investigación evaluando dos tratamientos del frijol de soya: extruido y tostado y encontraron diferencias en los productos resultantes, los cuales atribuyeron al efecto físico de extruido, un procesamiento que involucra la presión y fricción mecánica sobre los granos de soya provocando la ruptura de las estructuras celulares que almacenan el aceite, haciéndolo más disponible y elevando los valores energéticos. Asimismo, los granos se hinchan y revientan al ser expuestos a condiciones de alta y baja presión y el calor generado inactiva los factores anti nutricionales, entre ellos, la

lipoxigenasa, enzima responsable del enranciamiento oxidativo de las grasas; logrando un material más uniforme y mejorando la calidad del producto. De igual manera, Café et al. (2000a) evaluaron el frijol de soya sometido a dos tratamientos térmicos y encontraron valores de EM para pollos de 3732 Kcal/kg para frijol extrusado y 3244 Kcal/Kg para frijol tostado, lo cual indica que el frijol tratado por extrusión aporta un mejor valor energético. Una de las posibles razones de por qué no se lograron diferencias algunas entre los tratamientos pudiera ser por la poca diferencia en la variación de la intensidad de las condiciones de cocción (C₁,C₂,C₃,C₄) del FS y por la gran variabilidad individual de cada gallo para digerir las diferentes muestras de frijol tratados con los diferentes tratamientos, lo que impide ver resultados estadísticamente representativos. Ahora bien visualizando los encontrados en el cuadro 11, no se evidencia una tendencia lógica de los valores de EMV_{nd} obtenidos, aunado a la variabilidad existente entre tratamiento de hasta 367 Kcal/kg de EMV_{nd}, lo que da un indicio de que posiblemente la toma, manejo y/o análisis de la muestra experimental pudo haber tenido algún problema no determinado en esta investigación.

Cuadro 11. Energía metabolizable verdadera de la dieta corregida por nitrógeno (EMV_{nd}).

Dieta Experimental	EMV_{nd} (Kcal/kg)
P1 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	4332,88 ± 362,45
P1 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	4216,97 ± 259,96
P2 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	4320,53 ± 293,56
P2 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3993,90 ± 470,59
P3 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	4047,89 ± 330,51
P3 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	3965,29 ± 410,88
P4 con nivel de inclusión 10% de frijol soya y 90% de maíz molido	4312,82 ± 210,10
P4 con nivel de inclusión 20% de frijol soya y 80% de maíz molido	4147,09 ± 425,19
Factor	Probabilidad
Nivel de cocción del FSD	ns
% de inclusión del FSD	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

3. Experimento3: Evaluación del efecto de un Alimento elaborado con el FSD obtenido sobre los parámetros productivos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización.

Con la finalidad de evaluar el efecto de la incorporación del FSD sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización, se llevó a cabo una experimentación donde únicamente se variaron las cantidades de inclusión del FSD a 10 y 20% respectivamente a cada nivel de cocción. Al evaluar los parámetros productivos cuadro 12, las variables consumo de alimento (g/ave) y ganancia de peso (g/ave) entre el día 21-28 presentaron una diferencia estadísticamente significativa entre la interacción de los factores nivel de cocción de FSD y cantidad de inclusión de la misma ($P=0,024$) y ($P=0,006$). Los pollos alimentados con la dieta 20 % de FSD a un nivel de cocción P_1 2,45 Bar y 102,5 °C obtuvieron el menor CA (474,38 g/ave) y GP (314,25 g/ave) y la mayor conversión alimentaria (1,54) a pesar de no ser estadísticamente significativo este último valor. Esto posiblemente se atribuye al hecho de que en aves jóvenes, la digestibilidad de los nutrientes es menor y un punto importante a considerar es el mantenimiento de la integridad del tracto gastrointestinal (TGI), por sus funciones de digestión, absorción y protección; en la edad temprana del ave, las funciones del TGI no están plenamente desarrolladas y la ingestión de dietas lo expone continuamente a la acción física y química del propio alimento (factores anti nutricionales) y a toxinas y microorganismos que pueden dañar su estructura y tener efectos negativos sobre su desempeño. Los pollos alimentados con la dieta 10 % de FSD a un nivel de cocción P_3 2,38 Bar y 102,2 °C arrojaron numéricamente el mayor CA (615,50 g/ave) y GP (460,50 g/ave) y la menor conversión alimentaria (1,36) pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Si se comparan los datos obtenidos con los señalados en el manual Ross 308, objetivos de rendimiento Broiler (2014), para los 28 días el ave debe consumir diariamente 151 g de alimento, tener una ganancia diaria de peso de 81,72 g y una conversión alimenticia de 1,409; se evidencia que para ese periodo en esta experimentación las aves presentaron un menor CA, GP y mayor conversión de alimento, valores que pueden ser visualizados en el cuadro 12.

Cuadro 12. Parámetros productivos al incorporar el FSD en pollos de engorde según la semana del ave.

