

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRUDO Y COCIDO PARA POLLOS EN ETAPA DE FINALIZACIÓN**

**VICTOR ANDRÉS BURBANO MUÑOZ
JHON FREDDY GUTIERREZ SOLÍS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYAN
2011**

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL GRANO DE CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRUDO Y COCIDO PARA POLLOS EN ETAPA DE FINALIZACIÓN**

**VICTOR ANDRÉS BURBANO MUÑOZ
JHON FREDDY GUTIERREZ SOLÍS**

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

**NELSON JOSE VIVAS QUILA, M.Sc.
Director**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYAN
2011**

Nota de aceptación

El Director y los Jurados han revisado el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por los autores y lo encuentran satisfactorio.

M.Sc. NELSON JOSE VIVAS QUILA
Director

M.Sc. FREDY JAVIER LOPEZ
Presidente del Jurado

M.Sc. CLAUDIA LORENA CERÓN
Jurado

Popayán, 01 de Julio de 2011

DEDICATORIA

Dedico todos mis esfuerzos y logros alcanzados a Dios y a la siempre protectora madre, La Virgen María, regalándome la vida e irme guiando en este camino de formación profesional.

A mis padres Teresa y Rafael, que son el motivo de mi vida y la obra manifiesta del amor de Dios, apoyándome incondicionalmente para cada día luchar por mis objetivos; con valores y principios que desde siempre me han enseñado.

Víctor Andrés Burbano Muñoz

A mis padres que me acompañaron y me dieron fortalezas a través de sus consejos en todo momento.

A mi familia que me brindó su apoyo incondicional.

A Dios que siempre ha estado conmigo dándome sus bendiciones.

Jhon Freddy Gutiérrez Solís

AGRADECIMIENTOS

Expreso los más sinceros agradecimientos a:

Dios por ayudarnos con la realización de este trabajo, a culminar una etapa más en nuestras vidas y permitimos salir adelante cada día,

A Nelson José Vivas Quila; director del trabajo de grado; por la confianza depositada en nosotros; por sus valiosas, continuas e incansables contribuciones a la propuesta y desarrollo de esta investigación. Además por su excelente labor como profesor en nuestra formación académica profesional,

A las profesoras Luz Stella Muñoz y Patricia Ávila por sus orientaciones y asesoría técnica a este trabajo,

A nuestros jurados evaluadores Claudia Lorena Cerón Fernández y Freddy Javier López por sus revisiones y significativos aportes,

A nuestros padres que siempre fueron nuestro apoyo y nos acompañaron en cada una de las fases del trabajo y contribuyeron con una voz de aliento y consejos, para la consecución de esta meta,

A la organización Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) por el apoyo financiero para el desarrollo del proyecto,

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) – Palmira, y al Grupo de Investigación en Nutrición Agropecuaria – Universidad del Cauca por su valiosa colaboración a este trabajo,

Al Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira, por la realización de los análisis bromatológicos,

Y a todos, quienes de una u otra manera hicieron posible que pudiéramos cumplir con este objetivo y nos impulsaron para ir avanzando en nuestras vidas.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEORICO	18
1.1 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVÍCOLA	18
1.2 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL AVE	18
1.2.1 Cavidad bucal	18
1.2.2 Esófago	19
1.2.3 Buche	19
1.2.4 Proventrículo	19
1.2.5 Molleja	19
1.2.6 Intestino delgado	20
1.2.7 Intestino grueso	20
1.2.8 Ciegos	20
1.2.9 Cloaca	20
1.2.10 Páncreas	20
1.2.11 Hígado	20
1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA POLLOS DE ENGORDE	20
1.3.1 Proteína cruda	20
1.3.2 Carbohidratos	21
1.3.3 Lípidos	21
1.3.4 Vitaminas	21
1.3.5 Minerales	21
1.3.6 Consumo de agua	22

	pág.
1.4 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNAS	22
1.5 DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> DE LAS LEGUMINOSAS	23
1.5.1 Técnicas para determinar digestibilidad a nivel ileal	23
1.5.2 Digestibilidad aparente y verdadera	23
1.6 MANEJO	23
1.7 CAUPÍ (<i>Vigna unguiculata</i>)	24
1.7.1 Descripción botánica	24
1.7.2 Taxonomía	25
1.7.3 Origen	25
1.7.4 Factores agronómicos	26
1.7.5 Factores nutricionales	26
1.7.6 Accesoión CIAT 4555 (<i>Vigna unguiculata</i>)	27
1.8 ANTECEDENTES	27
2. METODOLOGIA	30
2.1 LOCALIZACION	30
2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS	30
2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL	31
2.4 MATERIAS PRIMAS	31
2.5 ANIMALES	32
2.6 MANEJO	32
2.7 DIETAS EXPERIMENTALES	33
2.8 PLAN DE ALIMENTACIÓN	33
2.9 VARIABLES EVALUADAS	34

	pág.
2.10 CÁLCULOS ESPECÍFICOS	34
2.11 DISEÑO EXPERIMENTAL	35
2.12 ANÁLISIS ECONÓMICO	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1 CALIDAD DEL ALIMENTO	36
3.2 DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE	37
3.2.1 Digestibilidad del Caupí	37
3.2.2 Digestibilidad de la mezcla	38
3.2.3 Digestibilidad de la proteína cruda	39
3.2.4 Digestibilidad de la energía metabolizable	40
3.2.5 Digestibilidad del extracto etéreo	41
3.2.6 Digestibilidad de la fibra cruda	42
3.2.7 Digestibilidad del extracto no nitrogenado	43
3.2.8 Digestibilidad de las cenizas	44
3.3 RENDIMIENTO PRODUCTIVO	45
3.3.1 Consumo por pollo etapa finalización	46
3.3.2 Ganancia de peso etapa finalización	47
3.3.3 Conversión alimenticia	48
3.4 HECES RECOLECTADAS	49
3.4.1 Cantidad de heces	49
3.4.2 Calidad de heces	50
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	51
4. CONCLUSIONES	52

