

EVALUACIÓN DE CAUPI (*Vigna unguiculata*) COMO REEMPLAZO DE LA PROTEÍNA
DE TORTA DE SOYA EN ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE



HEIDY JULIETH CERON RODRÍGUEZ
CRISTIAN CAMILO LAMILLA MUÑOZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011

EVALUACIÓN DE CAUPI (*Vigna unguiculata*) COMO REEMPLAZO DE LA PROTEÍNA
DE TORTA DE SOYA EN ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE

HEIDY JULIETH CERON RODRÍGUEZ
CRISTIAN CAMILO LAMILLA MUÑOZ

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de Ingenieros
Agropecuarios

Director:
NELSON JOSE VIVAS QUILA, Zoot, M.Sc.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011

Nota de aceptación

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

M. Sc. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
Director

M. Sc FREDY JAVIER LÓPEZ MOLINA
Presidente del Jurado

C. M. Sc CARLOS MARTINEZ MAMIAN
Jurado

Popayán, 16 de noviembre de 2011

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios por permitirnos alcanzar una meta más.

A mis padres César Alfonso Cerón y Ana Ilsa Rodríguez, a mis hermanas Dani y Yenni, sobrinos Johan y Nicolth, a mi querido Diego y demás familiares y amigos que me apoyaron y estuvieron presentes en cada momento de esta hermosa etapa de mi vida.

A mi familia (Angie, Alexa, Adriana, Giraldo, Enelia, Jorge Elías, Denis, Faiver y Ubeimar), en especial a mi madre Edy Stella, por su amor, la confianza, el apoyo incondicional, los valores, el estímulo y el deseo de aportar en este importante proceso de formación académica.

Heidy Cerón

Cristian Lamilla

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan sus agradecimientos a la Universidad del Cauca, por brindarnos la oportunidad de culminar nuestras carreras.

A nuestro Director NELSON JOSE VIVAS, quien dedicó su tiempo y conocimientos para aportar en este trabajo.

Al CIAT Palmira, entidad que aportó las accesiones para el desarrollo de la investigación.

A nuestros jurados FREDY JAVIER LOPEZ y CARLOS MARTINEZ, por los comentarios y observaciones realizadas que permitieron desarrollar y culminar esta investigación.

Al grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria.

A nuestros compañeros, quienes con su cariño y apoyo hicieron posible alcanzar nuestras metas.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en este trabajo.

A todos ellos, gracias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEORICO	16
1.1 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVÍCOLA	16
1.2 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL AVE	17
1.2.1 Cavidad bucal	17
1.2.2 Esófago	18
1.2.3 Buche	18
1.2.4 Proventrículo	18
1.2.5 Molleja	18
1.2.6 Intestino delgado	18
1.2.7 Intestino grueso	18
1.2.8 Ciegos	18
1.2.9 Cloaca	19
1.2.10 Páncreas	19
1.2.11 Hígado	19
1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA POLLOS DE ENGORDE	19
1.3.1 Proteína cruda	19
1.3.2 Carbohidratos	19
1.3.3 Lípidos	20
1.3.4 Vitaminas	20
1.3.5 Minerales	20
1.3.6 Consumo de agua	20

	pág.
1.3.7 Consumo de alimento	21
1.4 MANEJO DEL POLLO DE ENGORDE	22
1.5 CAUPI (<i>Vigna unguiculata</i>)	22
1.5.1 Origen	22
1.5.2 Taxonomía	23
1.5.3 Descripción	23
1.5.4 Ciclo fenológico	24
1.5.5 Producción	24
1.5.6 Composición nutricional	24
1.6 ANTECEDENTES	25
2. METODOLOGIA	28
2.1 LOCALIZACIÓN	28
2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS	28
2.3 CONCENTRADO EXPERIMENTAL	29
2.4 ANIMALES EXPERIMENTALES	31
2.5 MANEJO	31
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	32
2.7 VARIABLES EVALUADAS	32
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 CONSUMO DE ALIMENTO	33
3.2 GANANCIA DE PESO	36
3.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA	37

	pág.
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según edad	19
Tabla 2. Consumo diario y acumulado de alimento respecto al peso promedio por semana de vida	21
Tabla 3. Composición nutricional del grano de Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) en 100 Kg MS (accesión CIAT 4555)	25
Tabla 4. Cantidad de materias primas para las diferentes dietas	29
Tabla 5. Composición de dietas experimentales	30
Tabla 6. Análisis químico de las dietas experimentales	31

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Aparato digestivo del pollo	17
Figura 2. Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>). A: llenado de vaina. B: vaina seca	22
Figura 3. Jaulas metálicas	28
Figura 4. Diagrama de flujo, preparación del alimento experimental	30
Figura 5. Pollo con 28 días de edad	32
Figura 6. Consumo de alimento en etapa de finalización	33
Figura 7. Ganancia de peso acumulada para la etapa finalización	36

GLOSARIO

ACEITE VEGETAL: es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía.

ALIMENTACIÓN: es la ingestión de alimento por parte de los organismos para proveerse de sus necesidades alimenticias, fundamentalmente para conseguir energía y desarrollarse.

ALIMENTO: es la sustancia o conjunto de sustancias que pueden ser utilizadas por el organismo para la obtención de energía o la creación de materia.

BEBEDERO: recipiente en el que se pone agua para que beban los animales.

BIOMASA: es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético.

CAUPI: es una planta herbácea o semiarbusciva, anual, trepadora, cuyo fruto se emplea como alimento en regiones tropicales; se cultiva además como forraje.

COMEDERO: es un recipiente en donde se vierte la comida para los animales de cría o domésticos.

CONSUMO: es la acción y efecto de consumir

CONVERSION ALIMENTICIA: se refiere a la cantidad de alimento requerida para producir una unidad de ganancia de peso.

DIETA: conjunto y cantidades de alimentos o mezclas de alimentos que se consumen habitualmente.

GALPÓN: es una construcción que suele destinarse al depósito de mercaderías o maquinarias. Suelen ser construcciones rurales con una sola puerta.

HFCC: harina de frijol caupi crudo.

LEGUMINOSA: familia botánica que incluye plantas caracterizadas por producir frutos en forma de vainas dentro de las cuales se encuentran las semillas. Tienen la propiedad de tomar el nitrógeno de la atmósfera y a través de bacterias en sus raíces, incorporándolo al suelo.

MATERIA PRIMA: es la materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

MINERALES: son nutrientes inorgánicos se clasifican como macrominerales o como elementos traza.

PROTEÍNAS: son biomoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos, que desempeñan un gran número de funciones en las células de todos los seres vivos.

RESUMEN

Con el fin de evaluar variables productivas en pollos de engorde en etapa de finalización se valoró la inclusión de harina de frijol Caupi (*Vigna unguiculata*) crudo, como sustituto de proteína de la torta de soya en la dieta, mediante tres tratamientos; T1: 0% de reemplazo de la proteína aportada por la torta de soya con la proveniente de la harina de frijol caupi crudo (HFCC), T2: 30% de reemplazo con HFCC y T3: 60% de reemplazo con HFCC el de la proteína que aporta la soya en la dieta base, lo cual equivale a un porcentaje total en las dietas de T1: 0%, T2: 18.4% y T3: 32.1% de HFCC. Se utilizaron 180 pollos machos de la línea Cobb 500. El diseño estadístico que se empleó fue completamente al azar, con seis repeticiones y 10 pollos por unidad experimental. Se evaluó el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos en la etapa de finalización.

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($F=0,05$) entre los tratamientos, para la variable consumo de alimento, al realizar la prueba de Duncan se encontró similitud entre T2: 1696g y T3:1616g, a diferencia de T1: 2474g, el cual presentó el mejor consumo. El análisis de varianza, detectó diferencias estadísticas ($F=0,05$) entre los tratamientos; para la variable ganancia de peso, en el tratamiento tres, los pollos sostuvieron su peso inicial. El análisis de varianza, para la variable conversión alimenticia detectó también diferencias estadísticas ($F=0,05$) entre los tratamientos T1: 2.45, T2: 21.98 y para T3 no se observó conversión alimenticia.

PALABRAS CLAVE: caupí, accesiones, finalización, conversión alimenticia, pollos de engorde

ABSTRACT

Productive variables were evaluated in chickens of it puts on weight in finalization stage the inclusion of bean flour was evaluated caupi (*Vigna unguiculata*) like substitute of protein of the soya cake in the diet mediating three treatments. T1: 0% of substitution of the cake of having contributed of protein of the coming from cheat of soya of the flour of raw of bean caupi (HFCC), T2: 30% was replaced whit HFCC and T3: 60% was replaced with HFCC that of the protein that contributes the soya in the base diet that which is equal to a total percentage in the diets of T1: 0%, T2: 18.4% and T3: 32.1% of HFCC. 180 male chickens were used was totally at random, with six repetitions and 10 chickens for experimental unit. Was evaluated the food consumption, gain of weight and nutritious conversion in chickens in the finalization stage.

The analysis of the variance showed statistical differences, ($F=0.05$) among the treatments, for the variable food consumption, when carrying out the Duncan test was found similarity between T2: 1696g. and T3: 1616g. To different of T1: 2474g. This presented the best consumption. The variance analysis, detected statistical differences ($F=0.05$) among the treatment, for the variable gain of weight, in the treatment three, the chickens sustained their initial weight. The variance analysis, for the nutritious variable conversion also detected differences statistics ($F=0.05$) among the treatments T1: 2.45, T2: 21.98 in T3: nutritious conversion was not observed.

KEY WORDS: Caupi, accesions, completion, feed conversion, broiler.

INTRODUCCIÓN

Acorde a diferentes reportes que indican el crecimiento en el consumo de carne de aves de corral, se muestra que desde hace varios años, ésta lidera la preferencia de proteína animal en los hogares colombianos con 23.8 kg por persona al año, mientras que la carne de res y cerdo permanecen entre 18 y 7.5 kg per cápita (FENAVI, 2011). Mas sin embargo, los productores deben actuar con prudencia a la hora de establecer sus producciones avícolas no solo por las fluctuaciones que pueda tener el precio de las principales materias primas energéticas y proteicas (maíz amarillo y soya), sino por el comportamiento de la demanda (Burbano y Gutiérrez, 2011).