Tratamiento	21 a 28 días			28 a 35 días			35 a 42 días		
	Consumo de alimento (CA) g/ave	Ganancia de peso (GP) g/ave	Conversión alimentaria (CA/GP)	Consumo de alimento (CA) g/ave	Ganancia de peso (GP) g/ave	Conversión alimentaria (CA/GP)	Consumo de alimento (CA) g/ave	Ganancia de peso (GP) g/ave	Conversión alimentaria (CA/GP)
P4 con nivel de inclusión 10% FSD	501,5 ± 96,4 ^a	376,0 ± 75,8 ^b	1,30 ± 0,1	959,0 ± 31,6	544,8 ± 55,2	1,8 ± 0,3	1093,9 ± 107,7	434,4 ± 117,9	2,6 ± 0,6
P4 con nivel de inclusión 20% FSD	599,7 ± 72,8 ^a	453,8 ± 61,3 ^{ab}	1,3 ± 0,1	969,1 ± 61,5	546,3 ± 45,3	1,8 ± 0,1	1160,5 ± 48,6	506,0 ± 16,1	2,3 ± 0,1
P3 con nivel de inclusión 10% FSD	615,5 ± 62,6 ^a	460,5 ± 81,6 ^b	1,4 ± 0,2	912,0 ± 113,4	510,1 ± 17,6	1,8 ± 0,2	1182,0 ± 30,5	509,6 ± 23,1	2,3 ± 0,1
P3 con nivel de inclusión 20% FSD	525,1 ± 73,7 ^a	391,0 ± 54,9 ^{ab}	1,4 ± 0,2	970,1 ± 29,7	530,5 ± 32,9	1,8 ± 0,1	1161,6 ± 51,4	520,9 ± 59,4	2,2 ± 0,2
P2 con nivel de inclusión 10% FSD	517,1 ± 61,0 ^a	400,3 ± 36,6 ^a	1,3 ± 0,1	932,0 ± 61,8	508,9 ± 57,3	1,8 ± 0,1	1186,3 ± 40,7	559,1 ± 52,9	2,1 ± 0,1
P2 con nivel de inclusión 20% FSD	527,1 ± 99,6 ^a	407,9 ± 82,8 ^{ab}	1,3 ± 0,2	957,8 ± 69,0	549,6 ± 54,4	1,8 ± 0,1	1127,8 ± 78,7	444,6 ± 157,1	3,0 ± 1,6
P1 con nivel de inclusión 10% FSD	572,5 ± 68,4 ^a	449,8 ± 69,2 ^{ab}	1,3 ± 0,1	932,0 ± 61,8	527,5 ± 61,0	1,9 ± 0,3	1171,0 ± 46,1	488,4 ± 36,8	2,4 ± 0,7
P1 con nivel de inclusión 20% FSD	474,3 ± 45,3 ^a	314,3 ± 49,8 ^b	1,5 ± 0,3	961,5 ± 63,0	525,5 ± 47,3	1,8 ± 0,2	1130,6 ± 69,4	521,4 ± 65,6	2,2 ± 0,3
Factor	Probabilidad								
Nivel de cocción del FSD (NC FSD)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% de inclusión del FSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NC FSD x % de inclusión del FSD	0,024	0,006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3.

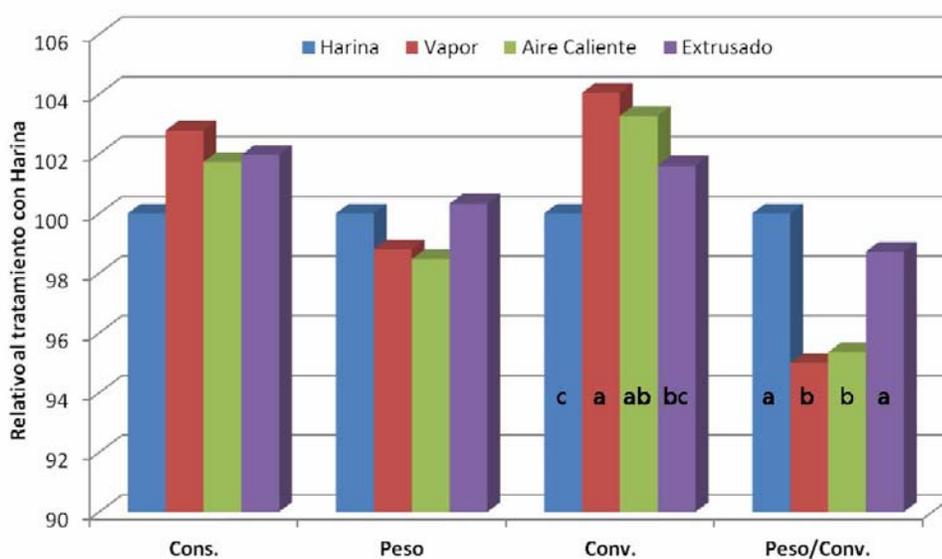
En el cuadro 13, se muestran el CA, la GP y la CA/GP, para todo el periodo de experimentación de 21 a 42 días y se observa que no existen efectos significativos de las dietas ni de la interacción entre el nivel de cocción y cantidad de inclusión del FSD. Los pollos alimentados con la dieta 20 % de FSD a un nivel de cocción P₄ 2,20 Bar y 100,7 °C arrojaron el mayor valor numérico CA diario (129,97 g/ave) y GP diaria (71,72 g/ave) y una conversión alimentaria (1,81). Si se comparan los datos obtenidos con los señalados en el manual Ross 308, objetivos de rendimiento Broiler (2014), para el período en estudio (21-42 días) el ave debe consumir diariamente 214 g de alimento, tener una ganancia diaria de peso de 94,97 g y una conversión alimenticia de 1,687; en esta experimentación las aves presentaron un menor CA, GP y conversión de alimento, lo cual pudiese atribuirse a condiciones de manejo, alimentación y sanidad de la aves en estudio. Leeson et al., en 1996 realizaron un estudio y encontraron que el frijol de soya extruido a 140 °C mejoró el consumo de alimento en comparación con la extrusión a temperaturas más bajas. Sin embargo, no hubo efectos significativos (P > 0,05) de la temperatura de extrusión sobre la ganancia de peso.

Zhaleh et al. (2012), evaluaron el efecto de alimentar a pollos de engorde con distintos niveles de FS extruido a alta temperatura (170 °C durante 15 s) sobre el

rendimiento, componentes del suero y la morfología intestinal de dichos animales y encontraron que su uso no tiene ningún efecto sobre el rendimiento de pollos de engorde a la edad de mercado. El consumo de alimento y la ganancia de peso de los pollos alimentados con la dieta que contenía 15% del FS extrusado fueron significativamente estadísticos ($P < 0,05$) en comparación con los alimentados con la dieta control los primeros 10 días de edad, pero no fueron influenciados durante las etapas de crecimiento y engorde ($P > 0,05$). La longitud y el área de absorción de las vellosidades en la sección duodenal se disminuyó linealmente ($P < 0.05$) con un aumento de nivel en la dieta de FS extruido ($P < 0,05$).