	pág.
5. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según su etapa de desarrollo	21
Tabla 2. Consumo diario y acumulado de alimento respecto al peso promedio por semana	22
Tabla 3. Composición nutricional del grano de Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>) en 100 Kg MS (accesión 4555)	27
Tabla 4. Vigor, cobertura del suelo (%), y rendimiento en grano (Kg/Ha) de <i>Vigna unguiculata</i> – CIAT 4555 en Quilichao y Palmira	27
Tabla 5. Condiciones ambientales de Popayán	30
Tabla 6. Cantidad de materias primas utilizada para las dietas experimentales	31
Tabla 7. Inclusión de materias primas para las dietas experimentales	33
Tabla 8. Composición nutricional del alimento suministrado para cada dieta	36
Tabla 9. Valoración energética del alimento para tres dietas experimentales	36
Tabla 10. Composición bromatológica de las heces	50
Tabla 11. Costo de producir un kilogramo de peso vivo con las dietas experimentales	51

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Aparato digestivo del pollo	19
Figura 2. Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>)	25
Figura 3. Jaulas metabólicas	30
Figura 4. Diagrama de flujo de la preparación del concentrado	32
Figura 5. Acceso CIAT 4555 (<i>Vigna unguiculata</i>)	32
Figura 6. Digestibilidad del Caupí	37
Figura 7. Digestibilidad de la mezcla	38
Figura 8. Digestibilidad de la proteína cruda para la etapa de finalización	39
Figura 9. Digestibilidad de la Energía metabolizable para la etapa de finalización	41
Figura 10. Digestibilidad del extracto etéreo para la etapa de finalización	42
Figura 11. Digestibilidad de la Fibra cruda para la etapa de finalización	43
Figura 12. Digestibilidad del Extracto no nitrogenado para la etapa de finalización	43
Figura 13. Digestibilidad de las cenizas para la etapa de finalización	45
Figura 14. Consumo de alimento en etapa de finalización	46
Figura 15. Ganancia de peso acumulada para la etapa finalización	47
Figura 16. Conversión Alimenticia para la etapa de finalización	48
Figura 17. Cantidad de heces recolectadas y pesadas por pollo	49

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de Varianza	60
Anexo B. Prueba del rango múltiple de Duncan	61
Anexo C. Composición química del alimento y heces	62

GLOSARIO

CONVERSIÓN ALIMENTICIA: calidad del alimento medida en relación gramos de alimento consumido / gramos de peso ganado.

CALORÍA: unidad de energía térmica equivalente a la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado centígrado, de 14,5 a 15,5°C, a la presión normal.

CENIZAS: residuo remanente luego que toda la materia orgánica presente en una muestra es completamente incinerada.

ENERGÍA METABOLIZABLE: calor generado en una unidad de tiempo y en una cantidad determinada de muestra. Pérdidas de calor asociadas con el trabajo de digestión, absorción y metabolismo de nutrientes.

EXTRACTO ETÉREO: lípidos y grasas que contienen 2,25 veces más energía que los carbohidratos.

EXTRACTO NO NITROGENADO: representación aproximada de todos los carbohidratos libres de celulosa, es decir almidón, azúcares reductores y no reductores, hemicelulosa, gomas y parte de lignina.

DIGESTIBILIDAD APARENTE: nutriente perdido que puede ser compensado por un aporte similar en la dieta.

DIGESTIBILIDAD VERDADERA: corrección por pérdidas endógenas basales (con la ayuda de una dieta sin proteína).

FIBRA CRUDA: material fibroso menos digestible y la materia estructural del alimento.

FIBRA EN DETERGENTE ÁCIDO: porción más digestible de la pared celular.

FIBRA EN DETERGENTE NEUTRO: porción del alimento insoluble en detergente neutro.

PROTEÍNA CRUDA: proteína de un alimento, típicamente calculado como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6,25. Incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NPN) tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal.

RESUMEN

Con el objeto de determinar el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) del grano de Caupí (*Vigna unguiculata*) crudo y cocido en pollos en etapa de finalización, mediante la metodología de "sustitución peso a peso" en la dieta, se emplearon 180 pollos machos de la línea COBB 500, recriados de 20 días de edad y con un peso promedio de 640g, los cuales fueron alojados en jaulas metabólicas con capacidad de 10 pollos cada una. Se realizó la recolección total de las heces dos veces al día. Los pollos tuvieron un periodo de acostumbramiento al ambiente durante 10 días, a la dieta por 4 y la etapa de evaluación se realizó por 10 días. Los tratamientos evaluados fueron: T0: Dieta control elaborada con materias primas comerciales, T1 (Crudo): 30% de sustitución de concentrado por harina grano de Caupí crudo y T2 (Cocido): 30% de sustitución de concentrado por harina grano de Caupí 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 Caupí.

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).

Los tratamientos T0 y T1 afectaron significativamente ($P = 0.05$) los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína cruda, energía metabolizable, extracto no nitrogenado, fibra cruda, cenizas y digestibilidad de la mezcla, mientras que T2 presentó un comportamiento similar a T0 y T1. Para el CDA del extracto etéreo y del Caupí no se observaron diferencias estadísticas ($P = 0.05$) entre las dietas en estudio; los coeficientes de digestibilidad aparente del frijol Caupí crudo y cocido fueron 66.95 y 72.78%, respectivamente.