El abastecimiento de materias primas para la producción avícola, fundamentalmente de granos y productos proteicos, se convertirá en forma creciente en un factor clave de desarrollo y fuerza de competitividad de la Industria en diversos países (Morón, 1995, citado por Rosell, 2007). El alimento balanceado representa alrededor del 66% de los costos de producción y el pollito de un día un 14%. Los avicultores consideran que el alimento balanceado es un costo muy difícil de reducir, lo que constituye un freno para el cambio tecnológico. Así que con el fin de reducir costos por la vía del pollito de un día, algunos avicultores se han integrado en las fases de incubación y reproducción y han introducido mejoras genéticas de las razas, lo que tiene importantes repercusiones en las fases de levante y engorde. Recientemente, los mismos avicultores vienen procesando directamente parte del alimento para las aves, avanzando en la integración de la industria (FENAVI, 2011).

En la actualidad los altos costos de los insumos agropecuarios, especialmente los alimentos balanceados, hacen que se busquen nuevas alternativas que lleven a una mejor productividad de las explotaciones (Morales, *et al.*, 1992, citado por Rosell, 2007).

La alimentación de aves en Colombia se ha realizado con un patrón de consumo basado en cereales y soya, de escasa y baja producción en el país, lo que ha traído como resultado una dependencia externa. Se hace necesaria la búsqueda de alternativas que favorezcan la producción de materias primas para la elaboración de alimentos balanceados, que logren satisfacer los requerimientos en la producción avícola nacional.

La *Vigna unguiculata* surge como un cultivo potencial para la suplencia en la alimentación animal y humana, por ser una especie de gran variabilidad en tamaño, colores y formas del grano, hábito de crecimiento y tamaño de vainas, es tolerante a enfermedades, además la planta posee casi tantas calorías por unidad de peso como los cereales, además de su alto contenido proteico, el cual duplica al de éstos, contenido de grasa bastante bajo y es fuente de calcio, hierro y ciertas vitaminas (Rodríguez, *et al.*, 1996).

El frijol Caupi (*V. unguiculata*), presenta buenas características nutricionales, de adaptación a diferentes ambientes como el trópico y bajos costos de producción (Peters, *et al.*, 2011), características favorables para introducir este material vegetal en una dieta

para aves, dirigiendo este estudio a demostrar su potencial como fuente proteica, obteniendo producciones similares a las que se logran con las materias primas convencionales, pero a costos más bajos para la avicultura en el trópico a la que pertenecen las avícolas colombianas.

Con el propósito de evaluar la inclusión de harina de frijol Caupi (*V. unguiculata*) como sustituto de proteína de la torta de soya en la dieta, con porcentajes de 0%, 30% y 60% de reemplazo con (HFCC), se evaluaron parámetros productivos en pollos de engorde etapa finalización en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, ubicada en el municipio de Popayán, Cauca y en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional – Palmira, Valle de Cauca.

Esta investigación es desarrollada por el grupo de investigación "Nutrición Agropecuaria" y hace parte del proyecto "More chicken and pork in the pot, and money in pocket: Improving forages for monogastric animals with lowincome farmers" creado para desarrollarse en Colombia, Nicaragua y El Congo, financiado por Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) y ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), donde la Universidad del Cauca y la Universidad Nacional participan como instituciones colaboradoras y del proyecto "Caupi (*Vigna unguiculata*) y Canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materia prima no convencional en la alimentación de pollos de engorde".

1. MARCO TEÓRICO

1.1 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVÍCOLA

Los avances en términos de nutrición avícola se han dado desde el siglo XX, debido a que la ciencia biológica relacionada ha evolucionado desde el punto de considerarse meramente descriptiva hasta ser integral altamente técnica en la actualidad. Tanto así que para los años 1800 y principios de 1900, los trabajos se basaban en descripciones anatómicas e histológicas de órganos, entre otros. Desde mediados del siglo pasado, la literatura se ha llenado de trabajos científicos relacionando los avances de biotecnología y el potencial para la revolución de aplicaciones moleculares en biología en un futuro cercano (Mann y Aguirre, 2002).

Los primeros nutrientes a ser identificados como "causantes" del bajo desempeño de los animales, por su deficiencia, fueron las vitaminas y los minerales. Su evolución como suplementos utilizados en las raciones de pollos de engorde en el período de 1930 al 2000, se hizo notar debido al mejoramiento genético y al continuo estudio, ingresando algunos y variando la cantidad de otros (Rostagno, 2000).

Posteriores investigaciones demostraron el beneficio de la adición de aminoácidos como metionina, en las dietas, conllevando a una mejora en el desempeño productivo de los animales. Posteriormente, los nutricionistas visualizaron la importancia de formular raciones con niveles de proteína balanceados, llegando a perjudicar el desarrollo del animal. De esta forma se incorporó a la nutrición animal el concepto de la relación caloría/proteína.

Se debe destacar que, antiguamente, el uso de diferentes tipos de alimentos en las dietas de pollos de engorde se hacía con el objetivo de suministrar determinados micronutrientes (vitaminas o minerales) y secundariamente como fuente de energía y de aminoácidos; esto era provocado por la ausencia en el mercado de suplementos vitamínicos y minerales adecuados. El inicio de la fabricación de estos suplementos, a mediados de los años 60, junto con la mayor cantidad de información en el área de composición de alimentos y de requerimientos nutricionales, posibilitó la producción de dietas simples, formuladas solamente con maíz, torta de soya y un núcleo conteniendo sal, carbonato de calcio, fosfato bicálcico, micronutrientes, metionina y aditivos. En la época, surge el auxilio del computador en la formulación de raciones mediante programación lineal, pudiéndose calcular raciones de costo mínimo. Con este método, el problema de la escogencia de los alimentos y de la cantidad exacta de cada uno de éstos en la ración, fue solucionado; las raciones contenían varios alimentos alternativos con el objetivo de reducir costos y atendían los requerimientos de los principales aminoácidos, calculados sobre la base del contenido de aminoácidos total y proteína bruta (Rostagno, 2000).

El mayor desarrollo nutricional en los años recientes ha sido la introducción de las enzimas. Estas han incrementado notablemente la eficiencia de utilización de las materias

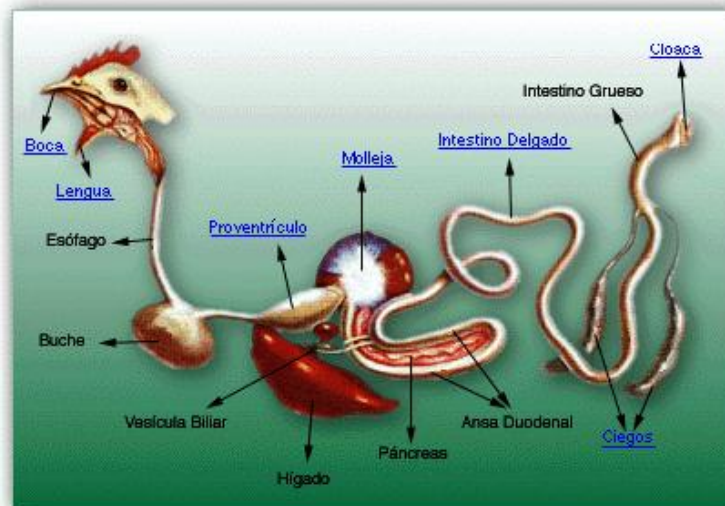
primas, al alterar el uso de los ingredientes específicos. Esto ha permitido el uso de ingredientes más fibrosos, como centeno y cebada. El efecto de las enzimas ha sido el de permitir una mejor digestión de ingredientes convencionales y no convencionales, más que ser una nueva fuente de nutrientes. La disminución de la viscosidad del tracto gastrointestinal ha permitido la mejor absorción de los nutrientes, por lo tanto los valores de energía metabolizable y de aminoácidos se han mejorado (Whitehead, *et al*, 1997, citados por Mann y Aguirre, 2002).

La Federación Nacional de Avicultores – FENAVI ha incrementado la cantidad de aves encasetas, destinadas a la producción de carne en Colombia, pasando de 586.354.045 en 2009 a 610.655.555 en 2010 (FENAVI, 2011).

1.2 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL AVE

En el tracto gastrointestinal se llevan a cabo importantes procesos como la degradación y absorción de nutrientes necesarios para mantenimiento, crecimiento y reproducción, generándose complejas interacciones en el lumen intestinal, microorganismos y las células epiteliales de absorción, lo que hace que se distinga como un sistema dinámico proporcionando protección física y defensa inmune (Koutsos, 2006, citado por Tavernari, *et al.*, 2008) (Figura 1).

Figura 1. Aparato digestivo del pollo



Fuente: Fondo de desarrollo de la Docencia de la Pontificia Universidad Católica de Chile, s.f.

1.2.1 Cavidad bucal. No posee dientes, su pico es utilizado para recoger el alimento; su lengua hace que este sea empujado hacia el esófago, en su pico se encuentran presentes las glándulas salivales. La secreción de saliva es pequeña e insignificante en la digestión (Sturkie, 1981; Mack, 1986; Cuca, *et al.*, 1996).

1.2.2 Esófago. Es un conducto de transporte tubular y su longitud va desde 12 hasta 35 cm. de acuerdo a la edad del animal. Posee abundantes glándulas mucosas para facilitar el paso del alimento (Cuca, Ávila y Pro, 1996).

1.2.3 Buche. Es un ensanchamiento del esófago y actúa como almacén temporal del alimento, su permanencia depende del tamaño de las partículas, la cantidad consumida y la cantidad presente en la molleja; aquí el alimento es ablandado, pero no hay producción de enzimas (Mack, 1986; Cuca, Ávila y Pro, 1996).

1.2.4 Proventrículo. Estómago glandular cubierto por una membrana mucosa, contiene glándulas gástricas con células “principales” quienes actúan sobre las proteínas y los polipéptidos. El pH ácido ayuda en la utilización de los minerales (Cuca, Ávila y Pro, 1996).

1.2.5 Molleja. Es el órgano muscular del sistema digestivo, compuesto de dos pares de músculos opuestos quienes ejercen gran presión y actúan como mecanismo de masticación de los pollos. En este sitio se mezclan las partículas alimenticias con los jugos gástricos en presencia de grava (Cuca, Ávila y Pro, 1996).