Azcona et al. (2009), realizaron un estudio para medir el efecto de diferentes procesos de desactivado aplicados al grano de soya sobre el desempeño de pollos de engorde y no observaron diferencia entre esos procesos para consumo y peso vivo del animal, en la conversión alimentaria no observaron diferencias entre harina de soya y soya extrusada pero para los procesos de vapor y aire caliente si se evidencio que fue mayor que la obtenida con harina de soya. Estos resultados podrían atribuirse probablemente a que es necesario mejorar la digestibilidad (energía, proteína y aminoácidos) aplicando calor (vapor o aire caliente) durante un tiempo más prolongado al requerido para desactivar el FS.

Grafico 1. Resumen de parámetros productivos a los 49 días de vida (relativo al tratamiento con harina de soya 100%) Azcona et al., 2009.



En un trabajo realizado por Neoh et al. (2004), evaluaron la inclusión de 10% de FS tratado térmicamente, en reemplazo isocalórico e isoproteico de harina de soya y aceite vegetal, y obtuvieron una mejora en la ganancia de peso y la conversión alimenticia de pollos de engorde criados hasta los 40 días.

Cuadro 13. Parámetros productivos al incorporar el FSD en pollos de engorde en etapa de crecimiento y engorde.

Tratamiento	PV (días) (gr/ave)			
	21	28	35	42
P4 con nivel de inclusión 10% FSD	728,88 ± 15,46	1178,63 ± 71,75 ^{ab}	1706,13 ± 113,69 ^{ab}	2194,50 ± 136,58
P4 con nivel de inclusión 20% FSD	730,75 ± 14,59	1131,00 ± 45,76 ^{ab}	1639,88 ± 52,48 ^{ab}	2199,00 ± 64,08
P3 con nivel de inclusión 10% FSD	736,63 ± 6,15	1197,13 ± 82,67 ^b	1707,25 ± 77,63 ^{ab}	2216,88 ± 66,42
P3 con nivel de inclusión 20% FSD	719,75 ± 8,44	1095,75 ± 79,55 ^{ab}	1640,50 ± 51,86 ^{ab}	2074,88 ± 118,30
P2 con nivel de inclusión 10% FSD	728,25 ± 11,34	1042,50 ± 51,50 ^a	1568,00 ± 64,20 ^a	2089,38 ± 63,91
P2 con nivel de inclusión 20% FSD	726,50 ± 11,03	1134,38 ± 83,25 ^{ab}	1684,00 ± 93,82 ^{ab}	2128,63 ± 188,58
P1 con nivel de inclusión 10% FSD	723,63 ± 9,85	1114,63 ± 62,60 ^{ab}	1645,13 ± 35,05 ^{ab}	2166,00 ± 86,99
P1 con nivel de inclusión 20% FSD	722,75 ± 14,50	1176,63 ± 57,96 ^{ab}	1722,88 ± 80,92 ^b	2228,88 ± 88,125
Factor	Probabilidad			
Nivel de cocción del FSD	ns	ns	ns	ns
% de inclusión del FSD	ns	ns	ns	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns	0,0102	0,015	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

Al evaluar el Peso vivo cuadro 14, se observó en el día 28, una diferencia estadísticamente significativa entre la interacción de los factores nivel de cocción de FSD y cantidad de inclusión de la misma (P=0,01) resultando un mayor PV (1197,13 g/ave) para los pollos alimentados con la dieta 10 % de FSD a un nivel de cocción P₃ 2,38 Bar y 102,2 °C y un menor PV (1042,50 g/ave) para los alimentados con la dieta P₂ 2,40 Bar y 102,1 °C a un nivel de inclusión de 10%. Para el día 35 también se evidencio diferencia estadísticamente significativa entre la interacción de los factores nivel de cocción de FSD y cantidad de inclusión de la misma (P=0,02) resultando un mayor PV (1722,88 g/ave) para los pollos alimentados con la dieta 20 % de FSD a un nivel de cocción P₁ 2,45 Bar y 102,5 °C y un menor PV (1568,00 g/ave) para los alimentados con la dieta P₂ 2,40 Bar y 102,1 °C a un nivel de inclusión de 10%.

En un estudio de la Universidad de Arkansas (Subuh et al., 2002) reemplazaron crecientemente los niveles de (0, 25, 50, 75 y 100 %) de harina de soya y grasa de pollo por SI tratada térmicamente, tanto para la dieta de iniciación, como de crecimiento de pollos de engorde; y no hallaron diferencias significativas para la ganancia de peso en la fase de iniciación, pero sí en la fase de crecimiento, encontraron una respuesta lineal en la ganancia de peso de las aves con el incremento de la SI tratada térmicamente en las dietas. La relación Alimento/peso vivo estuvo inversamente correlacionada con el nivel de inclusión en ambas fases. Los autores explicaron que la razón de la respuesta pudo ser un valor energético de la SI mayor que él normalmente le es atribuido. Es de relevancia mencionar que los pollos utilizados en esta investigación se adaptaron a las diferentes condiciones y niveles del FSD, que dieron lugar a que las diferencias observadas anteriormente desaparecieran y al final los pesos vivos de todos los tratamientos resultaron equivalentes.