El análisis económico dio a conocer que producir un kilogramo de carne de pollo alimentado con T0 (control) tiene un costo de \$3.277 y que incluir 30% de frijol Caupí en dietas para etapa finalización, incrementa este indicador en 323 y \$137 para T1 (crudo) y T2 (cocido), respectivamente.

ABSTRACT

In order to determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of grain cowpea (*Vigna unguiculata*) in raw and cooked chickens nearing completion, using the methodology of "substitution weight to weight" in the diet, 180 male chicks were used COBB line 500, breeding 20 days old and weighing an average of 640 grams, which were housed in metabolic cages with a capacity of 10 chickens each. We performed the total collection of feces twice a day. The chickens had a period of adaptation to the environment during 10 days, to the diet for 4 and stage of evaluation was conducted for 10 days. The treatments were: T0: control diet made with prime materials trading, T1 (Raw): 30% substitution of concentrate for raw cowpea flour grain and T2 (Cooked): 30% substitution of concentrate for cooked cowpea flour grain, with a completely randomized design (3 treatments and 6 repetitions). Were measured: productivity performance variables, quantity and quality of feces, apparent fecal digestibility of nutrients and digestibility of cowpea.

By analysis of variance ($P = 0.05$) and Duncan test, observe no significant differences for feed intake between treatments. Feed conversion and weight gain showed better results for T0 (Control), with statistical differences with respect to T1 (Raw).

T0 and T1 treatments significantly ($P = 0.05$) apparent digestibility coefficients (ADC) of crude protein, metabolizable energy, nitrogen-free extract, crude fiber, ash and digestibility of the mixture, while T2 showed similar behavior T0 and T1. For the ADC of the ether extract and cowpea showed no statistical differences ($P = 0.05$) between diets in the study, the coefficients of apparent digestibility of raw and cooked bean cowpea were 66.95 and 72.78% respectively.

The economic analysis reported that one kilogram of chicken fed with T0 (control) will cost \$ 3,277 and include 30% of bean cowpea in diets for stage completion, increase this indicator 323 and \$ 137 for T1 (raw) and T2 (cooked), respectively.

INTRODUCCIÓN

En el mercado globalizado en el que actualmente se mueve la economía, no solo la avicultura sino, además otros productos agropecuarios y a puertas de varios tratados comerciales con diferentes bloques económicos, se hace imprescindible ser competitivos. Pero teniendo en cuenta las condiciones propias y recursos locales, pueden ser consideradas ventajas comparativas frente a otros mercados, ya que con el uso de recursos adaptados apropiados a la producción avícola es posible lograr la competitividad de acuerdo a las exigencias del mercado, sin dejar de lado la sostenibilidad que en ciertos sistemas de alimentación se ve afectada.

Acorde a diferentes reportes que indican el crecimiento en el consumo de carne de aves de corral se muestra que desde hace varios años, esta 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 (El Espectador, 2010 y 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.

La utilización de plantas forrajeras multipropósito se ha evaluado en recuperación de suelos, alimentación de poligástricos con buenos resultados, y ahora se quiere evaluar en la nutrición de monogástricos en los cuales se han hecho investigaciones con diferentes niveles de inclusión. Lo que hace interesante el presente trabajo es la evaluación del efecto sobre la digestibilidad del reemplazo de las principales materias primas utilizadas como fuente de proteína convencionales, entre ellas la torta de soya, por una especie adaptada y promisoría para nuestro medio, el Caupí (*Vigna unguiculata*), que debido a sus características agronómicas, nutricionales y económicas permitirá utilizarse como excelente alternativa en estrategias de disminución de los costos de producción y por ende en el precio que el consumidor final debe asumir.

El presente estudio tuvo como objeto evaluar el efecto de la digestibilidad del grano de Caupí crudo y cocido para pollos de engorde en etapa de finalización, mediante la metodología de sustitución peso a peso de la dieta; valorando en cada caso la sustitución de un 30% del concentrado formulado por harina de Caupí. Esto permitió conocer la digestibilidad in vivo que presenta el Caupí, de esta manera se podrán planear trabajos teniendo en cuenta los niveles de inclusión más pertinentes de acuerdo a dietas balanceadas para evaluar el crecimiento de los animales en ensayos biológicos. Esto convierte la presente investigación en punto de partida de los próximos trabajos que son la continuación del proyecto.

Esta investigación 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 el grupo de investigación Nutrición Agropecuaria de la Universidad del Cauca y la Universidad Nacional participan como instituciones colaboradoras; y del proyecto de tesis doctoral "Caupí (*Vigna unguiculata*) y canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materia prima no convencional en la alimentación de pollos de engorde".

1. MARCO TEORICO

1.1 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVÍCOLA

A principios del siglo XX, se realizaron importantes avances que favorecieron el progreso de la industria avícola. Sucesos como la Segunda Guerra Mundial, promovieron la investigación, tanto en el área de mejoramiento genético como en el de la nutrición animal, con el fin de resolver el problema de hambre en el mundo.

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, *et al.*, 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 (Rostagno, *et al.*, 2000).