1.2.6 Intestino delgado. De acuerdo a la edad del ave su longitud puede ir desde 48 hasta 120 cm. Consta de un epitelio de células columnares de absorción y células caliciformes para la secreción de moco (Uni, *et al.*, 1999, citado por Rebollar, 2002). El intestino se divide en duodeno, yeyuno e íleon; el duodeno se considera como el principal sitio de digestión y absorción de nutrientes y depende de secreciones gástricas, pancreáticas y biliares (Sturkie, 1981). En el intestino delgado se lleva a cabo la digestión química, pues intervienen enzimas pancreáticas e intestinales como aminopeptidasa, amilasa, maltasa e invertasa. Cumple funciones como recibir enzimas presentes en el jugo gástrico para la digestión de proteínas y carbohidratos en el duodeno; absorber el alimento digerido, y, mediante movimientos peristálticos empuja el material no digerido hacia los ciegos y al recto (Cuca, Ávila y Pro 1996).

1.2.7 Intestino grueso. Su diferencia con el delgado radica básicamente en el tamaño de las vellosidades, ya que en este sitio son más cortas. No hay secreción enzimática pero aquí se continúa el proceso digestivo (Mack, 1986).

1.2.8 Ciegos. Son unos sacos que se localizan en la unión de los intestinos, responsables de la fermentación microbiana para el aprovechamiento de una pequeña cantidad de fibra (Sturkie, 1981; Mack, 1986).

1.2.9 Cloaca. Cavidad común a los sistemas digestivo, urinario y genital. Junto con el colon, la cloaca es el órgano encargado de la excreción y el balance de agua y minerales (Cuca, Ávila y Pro 1996).

1.2.10 Páncreas. Se localiza en el pliegue del duodeno y su función es secretar el jugo pancreático, el cual contiene enzimas como amilasa, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasas y lipasa (Cuca, Ávila y Pro 1996).

1.2.11 Hígado. Es una estructura grande que posee, entre otros, unos conductos que secretan bilis cerca al duodeno para la digestión y absorción de grasas (Cuca, Ávila y Pro 1996). Según Sturkie (1981), la bilis posee una acción emulsificante y efecto de activación de la lipasa pancreática para llevar a cabo la absorción de las grasas.

1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA POLLOS DE ENGORDE

1.3.1 Proteína cruda. El requerimiento de proteína de los pollos de engorde refleja los requerimientos de amino ácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas, los que a su vez son unidades estructurales dentro de los tejidos del ave (COBB, 2008). Actualmente su participación en las dietas se realiza con base a los requerimientos de aminoácidos (Ceniceros, 1997, citado por Rebollar, 2002).

Para especificar este ítem, en la Tabla 1 se presentan los requerimientos en general de los principales nutrientes necesarios en pollos de engorde.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde en etapa de finalización

Nutrientes	Edad en días			
	22-33*	34-42 [†]	22-33**	34-42**
E.M. Kcal/Kg	3050	3100	3100	3150
Proteína cruda	19.10	17.74	19.41	18.03
Ácido Linoleico	1.022	0.995	1.039	1.011
Calcio	0.810	0.751	0.824	0.763
Fósforo disp.	0.405	0.374	0.411	0.380
Sodio	0.201	0.121	0.205	0.194
Lisina	1.157	1.094	1.183	1.121
Metionina	0.463	0.438	0.473	0.448
Met + cis	0.833	0.788	0.852	0.807
Triptófano	0.197	0.186	0.201	0.191
Arginina	1.180	1.116	1.207	1.143
Treonina	0.787	0.744	0.804	0.762

* Desempeño regular. † Desempeño medio

Fuente. Tablas brasileñas para aves y cerdos, 2005.

1.3.2 Carbohidratos. Junto con los lípidos, los carbohidratos son la principal fuente de energía, necesaria para cumplir con funciones vitales como: conservar la temperatura corporal, la movilidad, utilizar reacciones químicas en la síntesis de tejido corporal, eliminar los desechos orgánicos y la síntesis de otras sustancias (López, *et al*, 1997 citado por Rebollar, 2002).

Cuando las aves reciben dietas bajas en energía metabolizable (EM), pueden compensar la energía faltante aumentando el consumo de alimento, lo cual desbalancea la relación de los demás nutrientes, ya que también modifica la cantidad ingerida de los nutrientes. En pollos con dietas hipocalóricas (< 2600 Kcal/Kg de alimento), se ha cuantificado la sobre ingestión alimenticia hasta en un 30%, con respecto a los animales alimentados con dietas elaboradas con 3200 Kcal/Kg de alimento, además de que el balance nutritivo se restablece sólo si el incremento de energía es proporcional a los otros elementos nutritivos (Alpizar, López, Vázquez y Peñalva, 1991).

El valor de la EM de un carbohidrato puro como el almidón de una proteína típica es de alrededor de 4 kcal/g, en tanto que los lípidos tienen un valor de EM alrededor de 9 Kcal/g; si todo carbohidrato se excluye de la alimentación, es posible causar una deficiencia manifestada de manera primaria con falta de crecimiento (Austisc y Malden, 1989).

1.3.3 Lípidos. Se absorben en forma de ácidos grasos y su digestibilidad depende de la longitud y solubilidad de las cadenas de carbonos que lo componen. Así, un ácido graso poliinsaturado de cadena mediana es digerido y absorbido con mayor facilidad que uno de cadena larga. Estudios coinciden en que los aceites vegetales contienen considerables aportes de lípidos con este tipo de características (Turner *et al.*, 1999 citado por Rebollar, 2002).

1.3.4 Vitaminas. Son sustancias inorgánicas responsables de utilizar la energía proveniente de carbohidratos y las grasas, entre ellas están: Tiamina, riboflavina, niacina y ácido pantoténico. La vitamina B6 hace parte de procesos como la desaminación, transaminación y descarboxilación. De este grupo de nutrientes hacen parte el ácido fólico y tetrahidrofólico, la biotina, la vitamina C, los cuales llevan a cabo diferentes procesos esenciales para el óptimo desarrollo del animal (Ávila y Pro 1996).

1.3.5 Minerales. Los minerales son nutrientes inorgánicos y se clasifican como macrominerales o como elementos traza. Los macrominerales incluyen: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre y magnesio. Entre los elementos traza están el hierro, yodo, cobre, manganeso, zinc y selenio (COBB, 2008). Todos los requerimientos de nutrientes y minerales son ingeridos en la dieta consumida por el ave (Tabla 1).

1.3.6 Consumo de agua. El agua es el nutriente más importante que se suministra a las aves. El agua es el principal componente del organismo, representando cerca del 70 % del peso corporal; cerca del 70 por ciento se halla dentro de las células y el 30 por ciento restante en los fluidos extracelulares y la sangre. El contenido de agua del organismo se halla asociado al de la proteína, lo cual implica que a medida que el ave envejece y su contenido de grasa aumenta, el contenido de agua disminuye en términos de porcentaje con relación al peso corporal. El ave obtiene agua a través de su consumo directo, el agua presente en el alimento y del catabolismo en tejidos corporales, lo cual es normal durante el crecimiento y desarrollo (Leeson, *et al.*, 2000).

El consumo de agua aumenta con la edad del ave, aunque disminuye en términos relativos (por unidad de peso corporal). El consumo de agua está estrechamente relacionado al de alimento, de manera que los mismos factores que inciden sobre el consumo de alimento afectan directamente el consumo de agua. Cuando la temperatura es moderada, el consumo de agua será equivalente al doble, en peso, del alimento consumido (Leeson, *et al*, 2000).

1.3.7 Consumo de alimento. La cantidad de alimento consumido está asociado con la tasa de productividad en aves de tipo carne. Las líneas comerciales modernas de pollos de engorde y pavos no crecerán a su potencial genético si no consumen los requerimientos nutricionales totales en cada día. Una formulación de dieta adecuada que garantice el consumo máximo de alimento es uno de los factores más importantes para determinar la tasa de crecimiento y la eficiencia en la utilización de los nutrientes. Parvadas que exhiben los promedios más altos de ganancia de peso casi siempre tienen los consumos más altos de alimento y frecuentemente tienen las mejores conversiones alimenticias y tasa de viabilidad. Por eso, los integradores y productores exitosos deben conocer los múltiples factores que afectan el consumo de alimento (Gernat, 2006). A continuación, en la Tabla 2, se muestra el consumo de alimento para pollos de la línea COBB.

Tabla 2. Consumo diario y acumulado de alimento respecto al peso promedio por semana de vida

Días	Peso machos Gr.	Consumo machos acumulado Gr.	Consumo diario (g)
0	41		
7	170	142	20.3
14	449	470	46.8
21	885	1100	90
28	1478	2095	142.2
35	2155	3381	183.7
42	2839	4827	206.6

Fuente: Suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde COBB, 2008.

El control del consumo de alimento es una interacción de muchos factores que involucra la fisiología de las aves, sistemas sensoriales, necesidades nutricionales para satisfacer las demandas de crecimiento, mantenimiento y resistencia a enfermedades. El consumo de alimento está influenciado tanto por factores dietéticos como de manejo.

Los factores dietéticos pueden ser subdivididos en categorías como composición nutricional dietética, formulación de alimento, niveles de inclusión de materia prima y la calidad de peletizado. Los factores de manejo que influyen en el consumo de alimento pueden ser subdivididos en categorías como disponibilidad de alimento y agua a las aves, manejo ambiental, densidades y control de enfermedades (Gernat, 2006).

1.4 MANEJO DEL POLLO DE ENGORDE

La producción de pollo se desarrolla especialmente en climas templados y cálidos, es de alta rentabilidad, buena aceptación en el mercado, facilidad para encontrar muy buenas líneas y alimentos concentrados de excelente calidad que proporcionan aceptables resultados en conversión alimenticia (1,8 kilos de alimento para transformarlos en 1 kilo de carne) (FENAVI, 2011).

Factores determinantes: la línea, el alimento, sanidad (prevención y control) y el manejo que se le da a la explotación.