Cuadro 14. Peso Vivo de los pollos a diferentes edades según tratamientos

Tratamiento	PV (días) (gr/ave)			
	21	28	35	42
P4 con nivel de inclusión 10% FSD	728,88 ± 15,46	1178,63 ± 71,75 ^{ab}	1706,13 ± 113,69 ^{ab}	2194,50 ± 136,58
P4 con nivel de inclusión 20% FSD	730,75 ± 14,59	1131,00 ± 45,76 ^{ab}	1639,88 ± 52,48 ^{ab}	2199,00 ± 64,08
P3 con nivel de inclusión 10% FSD	736,63 ± 6,15	1197,13 ± 82,67 ^b	1707,25 ± 77,63 ^{ab}	2216,88 ± 66,42
P3 con nivel de inclusión 20% FSD	719,75 ± 8,44	1095,75 ± 79,55 ^{ab}	1640,50 ± 51,86 ^{ab}	2074,88 ± 118,30
P2 con nivel de inclusión 10% FSD	728,25 ± 11,34	1042,50 ± 51,50 ^a	1568,00 ± 64,20 ^a	2089,38 ± 63,91
P2 con nivel de inclusión 20% FSD	726,50 ± 11,03	1134,38 ± 83,25 ^{ab}	1684,00 ± 93,82 ^{ab}	2128,63 ± 188,58
P1 con nivel de inclusión 10% FSD	723,63 ± 9,85	1114,63 ± 62,60 ^{ab}	1645,13 ± 35,05 ^{ab}	2166,00 ± 86,99
P1 con nivel de inclusión 20% FSD	722,75 ± 14,50	1176,63 ± 57,96 ^{ab}	1722,88 ± 80,92 ^b	2228,88 ± 88,125
Factor	Probabilidad			
Nivel de cocción del FSD	ns	ns	ns	ns
% de inclusión del FSD	ns	ns	ns	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns	0,0102	0,015	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

a. Evaluación del efecto de un Alimento elaborado con el FSD obtenido sobre rendimiento en canal, grasa abdominal y peso de órganos de pollos de engorde en etapa de crecimiento y finalización.

En cuanto a la composición corporal de las aves en estudio (cuadro 15), se evidenciaron para el rendimiento en canal diferencias estadísticamente significativas ($P=0,003$) para el nivel de cocción, arrojando un mayor PV (76,70%) para los pollos alimentados con la dieta 20 % de FSD a un nivel de cocción P_4 2,20 Bar y 100,7 °C y un menor PV (74,51%) para los alimentados con la dieta 20% de FSD a un nivel de cocción P_1 2,45 Bar y 102,5 °C. En una investigación realizada por Azcona et al. 2009, donde evaluaron diferentes procesos de desactivado aplicados al FS sobre el desempeño de las aves (1-49 días); para la composición corporal no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para rendimiento de canal y pechuga mostrando el mayor PV (75,10%) correspondiente a la dieta que contenía FSD tratado térmicamente aplicando vapor en combinación con harina de soya, los valores de PV reportados por Azcona et al., en el 2009, son similares a los reportados en esta investigación en el 2013.

El contenido de grasa abdominal presentó diferencias estadísticamente significativas ($P=0,012$) para el nivel de cocción arrojando un mayor valor (3,80%) para los pollos alimentados con la dieta 20 % de FSD a un nivel de cocción P_1 2,45 Bar y 102,50 °C y un menor (2,41%) para los alimentados con la dieta 10% de FSD a un nivel de cocción P_4 2,20 Bar y 100,70 °C. En la investigación realizada por Azcona et al. 2009; los pollos alimentados con dietas a base FSD tratados con vapor + harina de soya mostraron una diferencia significativa, superando a la dieta 100% harina de soya, el valor de grasa abdominal que obtuvieron en esta investigación fue de (2,72%).

Cuadro 15. Peso de canal, rendimiento en canal y grasa abdominal de pollos al final de la experiencia 42 días.

Tratamiento	Peso Canal	Rendimiento	Grasa Abdominal
	(g/ave)	% PV	%
P4 con nivel de inclusión 10% FSD	1493,00 ± 186,55	75,60 ± 1,22 ^{ab}	2,41 ± 0,91 ^a
P4 con nivel de inclusión 20% FSD	1675,50 ± 177,11	76,70 ± 1,20 ^b	2,58 ± 0,90 ^{ab}
P3 con nivel de inclusión 10% FSD	1610,00 ± 183,09	75,28 ± 1,67 ^{ab}	2,74 ± 0,75 ^{ab}
P3 con nivel de inclusión 20% FSD	1581,00 ± 176,57	74,93 ± 1,69 ^{ab}	3,31 ± 1,03 ^{ab}
P2 con nivel de inclusión 10% FSD	1550,50 ± 196,80	76,18 ± 0,98 ^{ab}	3,00 ± 0,71 ^{ab}
P2 con nivel de inclusión 20% FSD	1603,50 ± 174,95	76,04 ± 1,45 ^{ab}	3,00 ± 1,24 ^{ab}
P1 con nivel de inclusión 10% FSD	1586,00 ± 194,86	75,20 ± 0,64 ^{ab}	3,16 ± 0,70 ^{ab}
P1 con nivel de inclusión 20% FSD	1458,50 ± 227,04	74,51 ± 1,44 ^a	3,80 ± 0,93 ^b
Factor	Probabilidad		
Nivel de cocción del FSD	ns	0,0028	0,012
% de inclusión del FSD	ns	ns	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns	ns	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

En la evaluación de peso de órganos (cuadro 16), no se evidenciaron diferencias entre las dietas a los distintos niveles de cocción y cantidades de inclusión. Clarke et al., en el año 2007, evaluaron el efecto de diferentes condiciones de extrusión del FS (90, 110, 130 y 160 °C) sobre la inactivación de los inhibidores de tripsina (IT) (14,80; 9,60; 4,50 y 1,90 mg/g de muestra) respectivamente y los rendimientos productivos en pollos de engorde en etapa de crecimiento. Ellos observaron que el tamaño del páncreas aumentaba después de 6 días de alimentación con FS procesado a temperaturas más bajas, incluso cuando el nivel de IT estaba en el umbral recomendada de 4 mg/g de muestra. Los resultados por ellos encontrados sugieren la importancia de controlar las condiciones de temperatura durante la extrusión del FS, ya que estos se traducen en beneficios productivos en los pollos de engorde. Muchos estudios (Leeson et al, 1996; Perilla et al, 1997; Clarke et al, 2007) se orientan hacia la teoría de controlar durante el proceso de extrusión la temperatura y la presión a la cual se somete el frijol de soya, debido a que los mismos tienen un efecto

positivo sobre la destrucción de los IT y, posteriormente se traducen en un mejor crecimiento y la digestibilidad de los nutrientes del animal que lo consume. La exposición a largo plazo de una dieta de soya tratada térmicamente ha dado lugar a un aumento en los pesos relativos y absolutos de páncreas y ha causado un incremento en la incidencia de nódulos pancreáticas macroscópicas y, posiblemente, la neoplasia de páncreas (Grant et al., 1995).