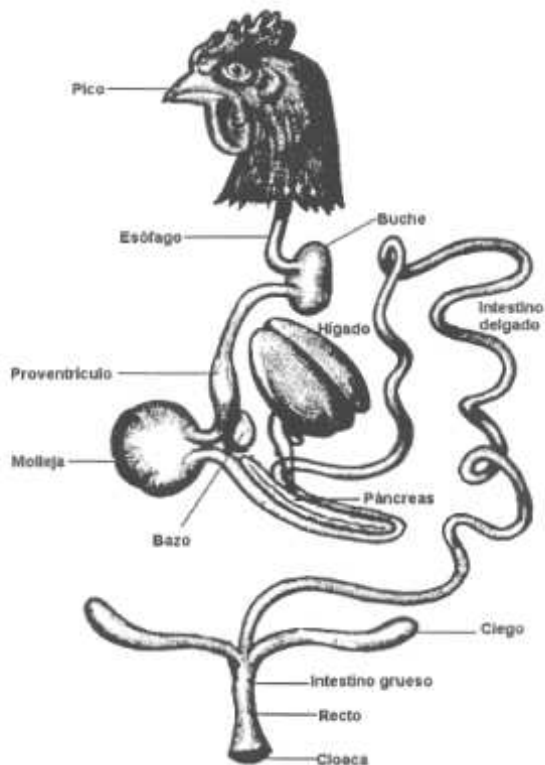
Actualmente la Federación Nacional de Avicultores – FENAVI ha incrementado la cantidad de aves encasetadas, destinadas a la producción de carne en Colombia, pasando de 586.354.045 en 2009 a 610.655.555 en 2010 (FENAVI, 2011).

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) (Ver figura 1).

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 citado por Rebollar, 2002).

Figura 1. Aparato digestivo del pollo



Fuente. Rebollar, 2002.

1.2.2 Esófago. Es un conducto de transporte tubular y su longitud va desde 12 cm hasta los 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. Estomago 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 cm 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, y el duodeno se considera principal sitio de digestión y absorción de nutrientes y depende de secreciones gástricas, pancreáticas y biliares (Sturkie, 1981) En el intestino delgado es donde se lleva a cabo la digestión química, pues intervienen enzimas pancreáticas e intestinales como aminopeptidasa, amilasa, maltasa e invertasa (Cuca, Ávila y Pro 1996). 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 y son los 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 son los órganos encargados 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

Los requerimientos nutricionales para pollos de engorde se detallan a continuación:

1.3.1 Proteína cruda. El requerimiento de proteína de los pollos de engorde refleja los requerimientos de aminoácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas, que a su vez, son unidades estructurales dentro de los tejidos del ave (Guía de manejo del pollo de engorde, 2008). Además las proteínas hacen parte de la sangre, hormonas y

anticuerpos. Actualmente su participación en las dietas se realiza con base a los requerimientos de aminoácidos (Ceniceros, 1997 citado por Rebollar, 2002). 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 según su etapa de desarrollo

Nutrientes	Edad en días			
	22 – 33 ¹	34 – 42 ¹	22 – 33 ²	34 – 42 ²
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
Metionina +cisteína	0.833	0.788	0.852	0.807
Triptófano	0.197	0.186	0.201	0.191
Treonina	0.787	0.744	0.804	0.762
Arginina	1.180	1.116	1.207	1.143

¹ Desempeño regular ² Desempeño medio

Fuente. Rostagno, H.S, *et al.* 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).

1.3.3 Lípidos. Los 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 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. En 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 (Guía de manejo del pollo de engorde, 2008). Todos los requerimientos de nutrientes y minerales son ingeridos en la dieta consumida por el ave (Tabla 2).

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

Semana	Consumo acumulado (g)	Peso promedio (g)	Consumo diario (g)
1	130	130	18.57
2	400	320	38.57
3	950	640	70.57
4	1650	1030	100
5	2550	1500	128.57
6	3680	1980	161.42

Fuente. Italcol, 2010

1.3.6 Consumo de agua. El agua es el nutriente esencial que forma parte de un 65 a un 78% de la composición corporal de un ave, dependiendo de su edad. Su consumo está influenciado por la temperatura, humedad relativa, composición de la dieta y la tasa de ganancia de peso (Guía de manejo del pollo de engorde, 2008). El consumo de agua tiene una relación directa a la regulación del calor. Este es el factor principal de control cuando se trata del estrés calórico, es más importante que cualquier otro factor. El agua afecta a todas las reacciones metabólicas y fisiológicas que ocurren en el cuerpo. Bajo condiciones normales y por promedio, las aves consumen el doble de agua que de alimento. Pero esta diferencia puede ser mucho más cuando la temperatura se incrementa de 75 a 90°F (de 24 a 32°C) (Nilipour, 2004).

1.4 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNAS

La proteína presente en las dietas, es considerada como la única fuente de nitrógeno orgánico, necesario para el mantenimiento y la síntesis del organismo (Savoit, *et al.*, 2005 citado por Torres, 2009). La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (Manríquez, 1993).

La degradación de las proteínas, así como su absorción puede ser incompleta. El porcentaje promedio de digestión y absorción en proteínas está entre 60 – 90%, de acuerdo a su origen animal o vegetal, obteniéndose un mayor valor para las de origen animal. La digestibilidad se ve limitada por el tamaño y superficie de la partícula donde se encuentran las proteínas; por la conformación de la proteína ya que las proteasas atacan a las proteínas insolubles más lentamente que a las proteínas globulares solubles; por la unión a ciertos metales, lípidos, ácidos nucleicos, celulosa u otros polisacáridos y debido a factores antinutricionales (González *et al.*, 2007).

1.5 DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE LAS LEGUMINOSAS

El valor nutricional de un ingrediente para animales puede ser determinado por su contenido de nutrientes disponible en especial por su aporte de aminoácidos (AA) y energía (Gutiérrez *et al.*, 2005). La absorción de aminoácidos sucede hasta la última porción del intestino delgado (íleon). Por consiguiente, la digestibilidad ileal de los aminoácidos es uno de los factores más importantes para calificar la calidad de la proteína de la dieta y la respuesta productiva de los animales (Gutiérrez *et al.*, 2005).