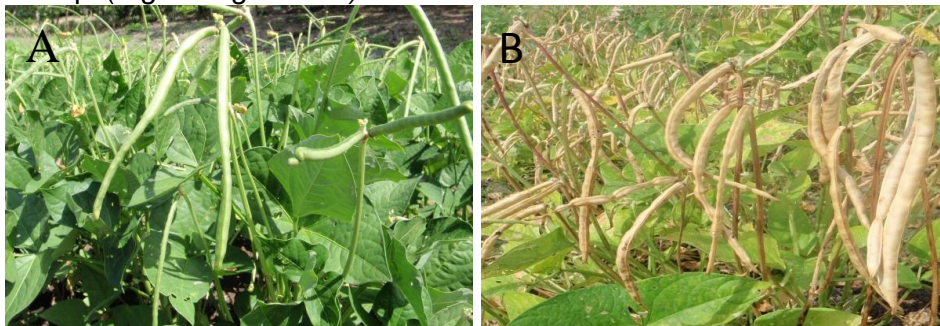
En cuanto a instalaciones y equipos, se hace necesario garantizar un equilibrio total en el medio ambiente en el cual se encuentran las aves mediante unas excelentes instalaciones, buen manejo de las camas y los equipos, evitando las altas o bajas temperaturas y humedades; el hacinamiento de las aves (más de las que se pueden tener en el galpón) y la deficiente o excesiva ventilación.

La instalación garantiza la realización de las operaciones de alimentación y de higiene desde la llegada de los pollitos hasta la obtención del producto terminado, además sirve como obstáculo para la entrada de vectores de enfermedades, plagas y contaminantes del medio.

1.5 CAUPI (*Vigna unguiculata*)

1.5.1 Origen. El Caupi es una leguminosa originaria de África, una de las seis regiones de domesticación de cultivos agrícolas que han sido identificadas (Vaillancourt y Weeden, 1992; Gepts, 2002 citados por Jover, 2006). Es una planta de clima tropical o sub-tropical, razón por la cual se cultiva en estos ambientes en su continente de origen, siendo Nigeria el mayor productor mundial en Asia; en América, Brasil es el país de mayor superficie cultivada, en especial en su zona nordeste (FAO, 2002; Freire *et al.*, 2000, citados por Jover, 2006).

Figura 2. Caupi (*Vigna unguiculata*). A: llenado de vaina. B: vaina seca



Fuente. Vivas, 2010

1.5.2 Taxonomía.

Reino: Plantae
Subreino: *Traqueophyta* – plantas vasculares
Superdivisión: *Espermatophyta* – plantas con semilla
División: *Magnoliophyta* – plantas con flores
Clase: Angiosperma
Orden: Dicotiledónea
Familia: *Fabaceae*
Subfamilia: *faboideae*
Tribu: *Phaseoleae*
Subtribu: *Phaseolinae*
Género: *Vignasavi*
Especie: *Vigna unguiculata*

1.5.3 Descripción. El Caupi es una planta herbácea, anual; de tipos de crecimiento determinado o indeterminado; con hábitos de crecimiento erectos, semi-erectos, postrados, semi-postrados, o trepadores. La germinación es epigea. Tiene hojas compuestas por tres folíolos (aunque el primer par de hojas es simple y opuesto), de forma globosa, sub-globosa, hastada o sub-hastada, de unos 10 a 25 cm de longitud y de unos 7 a 15 cm de ancho, con bordes simples. Las flores están en racimos sobre pedúnculos bastante largos, son de color violáceo, amarillo, rojizo o blanco, tiene la típica conformación de las *Papilionoideas* (estandarte, alas y quilla), el estilo es barbudo pero no espiralado como en el género *Phaseolus* y el fruto es una legumbre, lineal o subcilíndrica, bivalva, que en los tipos cultivados es poco o nada dehiscente, conteniendo varias semillas de diferente tamaño y color según la población o variedad (Parodi y Dimitri, 1972; IPGRI, 1983, citados por Jover, 2006).

Las semillas tienen variadas formas, desde cuadradas hasta redondas; tamaños y coloración, incluyendo el blanco, pardo, marrón, beige y verde, se pueden encontrar en un kilogramo de semilla desde 5000-12000 semillas (Peters, *et al*, 2011).

Presenta una raíz pivotante muy desarrollada, que puede llegar a más de un metro de profundidad, pero también tiene raíces laterales bastante profusas, lo que le permite explorar un buen volumen de suelo. A través de la simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium*, tiene la capacidad de fijar nitrógeno. Los nódulos son fácilmente visibles a partir de los 15 a 20 días después de la siembra, en especial si las semillas fueron inoculadas con la bacteria específica.

Los datos sobre la cantidad de nitrógeno fijado biológicamente al suelo, presentan una gran variabilidad, ya sea debido a las diferentes formas de cálculo, a los diferentes tipos de suelos, manejos, etc., fluctuando entre 30 y 300 kg de Nitrógeno por hectárea y por año (Ali, *et al.*, 2000 citados por Jover, 2006).

1.5.4 Ciclo fenológico. El ciclo se puede dividir en dos fases: vegetativa y reproductiva, durando ambas fases alrededor de 45 días, siendo relativamente corto, de unos 90 días entre siembra y primera cosecha. La fase vegetativa termina al aparecer los pimpollos florales en el tallo principal. De siembra a emergencia pueden transcurrir entre 3 y 10 días, de acuerdo a la profundidad de siembra y la temperatura del suelo. El crecimiento inicial es lento hasta formar un cuerpo mínimo, lo que ocurre alrededor de los 15 a 20 días de la emergencia. La capacidad de competir del cultivo es baja, por lo que el control de malezas es clave en este período y hasta los 30 a 45 días después de la siembra.

Al inicio de la fase reproductiva, los pimpollos florales están sostenidos por pedúnculos cortos, los que generalmente se encuentran a partir del quinto nudo en el tallo principal, pero no son fáciles de observar pues están dentro del follaje. Sin embargo en una o dos semanas, al seguir creciendo los pedúnculos florales, ya sobresalen sobre el follaje y son fácilmente visibles. Desde que se produce la fecundación del óvulo hasta la cosecha transcurren entre 17 y 25 días, de acuerdo a las condiciones climáticas. Al caer la corola seca de la flor fecundada, la vaina tiene unos 3 a 5 cm de largo. El crecimiento de la vaina es lento al principio, para hacerse luego rápido, alcanzando su longitud máxima alrededor de los 12 a 15 días posteriores. Una vez que la vaina llega a la madurez fisiológica, cambia de color verde a pajizo, hasta quedar seca y lista para la cosecha. Las vainas tienen una longitud de entre 8,0 y más de 20,0 cm, según el material de que se trate, pudiendo tener entre 5 y 15 ó más semillas (Jover, 2006).

1.5.5 Producción. Tiene buena producción de biomasa en un periodo de 2 – 4 meses, alcanzando rendimientos entre 3 y 8 Ton/Ha de materia seca, dependiendo del tipo de suelo, del clima, de la competencia con malezas y de la accesión. Los rendimientos son mejores en regiones con buena precipitación y suelos francos, profundos y fértiles, sin problemas de salinidad (Peters, *et al.*, 2011), además de ser mecanizable, tiempo de cosecha corto, mayor facilidad de manejo y mejor desarrollo genético en las condiciones agroecológicas del trópico.

1.5.6 Composición nutricional. El Caupi contiene un alto valor nutritivo, la proteína cruda PC en el forraje verde está entre el 14-21% y en residuos de cosecha del 6-8%, en el grano la PC es de 18-26%; la digestibilidad *in vitro* del follaje es mayor al 80% y la digestibilidad de los residuos de cosecha después de la cosecha del grano es del 55-65%.

El género *Vigna* ofrece una alternativa factible para la alimentación de aves en el trópico, pues el grano de diversas variedades contiene entre 22 y 25% de proteína cruda y alrededor de 60% de carbohidratos totales, de los cuales gran parte es almidón (Belmar, 1998).

El Caupi no es tóxico para los rumiantes; a su vez, para los monogástricos contiene inhibidores de tripsina y algunos contenidos de taninos que deben ser tenidos en cuenta. Entre el 20-25% del grano en la dieta alimenticia sin ningún tipo de tratamiento no presenta ninguna clase de problema. Los tratamientos térmicos reducen los inhibidores de

tripsina en el grano (Fatokun, *et al.*, 2002). En la Tabla 3 se presentan los valores nutritivos del Caupi.

Tabla 3. Composición nutricional del grano de Caupi (*Vigna unguiculata*) en 100 Kg MS (accesión CIAT 4555)

NUTRIENTE	VALOR
Materia Seca %	87.8
Proteína Cruda (N * 6.25) %	21.6
Extracto Etéreo %	1.5
Cenizas %	3.8
FDN %	26
FDA %	0.75
Energía Metabolizable (cal/g)	2250

Fuente: Torres, 2009.

1.6 ANTECEDENTES

A continuación se citan algunos reportes de la utilización de *V. unguiculata* en alimentación de pollos.

Se evaluó el efecto de cuatro niveles de inclusión con harina de grano Caupi (*Vigna unguiculata*) para la alimentación de pollos de engorde, se utilizaron 160 pollos machos de la línea Ross de un día de nacidos, por un periodo de cuatro semanas durante la etapa de iniciación y dos semanas más para la etapa de finalización. Se evaluaron cuatro tratamientos: T1: 0% de inclusión de harina de frijol Caupi (HFCC), T2: 15% de inclusión de HFC, T3: 25% de inclusión de HFC y T4: 35% de inclusión de HFC.

En ese trabajo se encontraron diferencias entre los tratamientos para la variable consumo de alimento (CT); mediante una prueba estadística se encontraron dos grupos de similaridad: (T2: 2659g) y (T4: 2996g, T1: 3044g y T3: 3165g); por lo que los autores concluyen que los porcentajes de inclusión T4 y T3 mejoran el consumo de alimento. No se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para la variable ganancia de peso (GP): (T1: 1288g, T2: 1308g, T3: 1093g y T4: 1221g) ni para la variable conversión alimenticia (CA). Respecto a la CA, el estudio encontró que el T2 fue el mejor por presentar el menor valor (Acosta y Quiñones, 2008).

En una investigación desarrollada en la sección de avicultura del Centro de Investigaciones Turipaná del I.C.A. en el departamento de Córdoba, se evaluó el efecto de dos niveles de frijol Caupi (10 y 20%) en dos presentaciones (crudo y cocido) como ingrediente proteico en dietas para pollos de engorde. Las variables analizadas fueron la ganancia de peso, el consumo y la conversión alimenticia comparados con un grupo control. Para dicho trabajo se emplearon 200 pollos de un día de edad, de un híbrido comercial, distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 + 1

(2 niveles de frijol Caupi 10 y 20%; 2 presentaciones del frijol: crudo y cocido y un tratamiento control) con cuatro repeticiones y 10 pollos por repetición. No se tuvo en cuenta el sexo de los animales.