Leeson y et al, en 1996 realizaron un estudio y encontraron que el FS extruido a 140 °C mejoró el consumo de alimento en comparación con la extrusión a temperaturas más bajas. Sin embargo, no hubo efectos significativos ($P > 0,05$) de la temperatura de extrusión sobre la ganancia de peso.

Perilla et al., en el año 1997; observaron páncreas con pesos inferiores cuando alimentaron pollos con FS extruido a 140 °C. En este estudio, el peso del páncreas y su participación en el peso corporal del animal resultó significativamente ($P < 0,05$) cuando se incrementaba la participación del FS extruido en la dieta suministrada a 120 y 160 g/kg y la actividad de la tripsina fue por consiguiente significativa ($P < 0,05$) mayor en el grupo 160 g/kg en comparación con el grupo 0 g/ kg .

En el año 2003, Qiao et al.; realizaron una investigación en cerdos utilizando FS extruido por método húmedo encontrando una disminución en la profundidad de las criptas en duodeno y ciego ($P < 0,01$) en comparación con los cerdos alimentados con harina de soya.

Las investigaciones que se realizan actualmente buscan alcanzar la comprensión de los costos energéticos de la absorción óptima de nutrientes, sugiriendo que se han producido cambios estructurales en la función intestinal y eficiencia en la absorción de nutrientes, tanto en pollos y pavos (Croom et al., 1999). Un acortamiento de las vellosidades refleja atrofia de las mismas y una disminución en el área superficial para la absorción de nutrientes. La cripta se puede considerar como la fábrica de las vellosidades, y un buen desarrollo de la misma indica un flujo tisular rápido y una gran demanda de nuevos tejidos (Ma et al, 2008).

Cuadro 16. Peso de Órganos evaluados en % de peso vivo según los tratamientos a 42 días.

Tratamiento	Molleja	Hígado	Páncreas
	%	%	%
P4 con nivel de inclusión 10% FSD	3,19 ± 0,66	2,60 ± 0,30	0,29 ± 0,14
P4 con nivel de inclusión 20% FSD	2,83 ± 0,49	2,57 ± 0,40	0,26 ± 0,06
P3 con nivel de inclusión 10% FSD	3,17 ± 0,72	2,72 ± 0,43	0,28 ± 0,09
P3 con nivel de inclusión 20% FSD	3,03 ± 0,48	2,83 ± 0,38	0,27 ± 0,05
P2 con nivel de inclusión 10% FSD	2,79 ± 0,33	2,55 ± 0,24	0,30 ± 0,11
P2 con nivel de inclusión 20% FSD	2,95 ± 0,81	2,62 ± 0,31	0,23 ± 0,08
P1 con nivel de inclusión 10% FSD	2,95 ± 0,57	2,81 ± 0,33	0,29 ± 0,08
P1 con nivel de inclusión 20% FSD	3,00 ± 0,54	2,84 ± 0,43	0,28 ± 0,07
Factor	Probabilidad		
Nivel de cocción del FSD	ns	ns	ns
% de inclusión del FSD	ns	ns	ns
Nivel de cocción del FSD x % de inclusión del FSD	ns	ns	ns

P1: Cocción a 2,45 bar y 102,50 °C P1= C2; P2: Cocción a 2,40 bar y 102,10 °C P2 = C4; P3: Cocción a 2,38 bar y 102,20 °C P3 = C1; P4: Cocción a 2,20 bar y 100,70 °C P4 = C3

4. Discusión general.

Los tratamientos aplicados al FSD reflejan valores analíticos aceptables y muy cercanos entre ellos, lo que explica no haber tenido efectos significativos en los parámetros productivos.

En general las diferencias en los tratamientos aplicados al FSD en cuanto a la presión y temperatura utilizada en su procesamiento, no arrojaron diferencias importantes en ninguno de los parámetros evaluados, a pesar de algunas diferencias numéricas en los valores bromatológicos.

Algunas diferencias en los valores bromatológicos, como los de grasa cruda de más de 3%, en los tratamientos con condición P₁ 2,45 bar y 102,50 °C, se reflejan en el

mayor PV obtenido a los 35 días por este mismo tratamiento y en el mayor nivel de grasa abdominal, que registro valores estadísticamente superiores.