1.5.1 Técnicas para determinar digestibilidad a nivel ileal. La determinación experimental de la digestibilidad ileal requiere la utilización de medios sofisticados, ya que la digesta tiene que ser recogida al final del intestino delgado. Son cuatro técnicas las que se han propuesto como las más importantes para la determinación experimental de la digestibilidad ileal: la técnica del sacrificio, la anastomosis íleo – rectal y la implantación en el íleon de una cánula tipo T o de una cánula re – entrante (Jondreville y Gálvez, 1995).

1.5.2 Digestibilidad aparente y verdadera. La digestibilidad ileal o fecal puede ser aparente, considerando que todo el nitrógeno que llega al final del íleon o en las heces es de origen alimenticio. En otros términos, el nitrógeno perdido puede ser compensado por un aporte similar en la dieta. La digestibilidad verdadera hace una corrección por las pérdidas endógenas basales (con la ayuda de una dieta sin proteína) y considera que las últimas son constantes e independientes de la dieta (Leterme, 2002).

La digestibilidad aparente ileal de un aminoácido varía con el nivel de ingestión de este, los coeficientes de digestibilidad determinados para una determinada materia prima dependen del nivel de inclusión de la misma en la dieta experimental. Esta es una de las causas más importantes de variación de los datos sobre digestibilidad ileal aparente de los aminoácidos (Jondreville y Gálvez, 1995).

1.6 MANEJO

La producción de pollo se desarrolla especialmente en climas templados y cálidos, es de alta rentabilidad, buena aceptación en el mercado, facilidad para encontrar buenas razas y alimentos concentrados de excelente calidad que proporcionan aceptables resultados en conversión alimenticia. (1.78 kilos de alimento para transformarlos en 1 kilo de carne), (Fenavi, 2011). Como factores determinantes se encuentran: la raza, el alimento, sanidad (prevención y control) y el manejo que se le da a la explotación.

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 y un 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.

1.7 CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)

A continuación se hace una descripción botánica, taxonómica, agronómica y nutricional del Caupí.

1.7.1 Descripción botánica. El Caupí 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 y tamaños, desde formas cuadradas hasta redondas; también las semillas presentan una variada coloración, incluyendo el blanco, pardo, marrón, beige y verde, se pueden encontrar en un kilogramo de semilla desde 5000-12000 semillas (Peters *et al.*, 2003).

Presenta una raíz pivotante 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). De cualquier modo, y considerando solo el precio de los fertilizantes nitrogenados sintéticos, no es de despreciar el aporte del Caupí al suelo. Por ello, es adecuado para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, las rotaciones y asociaciones de cultivos, utilizándose, además, como forraje.

El Caupí se adapta bien a diferentes suelos desde arenosos hasta pesados, que sean bien drenados con preferencia por suelos livianos que permitan un buen enraizamiento de la planta. Esta más adaptado a suelos ácidos que el *Lablab purpureus* o *Mucuna pruriens*; tolera pH de 4 a 8 pero prefiere suelos un poco ácidos. El Caupí es moderadamente tolerante a la sequía. Los suelos húmedos son dañinos para el cultivo reduciendo el crecimiento y favoreciendo las infecciones por hongos. Es susceptible a las heladas, no

tolera quemas, ni inundaciones, ni salinidad. Crece desde el nivel del mar hasta los 1600 m.s.n.m. crece bien en épocas cálidas con temperaturas de 25°C a 35°C la cual es la temperatura óptima. Tiene una moderada adaptación a la sombra así que no es una planta que demande gran cantidad de horas luz/año. (Schlecht *et al.*, 1995).

1.7.2 Taxonomía. La taxonomía del Caupí se especifica a continuación:

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

En la figura 2 se puede apreciar su morfología y hábito de crecimiento.

Figura 2. Caupí (*Vigna unguiculata*)



1.7.3 Origen. El Caupí 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). Es una planta de clima tropical o sub-tropical, por lo que se la cultiva en estos ambientes en su continente de origen, siendo Nigeria el mayor productor mundial, en Asia y en América, donde Brasil es el país de mayor superficie cultivada, en especial en su zona nordeste (FAO, 2002; Freire *et al.*, 2000 citados por Jover). En Europa fue el Caupí consumido antes del descubrimiento de América (Cubero, 2004 citado por Jover) y la consecuente introducción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). El Caupí (*Vigna unguiculata*) es una planta autógama que pertenece al género *Vigna* (nombrado así en honor al médico y botánico italiano Doménico Vigna).

1.7.4 Factores agronómicos. 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 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).

Esta leguminosa tiene buena producción de biomasa en un periodo de 2 – 4 meses, alcanzando rendimientos entre 3 y 8 Ton/Ha, 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.*, 2003).

1.7.5 Factores nutricionales. 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%. Además de excelente palatabilidad.

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

El Caupí no es tóxico para los monogástricos, aunque 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.*, 2000). En la tabla 3 se presentan los valores nutritivos del Caupí.

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

Nutriente	%
Materia seca	87.8
Proteína cruda (N * 6.25)	21.6
Extracto etéreo	1.5
Cenizas	3.8
FDN	26
FDA	0.75
Energía Bruta (Mcal/Kg)	3.75

Fuente. Torres, 2009.

1.7.6 Accesoión CIAT 4555 (*Vigna unguiculata*). Al igual que varias accesiones como IT98K – 131 – 2, IT97K – 825 – 3, la 4555 han reportado altos rendimientos y digestibilidades por encima del 88%; sus rendimientos en grano alcanzan producciones superiores a 5.4 ton/Ha en suelos fértiles y 2.2 ton/Ha en suelos ácidos (CIAT, 2004). Su calidad nutricional la posiciona como una especie de leguminosa promisoría para el trópico (tablas 3 y 4). Esta accesión fue la que se empleó para la presente investigación.