En este estudio no se encontraron diferencias entre niveles y/o presentación del frijol en ninguna de las variables estudiadas. La ganancia de peso fue de 1.990, 1.985, 1.913, 2.007 y 2.015 g. para los tratamientos: 0%, 10% crudo, 10% cocidos, 20% crudo y 20% cocido, respectivamente. Los promedios para consumo de alimento fueron: 4.014, 4.093, 3.939, 4.095 y 4.131 g, respectivamente y 2.02, 2.07, 2.06 2.04 y 2.06 para la conversión alimenticia (Jabib, Barrios y Vega, 2002).

En el estudio realizado por Burbano y Gutiérrez (2011), con el objeto de determinar el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) del grano de caupi (*Vigna unguiculata*) crudo y cocido en pollos en etapa de finalización, mediante la metodología de “sustitución peso a peso” en la dieta, emplearon 180 pollos. Los tratamientos evaluados fueron: T0: Dieta control elaborada con materias primas comerciales, T1 (Crudo): 30% de sustitución de concentrado por harina grano de caupi crudo y T2 (Cocido): 30% de sustitución de concentrado por harina grano de caupi cocido; con un diseño completamente aleatorizado (3 tratamientos y 6 repeticiones). Se midieron: variables de rendimiento productivo, cantidad y calidad de heces, digestibilidad fecal aparente de los nutrientes y digestibilidad del caupi.

Mediante análisis de varianza ($P = 0.05$) y prueba de Duncan, no se observaron diferencias significativas para el consumo de alimento entre los tratamientos. La conversión alimenticia y ganancia de peso indicaron mejores resultados para T0 (Control), con diferencias estadísticas respecto a T1 (Crudo).

En el estudio realizado por el Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, La Habana – Cuba, en el año 2001, un total de 700 pollos de ceba de un híbrido comercial cubano y ambos sexos desde 7 hasta 42 días de edad fueron utilizados en un trabajo experimental según un diseño completamente aleatorizado. El objetivo fue evaluar en dietas isoproteicas los niveles siguientes de inclusión: 0, 10, 15 y 20% de granos de caupi, con lo cual se llegó a aportar el 30 % de la proteína bruta a expensas del trigo y la soya en la formulación, lo cual equivalía a sustituir el 60% de esta última. Los pesos vivos (1.86, 1.83, 1.84 y 1.85 kg/ave) las relaciones alimento-ganancia peso vivo (2.07, 2.11, 2.05 y 2.07 kg/kg) y las viabilidades (99.8, 99.4, 99.8 y 99.7 %) no difirieron entre tratamientos según el orden mencionado.

Los beneficios económicos favorables fueron obtenidos a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de las harinas de *Vigna unguiculata*. La respuesta económica y biológica obtenida demuestra que esta fuente proteica alternativa puede emplearse eficiente y competitivamente con los niveles de inclusión empleados hasta el momento (Lonwo, et al, 2001).

En otro estudio, con la finalidad de evaluar el efecto de tres niveles de sustitución parcial de alimento balanceado por harina de grano de frijol (HGF) *Vigna unguiculata*, en la alimentación de pollos de engorde, se utilizaron 360 aves de la línea Ross de un día de nacidos con un peso inicial de 45,7g por un periodo de 42 días. Se evaluaron tres tratamientos: T1: 0% HGF, T2: 8% HGF y T3: 16% HGF. Las variables estudiadas fueron: ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) e índice económico relativo IER. El diseño estadístico empleado correspondió a uno totalmente al azar. El análisis de la varianza no detectó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos sobre las variables: GDP (T1:42g; T2:45g y T3:43g), GTP (T1:1,72Kg, T2:1,89Kg y T3: 1,80Kg) e IER (T1:97, T2:110 y T3:104). Los resultados obtenidos permiten recomendar un 16% de sustitución parcial del alimento balanceado por harina de grano de frijol en raciones para pollos sin afectar las ganancias de peso (Trompiz y Ventura, 2002).

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, ubicada al nororiente del municipio de Popayán, en la vereda Las Guacas, cuya localización es: 2° 29' latitud Norte, 76° 33' longitud Este, a una altitud de 1900 m.s.n.m., una temperatura de 18°C, humedad entre 80 – 90%, brillo solar de 6h por día y una precipitación de 2000 mm anuales (Vivas y Morales, 2005); y en el Laboratorio de nutrición animal del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT – Palmira.

2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Se utilizó un galpón de 9 m de largo por 4 m de ancho y 2.2 m de alto, con paredes en tabla a 1.20 m, rodeado en malla, con techo de zinc en dos aguas simétricas y piso en cemento. Se ubicaron 18 jaulas metálicas de 1.25 m de largo por 0.80 m de ancho y 0.50 m de altura, a una distancia de 0.60 m del suelo, con capacidad para 10 pollos (figura 3).

Figura 3. Jaulas metálicas.



El galpón que se utilizó fue alistado y desinfectado con 15 días de anticipación a la compra y recepción de las aves, mediante un lavado general al galpón y a los equipos, se aplicó cal viva sobre las paredes y formol al 10% sobre las jaulas, finalmente se realizó un flameado sobre pisos y muros.

Los equipos utilizados se describen a continuación:

Bebedores automáticos tipo campana (2 por jaula)
 Comederos lineales
 Una balanza de reloj, capacidad de 100 Kg. (El Cóndor clase III)
 Una gramera con capacidad de 6000 g. (Scout – Pro)
 Canecas plásticas capacidad 55 Gln y baldes plásticos capacidad de 12 L, para el almacenamiento de materias primas.
 Bombillos uv 250w.
 Peletizadora
 Termómetro para máximas y mínimas

2.3 CONCENTRADO EXPERIMENTAL

Las materias primas empleadas en la formulación de las dietas fueron adquiridas comercialmente en el mercado y sus cantidades se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de materias primas para las diferentes dietas

MATERIA PRIMA	Cantidades / kg.			
	Dieta 1*	Dieta 2*	Dieta 3*	TOTAL
Harina de pescado	8,89	9,49	12,08	30,45
Torta de soya	38,82	27,26	15,53	81,61
Harina de frijol caupi	0,00	31,75	55,38	87,13
Maíz	111,68	89,03	69,70	270,41
Biofos	1,74	1,04	0,35	3,12
L – lisina	0,35	0,00	0,00	0,35
DL – Metionina	0,00	0,00	0,00	0,00
Aceite de palma	3,49	7,59	13,11	24,19
Carbonato de calcio	1,92	2,07	2,07	6,06
Premezcla vitaminas y minerales	1,74	0,35	0,35	2,43
Sal común	0,86	0,52	0,52	1,90
Bentonita	3,49	3,45	3,45	10,39
TOTAL				518,03

*Dieta 1: concentrado no comercial. *Dieta 2: 30% de reemplazo de la PC de torta de soya con PC de caupi. *Dieta 3: 60% de reemplazo de la PC de torta de soya con PC de caupi.

La harina de grano del Caupí (*Vigna unguiculata*) utilizada para el desarrollo del presente trabajo provino del programa de Pastos y Forrajes Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira. La accesión de caupi que se utilizó fue CIAT 4555.

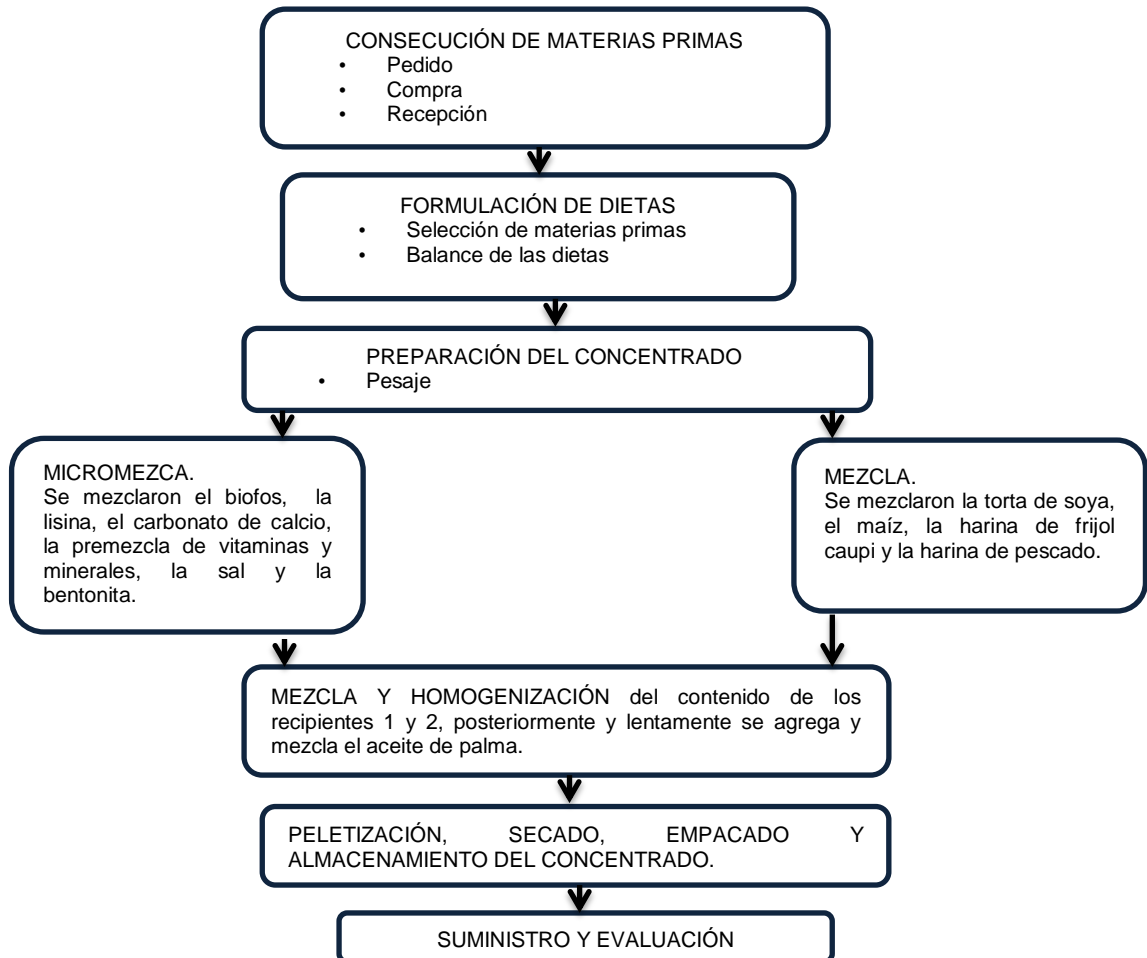
Se realizó el balance nutricional con base en la composición de la dieta control y se reemplazó el 30% de la proteína que aporta la torta de soya en la dieta 2, y el 60% en la dieta 3, con proteína cruda aportada por caupi, lo cual corresponde al 18.4% del total de la dieta 2 y 32.1% para la dieta 3 (ver Tabla 5). En la figura 4 se presenta el proceso realizado en la elaboración del alimento experimental.