Al final de la experiencia a los 42 días, esos efectos puntuales no se reflejan en PV ni en ningún otro parámetro evaluado, tan solo una reducción en el rendimiento en canal que pudiera ser importante.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Los tratamientos de temperatura y presión al que se sometió el FS no afectó significativamente los valores bromatológicos ni las evaluaciones de control de calidad de los mismos, solo un valor de 3% de grasa cruda en el tratamiento P₁ 2,45 bar y 102,50 °C fue detectado.
- ✓ Bajo las condiciones de los experimentos realizados, para el nivel de cocción P₁ 2,45 bar y 102,50 °C e inclusión del 10% se obtuvo el mayor valor de DMS 80,47% con un efecto significativo (P=0,03) y no se observó efectos significativos sobre la DVN en gallos adultos, debido a la gran variabilidad de respuesta entre ellos a los diferentes tratamientos, lo cual indica que a pesar de no haber diferencias químicas notables en el FS tratado, hay respuestas de los gallos diferentes.
- ✓ No se evidenciaron efectos significativos sobre la EMA_{nd} y EMV_{nd}, a un nivel de cocción P₁ 2,45 bar y 102,50 °C e inclusión del 10% se obtuvieron los mayores valores en gallos adultos 3783,69 y 4332,88 Kcal/kg respectivamente.
- ✓ El valor más alto del PV (1722,88 gr/ave) a los 35 días fue obtenido a un nivel de cocción P₁ 2,45 bar y 102,50 °C e inclusión 20%, y también para esta condición se obtuvo el mayor valor de grasa abdominal (3,8 %) a ese nivel de inclusión. Pero a los 42 días no hay efectos significativos sobre el PV.
- ✓ Es posible el uso de FS a 20% de inclusión en la dieta tratado con cualquiera de los tratamientos térmicos y de presión utilizados, sin afectar el desempeño productivo, el rendimiento en canal, ni la grasa abdominal de los pollos durante el periodo de 21 a 42 días.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere seguir la línea de investigación desarrollada en este trabajo de grado, para lograr obtener más resultados que permitan seguir evaluando el efecto de la inclusión del FSD en dietas de pollos de engorde, particularmente en niveles elevados sus parámetros productivos y calidad del canal.
- ✓ Se recomienda evaluar niveles más altos de inclusión de FSD a ser utilizados en las dietas para pollos de engorde, en cada fase de alimentación.
- ✓ Se sugiere desarrollar tratamientos más extremos que permitan definir los límites térmicos y de presión que puedan afectar los parámetros productivos de pollos de engorde.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 2000. The American Association of cereal chemist. 10th ed. Methods of Analysis.
- Almedia, J. y Baptista, E. 1984. A new approach to the quantitative collection of excreta from birds in a true metabolizable energy bioassay. Poultry Science. 63: 2501-2503 pp.
- Anderson, J.W., Johnstone, E.M. y Cook-Newall, M.E. 1995. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids, N Eng, J Med. 333, 276-282 pp.
- AOAC. 1980. Association of Official Analytical Chemists. 13th Ed. (62-1979).
- AOAC. 1991. Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. 2nd supplement. Official Methods of Analysis. (991.20).
- AOAC. 1996. Association of Official Analytical Chemists. 16th Ed. Methods of Analysis. (965.17-1966).
- AOAC. 2000. Official Methods of the AOAC International. 17th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- APHA, A. 1995 Standard methods for the examination of water and waste water. 19th edition. Washington. Disponible en línea: http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf. [Febrero 08, 2012].
- Arnao, E., Perdomo, R. y Graterol, E. 2010. Diversidad genética en cultivares de Soya utilizando marcadores microsatelitales en Venezuela. Interciencia. Venezuela. 534 y 536 pp. Disponible en línea: <http://www.interciencia.org/v35-07/534.pdf>. [Febrero 05, 2012].
- ASA. 2009. La soya sus productos y aplicaciones. Disponible en línea: <https://soygrowers.com/news-media/american-soybean-magazine/> [Agosto 14, 2013].
- Aviagen. 2014. ROSS 308 BROILER: Objetivos de Rendimiento. Disponible en línea: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-Objetivos-de-Rendimiento-SP.pdf. [Mayo 21, 2015].
- Azcona, J.O., Iglesias, B.F., Charriere, M.V. y Morao, L. 2009. Inhibidores de tripsina en poroto de soja extrusado. En: Memorias del II Congreso Argentino de Nutrición Animal, Buenos Aires. Argentina. 108-113 pp.

- Barbi, J.W. 1996. Technology comparisons and results on processing and nutrition of fullfat soya. En: 2nd International Fullfat Soya Conference. American Soybean Association. Budapest, Hungria. 56-66 pp.
- Buitrago, A. J., Portela, R. y Eusse, S. 1992. Grano de soya en alimentación de cerdos. American Soybean Association. Bogotá. 28 pp.
- Café, M. B., Sakomura, N. K., Junqueira, O. M., Carvalho, M. R. y Del Bianchi, M.. 2000a. Determinacao do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. Rev. Bras. Cienc. Avic. 2 (1): 59-66 pp.
- Clarke, E. y Wiseman, J. 2007. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. British Poultry Science. 48, 703–712 pp.
- Clarke, E. y Wiseman, J. 2000. Nutritional value of soya products for non-ruminant farm animals. American Soybean Association. Singapore. 183 pp.
- COVENIN. 1979. Alimentos para animales. Determinación de humedad (Norma 1156-79). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1156-79.pdf>. [Febrero 08, 2012].
- COVENIN. 1979. Alimentos para animales. Determinación de grasa cruda (Norma 1162-79). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1162-79.pdf>. [Febrero 08, 2012].
- COVENIN. 1981. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de ceniza (Norma 1783-81). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1783-81.pdf> [Febrero 08, 2012].
- COVENIN. 1993. Alimentos para animales. Determinación de solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio (Norma 3034:93). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3034-93.pdf> [Febrero 08, 2012].
- COVENIN. 1995. Alimentos. Determinación de fibra detergente neutro (Norma 3178:1995). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3178-95.pdf> [Febrero 08, 2012].