Tabla 4. Vigor, cobertura del suelo (%), y rendimiento en grano (Kg/Ha) de *Vigna unguiculata*– CIAT 4555 en Quilichao y Palmira

Parámetros	Quilichao ¹	Palmira ²
Vigor (1 – 5)	4	5
Cobertura 10 semanas (%)	73	93
Producción de grano 12 semanas (Kg/Ha)	2260	5433

¹Suelos ácidos e infértiles

²Suelos fértiles

Fuente. Tropical Grasses and Legumes (CIAT), 2004.

1.8 ANTECEDENTES

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 Caupí (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 Caupí 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.

Al análisis económico, el tratamiento testigo mostró mayor rentabilidad, pero un análisis de sensibilidad de precios demostró que cuando ocurre una baja del 20% en el precio del frijol Caupí y es estable el precio de la torta de soya, es más rentable usar 20% de frijol Caupí crudo en la ración siempre que se acompañe de un antibiótico promotor de crecimiento (Jabib, Barrios y Vega, 2002).

En otro ensayo realizado en el municipio de Popayán, Cauca se evaluó el efecto de cuatro niveles de inclusión con harina de grano Caupí (*Vigna unguiculata*) para la alimentación de pollos de engorde, se utilizaron 160 pollos machos de la línea Ross de un día de nacidos, con un peso promedio inicial de 37.9g, 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 Caupí crudo, T2: 15%, T3: 25% y T4: 35% de inclusión. Para su análisis se tuvo en cuenta: Consumo Total (CT) Ganancia de peso (GP) y Conversión Alimenticia (CA). El diseño estadístico que se empleo fue un completamente al azar, donde se encontraron diferencias entre los tratamientos para la variable consumo de alimento (CT) mediante una prueba estadística se encontró dos grupos de similaridad: (T2: 2659g y T4: 2996g) y (T1: 3044g y T3: 3165g); por lo que los autores concluyen que los porcentajes de inclusión T4 y T3 mejoran el consumo de alimento; En tanto que 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).

Para el reemplazo parcial de soya en comida de aves y cerdos. En la Universidad Nacional de Colombia, se determinó que los granos de la leguminosa Caupí (*Vigna unguiculata*) tienen las mismas características para reemplazar parcialmente la soya en la dieta de cerdos y aves. “El grano de soya presenta fluctuaciones en el mercado, su costo es demasiado alto y por ello nos pusimos en la tarea de buscar otros materiales que permitan minimizar costos de alimentación en animales” (Torres, 2009).

Para dicho estudio se trabajó con tres variedades: *Canavalia basilienses*, *Lablab purpureus* y *Vigna unguiculata*, se buscaron granos con altos niveles de proteína y carbohidratos, trabajos que se efectuaron en el Laboratorio de Nutrición de la UN en Palmira y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (CVN, Junio de 2009).

Para otro trabajo de investigación se midió la capacidad de utilización de diversas leguminosas de grano incluidas en dietas de pollos broiler, el efecto del tratamiento térmico (120°C durante/30 min) y la incorporación de lisina y metionina. La inclusión de

las leguminosas en la dieta redujo el crecimiento, el balance de N y la retención energética total, e incremento la producción de calor y deposición de grasa. El tratamiento térmico aumento el contenido metabolizable de las dietas que contenían veza (*Vicia sativa*) y altramuz; la retención de N en pollos alimentados con la dieta que contenía veza. Se observó un aumento en la síntesis proteica con dietas suplementadas. (Aguilera *et al.*, 1984, citado por Morales, 2006).

En la Unidad de Metabolismo Animal y en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Aguirre (2009) desarrolló un trabajo sobre evaluación de grano de Caupí en dietas para ratas. En la Fase I se midió el efecto de la inclusión de diferentes niveles de Caupí crudo (0%, 33%, 67% y 100%) sobre la digestibilidad fecal e ileal en ratas. Igualmente, se determinó la digestibilidad *in vitro* de las dietas utilizadas. En la Fase II se midió el efecto de diferentes tratamientos térmicos y niveles de inclusión de la proteína de las dietas con Caupí (Caseína, torta de soya, Caupí crudo 50 y 100%, cocido por 5 min 50 y 100%, cocido por 20 min 50 y 100% y finalmente Caupí auto clavado durante 20 min a 50 y 100%), sobre las mismas variables de la fase I. En la Fase III se evaluó el valor nutricional de seis tratamientos de Caupí: dos tratamientos control (torta de soya, caseína), dos tratamientos térmicos (ebullición 5 y 20 min) y crudo con un nivel de sustitución del 50%. Además, ebullición 5 min con un nivel de sustitución del 100%. Para su medición se realizaron pruebas de crecimiento y retención proteica en ratas.

Para la fase I, las digestibilidades de N disminuyeron a medida que se incrementaba el nivel de la proteína del Caupí crudo en las dietas tanto *in vivo* como *in vitro* coincidiendo con Aguirre *et al.*, (2002) quienes con diferentes niveles de inclusión de Caupí (0, 20, 40, 60, 80 y 100%) encontraron digestibilidad de 81, 75, 73, 74, 72, y 72%, respectivamente. En la segunda fase el mayor incremento de digestibilidad en las dietas se observó con un nivel del 50% y tratamientos térmicos de cocción de 5 y 20 min. Un nivel de inclusión del 100% (tanto para Caupí crudo como cocido), disminuyó el peso de varios segmentos del Tracto gastrointestinal. La fase III, en lo referente a pruebas de crecimiento, no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos debido al suplemento con metionina y balance por N digestible; en cuanto a retención proteica el mejor balance de N se observó en las ratas alimentadas con la dieta Caupí crudo 50% respecto a las demás dietas ($P < 0.05$), mientras que para la utilización de proteína neta aparente los valores más altos fueron los reportados para Caupí crudo 50% y los más bajos para Caupí 5 min 100% y control-torta de soya ($P < 0.001$) (Aguirre, 2009).