Tabla 5. Composición de dietas experimentales

Materia prima	Dieta 1* %	Dieta 2* %	Dieta 3* %
Harina de pescado	5,2	5,5	7,0
Torta de soya	22,5	15,8	9,0
Harina de grano caupi	0,0	18,4	32,1
Maíz	64,7	51,6	40,4
Biofos	1,0	0,6	0,2
L – lisina	0,2	0,0	0,0
DL – Metionina	0,0	0,0	0,0
Aceite de palma	2,0	4,4	7,6
Carbonato de calcio	1,1	1,2	1,2
Premezcla vitaminas y minerales	1,0	0,2	0,2
Sal común	0,5	0,3	0,3
Bentonita	2,0	2,0	2,0

*Dieta 1: concentrado no comercial. *Dieta 2: 30% de reemplazo de la PC de torta de soya con PC de caupi. *Dieta 3: 60% de reemplazo de la PC de torta de soya con PC de caupi

Figura 4. Diagrama de flujo, preparación del alimento experimental



Después de realizar el concentrado experimental, se tomaron muestras de cada una de las dietas, y se enviaron al laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con el fin de analizarlas y determinar su composición nutricional; los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis químico de las dietas experimentales

MATERIA PRIMA	M.S. TOTAL	CENIZA %	ENERGIA M. cal/g	PROTEINA %	F.C. %	E.E %
T1	88.36	7.07	3087	19.26	2.85	4.99
T2	91.21	6.46	3039	17.87	6.94	3.72
T3	89.42	6.30	3168	17.68	9.84	3.93

Análisis Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

El alimento se suministró en tres raciones: a las 6:30 am; 12 m y a las 4:00 pm. Para registrar el consumo, se pesó el alimento rechazado en el día anterior. La diferencia entre los datos de peso del alimento suministrado y alimento rechazado corresponde al consumo.

2.4 ANIMALES EXPERIMENTALES

En el estudio se utilizaron 180 pollos machos de la línea *Cobb 500*, recriados de 20 días de edad, vacunados contra Marek y Gumboro. Estos presentaron al momento de la adquisición un tamaño uniforme, lo cual indicó la procedencia de un mismo lote, ojos brillantes, limpieza de los mismos, aspectos que caracterizan a un lote sano.

2.5 MANEJO

A los 20 días de edad, los pollos fueron sometidos a un periodo de acostumbramiento al ambiente entre los días 20 y 28 y una adaptación a la dieta del día 25 al 27 (inclusión progresiva, primer día 25%, segundo día 50% y tercer día 75% de la dieta experimental).

La etapa de evaluación de los tratamientos se realizó desde el día 28 al 41 día de edad. Tiempo en el cual se obtuvo la información para su respectivo análisis de parámetros productivos.

En la fase de acostumbramiento se alimentaron los pollos con alimento comercial.

Durante la investigación se llevaron a cabo dos pesajes de las aves en ayunas, el día 28 (iniciación de tratamientos) y día 41 (finalización de tratamientos).

Figura 5. Pollo con 28 días de edad



2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño experimental: completamente al azar

Número de tratamientos: 3

Número de repeticiones: 6

Número de animales por repetición: 10

Para el análisis estadístico se realizó análisis de varianza y prueba de promedios Duncan, mediante el uso de software SAS System V9 (*Statistical Analysis System*).

Modelo utilizado: $Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta de la j-ésima repetición sometida al i-ésimo tratamiento.

μ = Media general.

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental de la j réplica sometida a la i-ésimo tratamiento.

2.7 VARIABLES EVALUADAS

Consumo de alimento = Alimento suministrado – Alimento rechazado.

Ganancia de peso = Peso final – Peso inicial

Conversión alimenticia = Alimento consumido / Ganancia de peso.

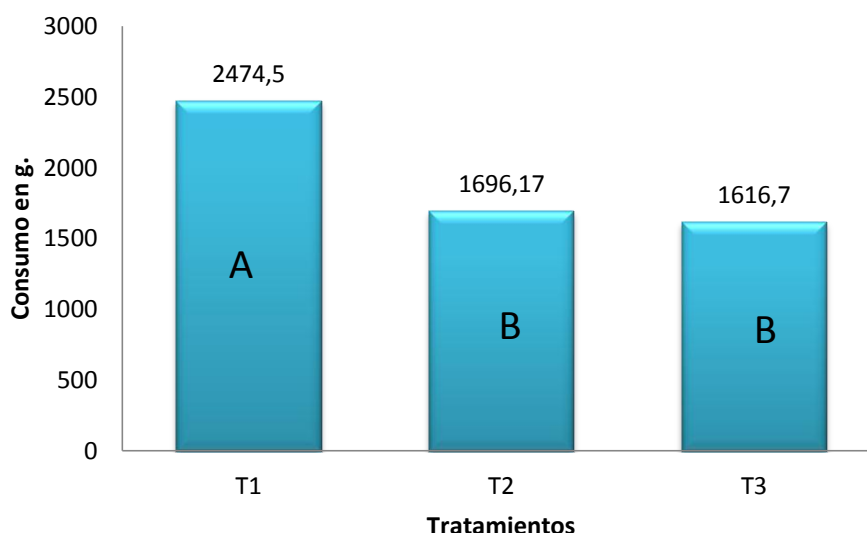
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CONSUMO DE ALIMENTO

El análisis de varianza para esta variable mostró diferencias estadísticas significativas ($F = 0.05$) entre los tratamientos, infiriendo que el consumo en esta etapa fue diferente estadísticamente para T1, T2 y T3 como se muestra en la figura 6.

Para determinar las diferencias encontradas entre los tratamientos, se realizó la prueba de Duncan, en donde se observó que no hay ninguna similitud estadística entre el tratamiento uno con respecto al dos y tres, teniendo en cuenta que los dos últimos son similares (figura 6).

Figura 6. Consumo de alimento en etapa de finalización



El tratamiento T1: 0% de frijol caupi crudo obtuvo el consumo más alto, seguido por el T2:18.5% y T3:32.1% de harina de frijol caupi. Se observa que el consumo disminuye cuando el porcentaje de frijol caupi crudo aumenta. El consumo de alimento es el factor más importante que influye tanto sobre el aumento de peso corporal, como sobre la conversión alimenticia en los pollos de engorde.

Gernat (2006) afirma que las variables ambientales o inmunológicas tienen los efectos más importantes en cuanto a la variación del consumo de alimento. Haciendo una revisión completa de las prácticas de alimentación y manejo se descartan problemas en éstos y en la salud de los pollos, pues todos estuvieron expuestos a las mismas condiciones ambientales y la salud del lote que en general fue buena, sin presentarse mortalidad. En

esta investigación, el bajo consumo en los tratamientos 2 y 3, se sugiere está dado por la variable en la dieta, su composición y/o digestibilidad.

Se considera que las propiedades físicas de la Fibra son una de las causas principales de los efectos fisiológicos en el tracto gastrointestinal, que se producen al administrar los alimentos fibrosos a los animales monogástricos. Factores como el tamaño de partículas, el volumen, la solubilidad y las propiedades de superficie, así como la capacidad de adsorción de agua, capacidad tampón, capacidad de intercambio catiónico, la viscosidad y la fermentabilidad, pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes (Casper, 2001, citado por Savón, 2002).

Se ha demostrado que la fibra soluble afecta la motilidad intestinal y retrasa el paso de la digesta en el intestino. Esto no parece ofrecer beneficio alguno, ya que sus propiedades hidrófobas y adsorptivas retardan la digestión y absorción de los nutrientes. En tanto, la fibra insoluble puede acelerar el tránsito intestinal, esta aceleración disminuye el tiempo disponible para la digestión y la absorción de nutrientes, por lo que restringe su utilización. Así, los efectos de la fibra insoluble en la motilidad intestinal dependen de su nivel en la dieta y el tipo de fuente (Periago, *et al.*, 1993). El análisis de laboratorio de las dietas experimentales, arroja diferentes porcentajes de la Fibra Detergente Neutro; T1: 13.42%, T2: 18.75% y T3: 15.19%, observándose un mayor contenido de fibra en los tratamientos T2 y T3, los cuales poseen caupi en su composición y este aumento de fibra influye negativamente en el consumo del alimento.

El conocido efecto de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye a la voluminosidad de estas raciones y a la capacidad de retención de agua de las porciones solubles de la fibra. Esto último pudiera alterar los estímulos que regulan el consumo de alimento (Ruiz, *et al.* 1999, citado por Savón, 2002).

Por otra parte, en un estudio de alimentación de pollos con harina de frijol (*V. unguiculata*), realizado por Miranda, *et al* (2007), evalúan cuatro tratamientos, con la inclusión de harina de frijol caupi en la dieta de 0%, 5%, 10% y 15%, donde se encontró que el consumo de alimento entre grupos experimentales no difirió durante la primera semana. Sin embargo, en las semanas 2 y 3 se observaron diferencias a favor de los tratamientos 1, 2 y 3 vs. 4 cuyo consumo fue menor. Estos resultados sugieren que la inclusión de harina de frijol a niveles de 15% pudiese ser la razón de una reducción del consumo voluntario durante la 2da y 3era semana. Tal reducción del consumo también pudiera ser atribuida a los niveles de taninos observados (4,5% EC) en la harina de granos de frijol.