- Croom, W. J., Brake, J., Coles, B. A., Havenstein, G. B., Christensen, V. L., McBride B. W., Peebles, E. D. y Taylor, I. L. 1999: Is intestinal absorption capacity rate-limiting for performance in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 8, 242–252.
- Delgado, E., Rodríguez, J. L. y Mederos, C. M.. 2000. Evaluación nutricional in vitro de algunos métodos de cocción del frijol de soya integral. *Revista Computadorizada de producción porcina* V. 7 N° 1. Disponible en línea. <http://www.iip.co.cu/RCP/ant/RCP7.1.pdf>. [Mayo 21, 2015].
- Domínguez, P. L., Reyes, J., Martínez, J. L., Echevarría, V., J. y Rodríguez, J. A. 1996. Digestibility of protein enriched citrus by-products for pigs. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 4:73-82 pp.
- Dibner, J. J., Atwell, C. A., Kitchell, M. L., Shermer, W. D. y Ivey, F. J. 1996. Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Anim. Feed Sci. Technology* 62:1-13 pp.
- Erickson, R. 1995. *Practical Handbook of Soybean processing and utilization*. Estados Unidos. AOCS/USB.
- FAO. 2010. FAOSTATISTICS. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>. [Febrero 08, 2012].
- FAO. 2012. FAOSTATISTICS. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>. [Mayo 10, 2012].
- FEDEAGRO. 2002. Programa Piloto para la Consolidación de la Producción de Soya en Venezuela. Disponible en línea: <http://www.fedeagro.org/comunica/descargas/Programa%20Soya.pdf>. [Marzo 27; 2012].
- Feedstuffs. 1997. Reference Issue. Vol 69. N° 30.
- Federación Nacional de Avicultura (FENAVI). 2011. Reporte anual de productos avícolas 2011. Disponible en línea. <http://www.elsitioavicola.com/articles/2060/venezuela-a-reporte-anual-de-productos-avacolas-2011/>. [Febrero 08, 2012]
- Fedna. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Madrid, España. 502 pp. Disponible en línea.

- http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/haba-de-soja-cocida-o-extrusionada. [Febrero 10, 2012].
- Fedna. 2011. Tablas FEDNA Haba de soja tostada o tratada en seco. Disponible en línea. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/haba-de-soja-tostada-o-tratada-en-seco-actualizado-nov-2011. [Febrero 08, 2012].
- Frank, G. 1988. How to improve the quality of fullfat soya beans and other legumes by hydrothermal treatment. *Feed Magazine* 11: 42-46 pp.
- Grant, G., Dorward, P.M., Buchan, W.C., Armour, J.C. and Pasztai, A. 1995: Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max*), kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), cowpeas (*Vigna unguiculata*) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius*) by rats for up to 700 days: effects on body composition and organ weights. *British Journal of Nutrition*, 13, 17–29. pp.
- Gonzalez-Vega, J. C., Kim, B.G., Htoo, J. K., Lemme, A. and Stein, H.H., 2011. Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 89: 3617-3625. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3465>. [Febrero 15, 2012].
- Gundel, J. y Matrai, T. 1996. Different methods of heat treatment for soybeans in piglet nutrition. En: 2nd International Fullfat Soya Conference. American Soybean Association. Budapest, Hungria. 433-450 pp.
- Hamerstrand, G. E, Black, L. T. and Glover, D. 1981 Trypsin inhibitors in soy products: Modification of Standard. Analytical procedure. *Cereal Chemistry*. 58 (1) 42.
- Hancock, J.D. 2001. Extrusion technologies to produce quality pig feed. *Feed Technology* 5 (3): 18-20 pp.
- Herkelman, K. L., Cromwell, G. L., Stahly, T. S., and PfeiMer, T. W. 1989. Effects of feeding soybeans having low Kunitz trypsin inhibitor on performance and pancreas weights of chicks. *J. Anim. Sci.* 67(Suppl. 2^h 41 C. Abstr.1).
- Herkelman, K. L. y Cromwell, G. L. 1990. Utilization of full-fat soybeans by swine. *Feedstuffs* 62: 13-16 pp.
- Herkelman, K.L., Cromwell, G.L. y Stahly, T. 1991. Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks. *Journal of Animal Science* 69: 4477-4486 pp.

- INIA. 2009. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de Estación climatológica. Maracay. Venezuela.
- INRA. 1989. Alimentación de los Animales Monogástricos: cerdos, conejos y aves. Editorial Mundiprensa, Madrid.
- Kakade, M. L., Rackis, J. J., Mc.Ghee, J. E., Puskai, G. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy. products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry* 51: 376-382 pp.
- Klasing, K. 1998. Comparative Avian Nutrition. Ed. Cab. International. London. Reino Unido. 1ª ed. Capítulo 7. 171-200 y 350 pp.
- Kratzer, F.M., Bersch, S., Vohra, P. y Ernst, R.A. 1990. Chemical and biological evaluation of soybean flakes autoclaved for different durations. *Animal Feed Science Technology* 31: 247-259 pp.
- Kouzeh-Kanani, M., Van Zuilichem, D. J., Roozen, J. P. and Pilnik, W. 1981. A modified procedure for low temperature infrared radiation of soybeans. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie* 14: 242-244 pp.
- León, A., Jaramillo, M., Hidalgo, C. 1997. Análisis de comportamiento de la industria avícola y de la investigación en el rubro aves en Venezuela (1985- 1994). Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. Venezuela. 64 pp.
- Lepley, K.C. 1984. Fullfat soybean meal in poultry and livestock feeds. Publication of the American Soybean Association, St Louis, Mo., USA.
- Lessire, M., Leclercq, B. y Conan, L. 1988. Variabilité de la valeur énergétique de la graine de soja traitée pour les volailles. *INRA Productions Animales* 1 (4): 265- 270 pp.
- Leeson, S., Atteh, J.O. 1996. Response of broiler chicks to dietary full-fat soybeans extruded at different temperatures prior to or after grinding. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 239–245 pp.
- Luna, A. 2000. Determinación de la Energía Metabolizable y Comportamiento productivo de la harina Integral de Soya Boliviana de proceso Hidrotérmico en Pollos de Carne. UNALM.
- Marquardt, R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric in avian excreta *Poult. Sci.* 62: 2106-2109 pp.