2. METODOLOGIA

2.1 LOCALIZACION

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca ubicada en el municipio de Popayán, con coordenadas geográficas 2° 29' latitud Norte, 76° 33' longitud Este; y en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (Ver tabla 5).

Tabla 5. Condiciones ambientales de Popayán

Parámetro	Medida
Altitud	1900 m.s.n.m.
Temperatura	18°C
Precipitación	2000 mm
Humedad	80 – 90%
Brillo solar	6 h/día. 1825/año

Fuente. Vivas y Morales, 2005, citados por Vivas y Oramas, 2007.

2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Sé utilizó un galpón de 36 m² y 2.2 m de alto, con paredes en tabla a 1.20 m, rodeado en malla, con techo de zinc y piso en cemento; el cual se alistó y desinfectó con 15 días de anticipación a la compra y recepción de las aves, usando Formol al 10%, al igual que para las jaulas experimentales que aquí se ubicaron. Las 18 jaulas metabólicas presentaban 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; cada una con un comedero, un bebedero y una bandeja para la recolección de heces y con capacidad para 10 pollos (Ver figura 3).

Figura 3. Jaulas metabólicas



2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

Los materiales que se emplearon son los siguientes:

Balanza de reloj con capacidad de 100 Kg (El Cóndor clase IIII).
Gramera con capacidad de 6000 g (Scout – Pro).
Espátula.
Bolsas plásticas herméticas.
Canecas plásticas capacidad 55 Gln.
Balde plásticos capacidad de 12 L.
Bandejas de lámina.
Nevera General Electric con enfriamiento de – 9 °C.
Mezcladora cap. 300 Kg/bache
Peletizadora
Horno para secado del pellet.

2.4 MATERIAS PRIMAS

Las materias primas empleadas en la formulación de las dietas fueron adquiridas comercialmente en el mercado y sus cantidades se detallan en la tabla 6. 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.

Tabla 6. Cantidad de materias primas utilizada para las dietas experimentales

Materia prima	Cantidad total (Kg)
Harina de pescado	27,2
Torta de soya	118,8
Harina grano de Caupí	133,2
Maíz	351,6
Biofos	5,3
L - lisina	0,5
DL - Metionina	0,5
Aceite de palma	5,3
Carbonato de calcio	5,9
Premezcla vitaminas y minerales	5,3
Sal común	2,1
Bentonita	10,1

En las figuras 4 y 5 se presentan el proceso realizado en la elaboración del concentrado y el grano de Caupí, accesión CIAT 4555, respectivamente.

Figura 4. Diagrama de flujo de la preparación del concentrado

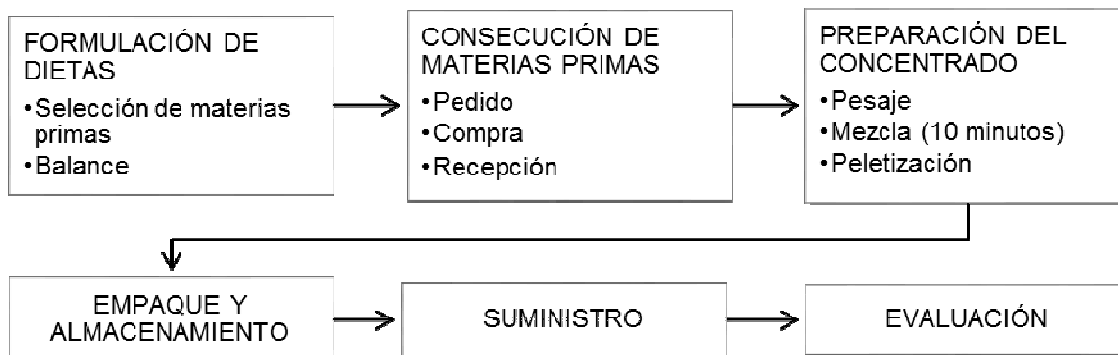


Figura 5. Accesoión CIAT 4555 (*Vigna unguiculata*)



Obtención de la harina de Caupí cocido. La harina del grano de Caupí (*Vigna unguiculata*) procedía del CIAT, en donde 260 Kg fueron hervidos a 100° C durante 5 minutos en porciones de 15 a 20 Kg en un costal de fique. Secadas hasta obtener una humedad de 8.7%. Después los granos fueron molidos a un tamaño de tamiz de 3 mm y finalmente almacenados a temperatura ambiente e identificados como Caupí-cocido.

2.5 ANIMALES

El estudio se realizó con 180 pollos de la línea COBB 500, recriados de 20 días de edad con un peso promedio de 640 g en óptimo estado sanitario.

2.6 MANEJO

Las aves se sometieron a un periodo de acostumbramiento al ambiente durante 10 días, y a la dieta durante 4 días. La etapa de evaluación se realizó en un periodo de 10 días, para

completar así 42 días de trabajo experimental. Tiempo en el cual se obtuvieron los datos y muestras para su respectivo análisis en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Durante la investigación se llevó a cabo el pesaje semanal de las aves en ayunas (día 20, 28, 35 y 42), pesaje diario del alimento consumido y rechazado.