El efecto negativo de los taninos (hidrosoluble y condensado) sobre el consumo también fue sugerido en previos estudios usando niveles de 4,1% (EC) en el alimento. Al comparar este trabajo con los resultados del presente estudio, se encuentra cierta similitud, puesto que en el tratamiento con mayor contenido de caupi, el consumo se vio disminuido.

Los taninos forman complejos con algunas glicoproteínas de la saliva; este tipo de complejo causa una sensación astringente en la cavidad bucal, lo cual reduce notablemente la palatabilidad y por ende el consumo. Por otro lado, la disminución del consumo también pudiese estar asociada a una menor digestibilidad ocasionada por la presencia de taninos. Aunque en este trabajo no se determinó la digestibilidad *in vitro* de la proteína, es lógico suponer que el contenido de taninos presente en el frijol caupi pudo haber afectado negativamente la digestibilidad de la proteína. La baja digestibilidad ocasiona una reducción del consumo, debido a que los efectos del llenado intestinal están asociados con la baja digestibilidad de los nutrientes (Miranda, et al, 2007).

Al analizar el consumo presentado, con el encontrado por Acosta y Quiñones (2008) quienes manejaron *Vigna unguiculata* en cuatro niveles de inclusión 0%, 15%, 25% 35%, que para efectos de este trabajo interesan el 15 y 35%, indican que entre estos dos tratamientos no existen diferencias estadísticas, obtuvieron 1711 y 1971g respectivamente en la fase de finalización, cantidades superiores a las reportadas en el presente trabajo, los cuales fueron 1696g y 1616g, en los tratamientos correspondientes al 18.5 y 32.1% de inclusión de harina de frijol caupi crudo. Los autores concluyen que los tratamientos de 0%, 25% y 35% de inclusión de frijol caupi presentan el mejor consumo, mientras que en el tratamiento con el 15% de inclusión del grano el consumo fue menor. Este comportamiento puede deberse posiblemente a que el frijol caupi tiene buena palatabilidad (Belmar, 1998).

Jabib, Barrios y Vega (2002) en un trabajo con tratamientos de inclusión de grano *Vigna unguiculata* obtuvieron consumos promedio de alimento de: 4.014 g, 4.093 g, 3.939 g, 4.095 g y 4.131 g. para los tratamientos 0%, 10% crudo, 10% cocido, 20% crudo y 20% cocido respectivamente; haciendo referencia que a medida que se incrementa el porcentaje de caupi en la dieta, aumenta su consumo, resultados que no muestran similitud proporcional en la etapa de finalización evaluada en el presente trabajo.

En un estudio realizado por Burbano y Gutiérrez (2011), se encontró que el 30% de grano caupi crudo incluido en la dieta, posiblemente influyó en un mayor consumo para este tratamiento que fue de 1.899 g con respecto al testigo, que presentó un consumo de 1.895 g. Al comparar estos resultados con el T1: 0% y T3: 32.1% del presente trabajo, cuyos respectivos consumos fueron de: 2.474 g y 1.616 g, se observa un mayor consumo para el T1, a diferencia de lo reportado por Burbano y Gutiérrez (2011).

Cada uno de los tres tratamientos de este ensayo fue peletizado uniformemente, puesto que en otros estudios, al evaluar niveles de inclusión de frijol caupi en dos presentaciones (harina y pellets) en porcentajes de 0%, 12.5% y 25%, el consumo de la dieta peletizada fue mayor que los resultados con la dieta en harina; estos resultados se atribuyen a que los pellets son más atractivos para el pollo y además tienen menos desperdicio al ser consumidos, lo que sugiere que al haber más consumo hay mayor ingestión de nutrientes disponibles y por consiguiente mejores parámetros productivos (León, Angulo y Madrigal, 1993). Desde el nacimiento, las aves prefieren el alimento de textura gruesa que los de

textura fina como las harinas por la presencia de “polvo”. Las estructuras finas no son apetitosas para los pollitos, ya que se pueden adherir al pico (Martins, 2003).

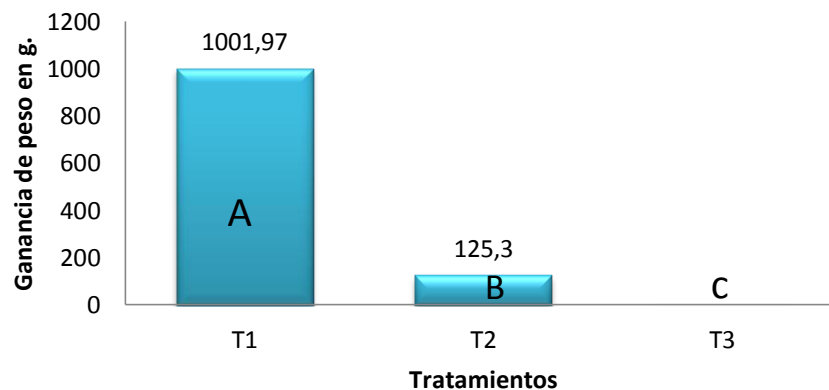
Al revisar estudios donde evalúan el consumo de harina de *V. Unguiculata* en pollos de engorde, cuando la presentación del alimento es peletizado, no se encontraron reportes bajos en consumos; por el contrario muchos le atribuyen buena palatabilidad a éste y por consiguiente su buen consumo (Burbano y Gutiérrez, 2011; Jabib, Barrios y Vega, 2002; León, Angulo y Madrigal, 1993; Acosta y Quiñones, 2008). Es por esto que el bajo consumo que se presentó en este estudio respecto a los tratamientos que contienen harina de frijol caupi crudo, se puede atribuir a una alta fibra en la dieta y a los taninos presentes en el grano caupi y no a la presentación del alimento.

3.2 GANANCIA DE PESO

Los resultados obtenidos para esta variable indicaron diferencias estadísticamente significativas ($F=0,05$) entre los tratamientos T1, T2 y T3, es decir que al menos uno de ellos mostró un comportamiento variable respecto a los demás.

Según la prueba de promedios de Duncan, se observó que la ganancia de peso para el tratamiento uno fue el de mejor comportamiento, ya que ganó 1001 g en total, 876g más que T2. Respecto el tratamiento tres, no se presentó ganancia de peso en promedio, se presentaron diferencias estadísticas entre los tres tratamientos (Figura 7).

Figura 7. Ganancia de peso acumulada para la etapa finalización



El peso promedio de los pollos a los 28 días (Iniciación del experimento) fue de T1: 1.078 g, T2: 1.081 g y T3: 1.045 g y los datos que se obtuvieron al día 41 (finalización del experimento) para los tres tratamientos evaluados, fueron 2.080 g, 1.207 g y 1.028 g para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, observándose así que el tratamiento uno (0% harina de frijol caupi) presentó una mayor ganancia de peso que los tratamientos dos

y tres, mostrándose de esta manera como el bajo consumo en éstos afecta directamente la ganancia de peso.

Al analizar la inclusión de caupi en una dieta para pollos en etapa finalización (hasta los 49 días de edad), se obtuvieron ganancias de 1.158 g, 1.151 g, 1.115 g, 1.133 g y 1.169 g para 0%, 10% crudo, 10% cocidos, 20% crudo y 20% cocido, respectivamente (Jabib, Barrios y Vega, 2002); todos valores superiores a los alcanzados en ganancia de peso por los pollos de la presente investigación.

León, Angulo y Madrigal (1993), con el objeto de evaluar el efecto de la inclusión de frijol en raciones para pollos de engorde, realizaron un experimento en el cual evaluaron 3 niveles de inclusión de frijol en las dietas (0, 12.5 y 25%). Inició desde el séptimo día, donde los pollos fueron pesados y distribuidos en jaulas. El agua y el alimento fueron suministrados a voluntad, las ganancias de peso fueron de 1970, 2140 y 2140 g para las dietas en harina con 0, 12.5 y 25% de frijol, respectivamente y de 2150, 2180 y 2190 para las mismas dietas peletizadas. Los datos obtenidos en el anterior estudio permiten inferir que la presentación del alimento no fue la responsable de la baja ganancia de peso obtenida en el presente trabajo, ya que en el anterior estudio se lograron mayores ganancias de peso cuando el alimento es suministrado en pellet. No obstante, se puede observar que las ganancias de peso del anterior estudio están por encima del presente trabajo, estos datos se atribuyen al bajo consumo.

Comparando los resultados de ganancia de peso, etapa finalización, que fueron 1001 g, 125 y 0 g respectivamente para los tratamientos con 0%, 18.5% y 32.1% de inclusión de caupi del presente estudio, con los reportados por Acosta y Quiñones (2008) quienes encontraron ganancias de 793 g, 825 g y 690 g para 0%, 15% y 35 % de caupi, respectivamente, se puede apreciar que el tratamiento con 0% de inclusión de frijol caupi, obtiene una mayor ganancia de peso con respecto a la reportada en el anterior estudio, pero no ocurre lo mismo con los dos tratamientos restantes en las que está presente la harina de frijol caupi, donde las ganancias de peso son mayores que las del presente estudio.

La baja ganancia de peso del tratamiento dos y la ausencia de esta en el tratamiento tres se puede atribuir al alto contenido de fibra en estas dietas y la presencia de taninos en el caupi, ya que es conocido que estos forman complejos con proteínas dietéticas y otros compuestos de la dieta, interfiriendo así con la digestión normal, deprimiendo el consumo voluntario, afectando la ganancia de peso al causar un déficit de nutrientes necesarios para el buen desarrollo del ave.

3.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Al realizar ANAVA, se aprecian diferencias estadísticas ($F=0,05$), lo que indica que la conversión alimenticia (CA) fue diferente para al menos uno de los tratamientos. Para el T1 se obtuvo una CA de 2.45, para T2 de 21.98 y para T3 no se observó CA.

Las conversiones encontradas en esta investigación son menores a las reportadas por Burbano y Gutiérrez (2011) los cuales reportaron conversiones alimenticias de 2.27, 2.59 y 2.40 para los tratamientos con inclusión de caupi (0%, 30% crudo y 30% cocido), respectivamente, en etapa finalización. De igual forma, es menor que los obtenidos por Acosta y Quiñones (2008), quienes reportaron conversiones alimenticias de 2.29, 1.97, 2.21 y 1.94 para los tratamientos con dietas en niveles de sustitución de caupi crudo (0%, 15%, 25% y 35%) en etapa finalización; al igual que a lo reportado por Jabib, Barrios y Vega (2002) en dietas de 0% reportaron una conversión alimenticia de 2.21, para 10% crudo reportaron una conversión alimenticia de 2.31; 10% cocido obtuvieron una conversión alimenticia de 2.34, para 20% crudo 2.34 y para 20% cocido 2.30.