- Ma Y. L., Guo T. 2008. Intestinal morphology, brush border and digesta enzyme activities of broilers fed on a diet containing Cu²⁺-loaded montmorillonite. *British Poultry Science*, 49, 65–73 pp.
- Mateos, G.G., García, P. y Medel, P. 1996. The use of fullfat soybeans in diets for poultry. En: 2nd International Fullfat Soya Conference. American Soybean Association. Budapest, Hungría. 324-337 pp.
- Mateos, G.G. y Salado, S. 1999. Recent developments in the use of fullfat soybeans in diets for poultry. American Soybean Association-Europe. Bruselas. Bélgica.
- Monari, S., Mateos, G.G., García, P. y Medel, P. 1996. Utilización de la soja integral en alimentación animal. 3^a ed. American Soybean Association. Bruselas. 44 pp.
- National Research Council (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry Ninth Revised Edition. National Academy Press. Washington D.C.
- Neoh, S.B. y Raghavan, V. 2004. Dehulled fullfat soybean meal improves broiler and layer performance. En: Australian Poultry Science Symposium. Sydney, 9-4 February
- Oyarzábal, O. 1999. Intestinal physiology and impact of disease on neonatal poultry. Workshop on Poultry Neonatal Health and Disease. 6-9 pp, ed. University of Guelph, Ontario, Canada.
- Palacios, M., Easter, R., Soltwedel, K., Parsons, C., Douglas, M., Hymowitz, T. y Petigrew, J. 2004. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. *Journal of Animal Sciences.*, 82: 1108 – 1114 pp.
- Perilla, N. S., Cruz M. P., De Belalcazar, F., Diaz, G. J. 1997. Effect of temperature of wet extrusion on the nutritional value of full-fat soybeans for broiler chickens. *British Poultry Science*, 38, 412–416 pp.
- Qiao, S., Li, D., Jiang, J., Zhou, H., Li, J. and Thacker, P. A. 2003. Effects of moist extruded full-fat soybeans on gut morphology and mucosal cell turnover time of weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 16, 63–69.
- Rand, N.T., D. Cier y S. Viola. 1996. Israeli experience with full fat soybeans. En 2nd International Fullfat Soya Conference. American Soybean Association. Budapest, Hungría. 311-323 pp.

- Rojas, S., Gómez, J. A. 1988. Empleo de Soya integral cruda en dietas de gallinas ponedoras. *Informaciones Avícolas* 119:17-18.
- Rudolph, B. C.; Boggs, L. S., Knabe, D. A., Tanksley, Jr. T. D. and Anderson, S. A., 1983. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. *J. Anim. Sci.*, 57 (2): 373-386.
- SAS. 2004. SAS Institute. Inc., SAS 9.1, Cary, NC. Disponible en línea: <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html>. [Febrero 04, 2012].
- Sibbald, I. R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 55:303-308.
- Sibbald, I. R., y Price, K. 1976a. Relationship between metabolizable energy values for poultry and some physical and chemical data describing Canadian wheats, oats and barley. *Canadian Journal of Animal science*, 56, 255-268.
- Sibbald, I. R. 1981b. Metabolic plus endogenous energy excretion by fowl. *Poultry Sci.*, 60:2672-2677.
- Sibbald, I., y Morse, P.M. 1983. Provision of supplemental feed and the application of the nitrogen correction in bioassays for true metabolizable energy. *Poultry Sci.*, 62:1587-1605.
- Solórzano, P.R., Muñoz, J.A., Gamboa, M.A. 2005. El Cultivo de la Soya en Venezuela. Agroisleña. Venezuela. 188 pp. Disponible en línea: <http://www.interciencia.org/v35-07/534.pdf>. [Febrero 05, 2012].
- Steel, G., Torrie, H., and Dickey. 1997. Principles and procedures of Statistics. A Biometrical Approach. Third Edition. Mc Graw-Hill Series. 141-155 pp.
- Subuh, A., Moti, M. A., Fritts, C. A. y Waldroup, P. W. 2002. Use of various ratios of extruded full fat soybean meal and dehulled solvent extracted soybean meal in broiler diets. *Int. J. Poult. Sci.* 1:9–12 pp.
- Suárez, A. 2003. Soja desactivada para la alimentación de aves. <http://www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/soja>. [Febrero 08, 2012].
- Terpstra, K. y Hart, N. 1973. The estimation of urinary nitrogen and fecal nitrogen in poultry excreta. *Z. Tierphysiol. Tiernähr. U. Futtermittelkde*, 32: 306-320 pp.

- Toledo. 2009. Disponible en línea. <http://www.buscagro.com/biblioteca/Ruben-Toledo/El-cultivo-de-soja.pdf>. [Febrero 08, 2012].
- Van Eys, J. E. 2013. Manual of Quality Analysis for beans products in the feed industry. 2nd edition. U.S Export Council. Disponible en línea. <http://americas.ussec.org/tech-info/uso-de-la-pasta-de-soya-en-la-alimentacion-animal/> [Mayo 15, 2015].
- Vergara, V., Ramírez, M. y Díaz, G. 2005. Determinación de la energía metabolizable aparente para aves de harina integral de soya de tres procesos por el método de colección total. 246-255 pp Disponible en línea [http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/pdf_anales/LX\(2\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/pdf_anales/LX(2).pdf). [Mayo 15, 2015].
- Wiseman, J. 1994. Full fat soybean oils and fats in poultry nutrition. American Soybean Association. Brussels.:3-15 pp.
- Yin, Y. L., Zhong, H. Y., Huang, R. L. y Cheng, X. S. 1993. Effects of autoclaving on urease activity, trypsin inhibitors and ileal digestibility of crude protein in jack bean, field bean, and soybean for growing-finishing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 71(2): 65-75 pp.
- Zhang, Y., Parsons, C. M. y Hymowitz, T. 1991. Effect of soybeans varying in trypsin inhibitor content on performance of laying hens. Poultry Science 70: 2210-2213 pp.
- Zhaleh, S., Golian, A., Hassanabadi A., Mirghelenj, S. A. 2012. Main and interaction effects of extrusion temperature and usage level of full fat soybean on performance and blood metabolites of broiler chickens. African J Biotech. 11(87): 15380-15386 pp.

VIII. ANEXOS



Anexo 1: Alimentación forzada



Anexo 2: Gallo experimental



Anexo 3: Mezcladora



Anexo 4: Alimento Experimental



Anexo 5: Corral Experimental



Anexo 6: Unidad experimental



Anexo 7: Tamaño de órganos