Numerosos estudios han reportado efectos deprimentes del crecimiento de pollos de engorde cuando estos consumen dietas estructuradas altas en taninos. Igualmente, en gallinas ponedoras estudios reflejan el efecto antinutricional de estos compuestos, el cual puede medirse a través de un deterioro de la producción de huevos (%) y conversión alimenticia (Kg alimento/Kg huevos). Es de hacer notar que los efectos negativos más notorios se observan cuando las aves reciben dietas con niveles de proteína que no satisfacen las exigencias nutricionales de nitrógeno tanto para la síntesis de tejido corporal como para la producción de huevos. (Jaramillo, 2005)

La principal causa de la baja conversión alimenticia del presente estudio son consecuencia del bajo consumo y la baja ganancia de peso, variables directamente implicadas en el cálculo de la conversión alimenticia.

Dado al bajo consumo en las dietas con harina de frijol caupi crudo, no se considera una conversión alimenticia comercialmente aceptable, las bajas conversiones alimenticias no ameritan una discusión profunda, sin antes recordar el bajo consumo y la baja ganancia de peso analizadas en los capítulos anteriores, por si mismas son suficientes para concluir la conveniencia o no, del uso del grano caupi en la alimentación de pollo de engorde.

4. CONCLUSIONES

Al evaluar las variables zootécnicas en pollos en la etapa de finalización, reemplazando el 30% y 60% de la proteína que aporta la soya en la dieta base con la inclusión de *V. unguiculata*, se observó una disminución del consumo y por ende del peso y aumento de la conversión alimenticia con considerables variaciones que conducen a deducir que la inclusión de *V. unguiculata* con niveles de inclusión superiores al 30% no es una alternativa viable de alimentación de pollos de engorde, no obstante, al revisar literatura se contemplan reportes positivos para el uso de *V. unguiculata* en pollos, lo que conlleva a reflexionar sobre un rediseño de dietas y realizar una nueva investigación.

Se determinó que tratamientos evaluados con inclusión de *V. unguiculata*, causó efecto negativo sobre el consumo y por ende a la ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa finalización, lo cual se puede atribuir al alto contenido de fibra y a la presencia de taninos en el grano de *V. unguiculata*.

5. RECOMENDACIONES

La abundancia de recursos vegetales en el trópico obliga a continuar con la investigación sobre la mejor utilización de estos para la producción de animales monogástricos y particularmente de aves, dadas las ventajas de éstas ya antes mencionadas.

El uso de estos recursos fomenta el carácter sustentable de la producción animal, al reducir, por mínima que sea la dependencia de insumos importados y promover la producción animal a pequeña escala en situaciones de carencia de ingredientes.

Con el fin de obtener información precisa, es pertinente realizar un análisis con diferentes grados de inclusión de frijol caupi crudo y cocido, que permitan determinar los mejores parámetros productivos, teniendo en cuenta que la alta inclusión de caupi en la dieta, puede representar un bajo consumo del alimento.

Sería conveniente realizar estudios en monogástricos, con la utilización de la planta *V. unguiculata* (hoja, tallo y grano), para así aprovechar toda la planta, con el fin de determinar su factibilidad como ingrediente en un concentrado, como forraje verde o en ensilaje.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, C. J; QUIÑONES, C. 2008. Evaluación de la inclusión de caupi (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. Trabajo de grado (Ing. Agropecuaria). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán.

ALPIZAR, O.; LOPEZ, C.; PEÑALVA, G.; VASQUEZ, C. y AVILA, E. 1991. Respuesta de los parámetros productivos de pollos de engorda a diferentes niveles de energía metabolizable. México, p. 5. Tesis de Maestría en producción animal. Universidad Nacional Autónoma de México.

AUSTISC, R: E: y MALDEN, C: N. 1989. Principios de nutrición avícola, Producción avícola. México, D. F.

BELMAR, C.R. 1998. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Metodologías de investigación pecuaria en sistemas de producción de pequeños productores. Santa Cruz, Bolivia. p. 51-67. CIAT.

BURBANO, V. A; GUTIERREZ J.F. 2011. Evaluación de la digestibilidad del grano de caupi (*Vigna unguiculata*) crudo y cocido para pollos en etapa de finalización. Trabajo de grado Ing. Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán.

COBB. 2008. Guía de manejo del pollo de engorde. [Citada 12 febrero de 2010] Disponible en internet: <URL: <http://www.cobb-vantress.com>>.

CUCA, M. E; AVILA E.G. y PRO, M. 1996. Alimentación de las aves. Montecillo, México, Universidad de Chapingo.

FATOKUN, C.A; TARAWALI, S.A; SINGH, B.B; KORMAWA, P.M. and TAMÒ, M. (eds) Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the III World Cowpea Conference held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4-8 September IITA, Ibadan, Nigeria. 2002.

FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES - FENAVI. 2000. [Consultado 5 mayo de 2011]. Disponible en internet <<http://www.fenavi.org>>. 2011.

FONDO DE DESARROLLO DE LA DOCENCIA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, s.f. [en línea] Consultado noviembre de 2011. Disponible en internet en: http://www.uc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii1.htm

GERNAT, A. Consumo de Alimento de Pollo de Engorde. Honduras, 2006. Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano).

JABIB, L; BARRIOS P. y VEGA A. Evaluación del frijol Caupi (*Vigna unguiculata*) como ingrediente proteico en dietas para pollos de asadero. Montería, Córdoba, 2002. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia.

JARAMILLO, M. E. 2005. Sorgos graníferos altos en taninos condensados: significancia nutricional y factibilidad de uso en la alimentación de aves. Venezuela, Universidad de Georgia, USA.

JENSEN, L. S; SCHUMAIER, G. W; LASTSHAW, J. D. 1970. Extra caloric effect of dietary fat for developing turkeys as influenced by calorie-protein ratio. Poultry Sci.

JOVER, P. INTA. Poroto caupi. 2006. [Citado 12 de febrero de 2010]. Disponible en internet. <<http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/horti/art/horti10.htm#cic>>.

LEESON, S; SUMMERS, D. J; DIAZ, G. 2000. Nutrición Aviar Comercial.

LEÓN, I; ANGULO; MADRIGAL, J. 1993. Evaluación de la inclusión de frijol (*Vigna unguiculata*) en dietas para pollos de engorde. Maracay, Venezuela, Instituto de Investigaciones Zootécnicas CENIAP-FONAIAP

LON WO, E; RODRÍGUEZ B. y DIEPPA O. 2001. Evaluación económica y biológica de harina de vigna (*Vigna unguiculata*) en dietas isoproteicas para pollos de engorde. San José de las Lajas, La Habana. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo. 35, No. 1. Instituto de Ciencia Animal.

MACK, O.N. 1986. Digestión y metabolismo. Manual de producción avícola. México D.F.

MANN, H; AGUIRRE, V. 2002. Avances en el mejoramiento de la producción avícola. Mixco, Guatemala.

MARTINS, P. C. 2003. Alimento preiniciador: Importancia de su utilización en la vida del pollo de engorde. Sao Paulo, Brasil,

MIRANDA, S; RINCÓN, H; MUÑOZ, R; HIGUERA, A; ARZÁLLUZ, A.M; URDANETA, H. 2007. Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con

tres niveles dietéticos de harina de granos de frijol (*Vigna unguiculata*) durante la fase de crecimiento. Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia.

PETERS, M; FRANCO, L.H; SCHMIDT, A. e HINCAPIÉ, B. 2011. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores del trópico Americano, Cali: CIAT.

PÉREZ, J; GUTIÉRREZ, L; GUACARÁN, P. 1974. Niveles de grasa cruda en dietas para pollos de engorde. Jusepín, Estado Monagas, Venezuela, Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente.

PERIAGO, M.J., ROS, G., LÓPEZ, G., GUTIÉRREZ, M.C. y RINCÓN, F. 1993. Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. Rev. Esp. Cienc.Tecnol. Alimentos.

REBOLLAR, S; MARÍA, E. 2002. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos y malta de cebada. Colima, México. Universidad de Colima.

RODRÍGUEZ, N; MORA, L; MARÍN, M; ESPARZA, D; DEL VILLAR, A. 1996. Análisis del desarrollo foliar del cultivo de frijol (*Vigna unguicalata*) Variedad: ON30 (6) y tres de sus mutantes en los alrededores de Maracaibo. Venezuela.

ROSTAGNO, H. S., PÁEZ, L. E., TOLEDO, S. y ALBINO, L.F.T. 2000. Dietas vegetales para pollos de engorde de alta productividad. Brasil, Universidad Federal de Viçosa.

ROSELL, P. R. 2007. Valoración nutritiva del pienso de harina de caña proteica en la alimentación de gallinas ponedoras. Cuba, Universidad de Granma.

SAVÓN, L. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, La Habana.

STURKIE, D.P. 1981. Digestión aviar, fisiología de los animales domésticos. Editorial Aguilar. México D.F.

TAVERNARI, F., SALGUERO, S., ALBINO, L.F.T. y ROSTAGNO, H. S. 2008. Nutrición, patología y fisiología digestiva en pollos: Aspectos prácticos. En: XXIII Curso de especialización FEDNA. Madrid, España.

TEIXEIRA, L. F; DONZELE, J; GOMES, L; OLIVEIRA, R; LOPES, D; FERREIRA, A. y TOLEDO, S. 2005. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Viçosa, Brasil, 2º edición. Universidad Federal de Viçosa, departamento de Zootecnia.

TORRES, J. 2009. Digestibilidad in vitro prececal y cecal de diferentes leguminosas tropicales para la nutrición en monogástricos, Tesis de Magister en Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, 137 p.

TROMPIZ, J; VENTURA, M; ESPARZA, D; ALVARADO, E; BETANCOURT, E. 2002. Evaluación de la sustitución parcial del alimento balanceado por harina de grano de frijol (*vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. La Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.

VIVAS, N. MORALES, S. 2005. Evaluación agronómica y producción de grano de diez accesiones de guandul (*Cajanus cajan*) en la meseta de Popayán - Cauca. En: Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Popayán, V. 3, p. 31 – 36