Respecto al muestreo de excretas se recolectó dos veces al día, una a las 7 am y la otra a las 6 pm, con su correspondiente identificación y conservación a - 9 °C en bolsas herméticas. Cada muestra de excretas pesó en promedio 1000 g, obtenida durante los 10 días de trabajo experimental para cada tratamiento.

2.7 DIETAS EXPERIMENTALES

La dieta base fue balanceada y preparada de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las aves en etapa finalización y a la calidad estimada de cada materia prima. Para las dietas experimentales se tuvo en cuenta que el nivel de harina de Caupí es el mismo tanto para el tratamiento que incluía grano crudo como cocido (tabla 7). Una vez preparadas las tres dietas, se realizó el respectivo análisis bromatológico para verificar el contenido nutricional de cada una. En los resultados reportados por el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia.

Tabla 7. Inclusión de materias primas para las dietas experimentales

Materia Prima	% Dieta	
	Caupí	Control
Harina de pescado	3,57	5,1
Torta de soya	15,61	22,3
Harina grano de Caupí	30	0,0
Maíz	46,2	66,0
Biofos	0,7	1,0
L – lisina	0,07	0,1
DL – Metionina	0,07	0,1
Aceite de palma	0,7	1,0
Carbonato de calcio	0,77	1,1
Premezcla vitaminas y minerales	0,7	1,0
Sal común	0,28	0,4
Bentonita	1,33	1,9

2.8 PLAN DE ALIMENTACIÓN

Se realizó de acuerdo a la etapa productiva en la cual se encontraban los animales, en este caso finalización, pues esta etapa va desde la tercera semana hasta la sexta (día 21 al 42). El alimento se suministró en tres raciones: A las 6:30 am; 12 m y a las 4:00 pm.

2.9 VARIABLES EVALUADAS

Calidad del alimento: Análisis bromatológico en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Cantidad de heces: Recolección y pesaje diario.

Calidad de heces: Análisis bromatológico en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Consumo de alimento = Alimento suministrado – Alimento rechazado.

Variables rendimiento (Ganancia de peso y Conversión alimenticia).

En el análisis nutricional de la dieta y calidad de heces en laboratorio se evaluó:

Proteína cruda (PC): usando la metodología de Kjeldahl, (1883).

Materia seca (MS): Horno (105 °C/24 h.)

Fibra cruda (FC): Weende.

Energía bruta (EB): Mediante bomba calorimétrica

Ceniza (CEN): Método gravimétrico (AOAC 1990a).

Extracto Etéreo (EE): Método gravimétrico Soxhlet (AOAC 1990b).

2.10 CÁLCULOS ESPECÍFICOS

Con el procedimiento matemático empleado se calculó el coeficiente de digestibilidad fecal aparente de la MS y del N, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad aparente fecal del N} = [(N_i - N_f)] \times 100 / N_i$$

Donde, N_i es el nutriente ingerido y N_f es el nutriente fecal excretado.

$$\text{Digestibilidad de Mezcla} = (\text{Digest. Caupí} \times \% \text{ inclusión}) + (\text{Digest. Dieta control} \times \% \text{ inclusión}).$$

$$\text{Conversión alimenticia: } C.A = \frac{\text{CONSUMO DE ALIMENTO}}{\text{GANANCIA DE PESO}}$$

$$\text{Calidad del alimento: NDT} = PD_{PC} + PD_{FC} + PD_{ENN} + PD_{EE} \times 2.25.$$

Donde NDT es la valoración energética en nutrientes digestible totales y PD es el principio digestible de cada nutriente.

2.11 DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño experimental: Completamente al azar
Número de tratamientos: 3
Número de repeticiones: 6
Número de animales por repetición: 10
Tratamientos:

T0: Dieta Base de finalización formulada (No comercial)
T1: Dieta base 70% + frijol Caupí crudo 30%
T2: Dieta base 70% + frijol Caupí cocido 30%

Los análisis estadísticos fueron realizados usando el *General Linear Model* (GLM) del programa SAS V 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA. 2002). El efecto del ANOVA se trabajó con una significancia del 95% ($P < 0.05$), los valores medios de cada variable fueron comparados usando el test de Duncan.

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

Donde:

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.

2.12 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se utilizó una metodología que tuvo en cuenta los costos variables de producir un kilogramo de concentrado para cada tratamiento y su efecto sobre al precio del kilogramo de peso vivo de los animales en evaluación, tomando como base la conversión alimenticia que bajo las condiciones experimentales se obtuvieron. El resultado final permite determinar la viabilidad en términos económicos para cada tratamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CALIDAD DEL ALIMENTO

La composición nutricional completa del concentrado suministrado con base al análisis bromatológico y la valoración energética calculada para cada tratamiento se presentan en las tablas 8 y 9, respectivamente, donde la dieta que representaba el T0 (control) presentó un mayor porcentaje de nutrientes digestibles totales (NDT), seguido por T2 (cocido) y T1 (crudo) con el valor más bajo.

Tabla 8. Composición nutricional del alimento suministrado para cada dieta

Nutriente	Tratamiento		
	T0 CONTROL	T1 CRUDO	T2 COCIDO
M.S. TOTAL	89.21	89.09	89.74
PC %	21.16	22.34	23.60
EM Kcal/Kg	2888.31	2530.08	2483.19
E.E. %	4.54	3.66	4.08
FC %	2.56	2.93	4.99
CENIZA%	7.50	5.98	6.33

M.S. Materia Seca, PC. Proteína Cruda, EM. Energía Metabolizable, E.E. Extracto Etéreo, FC. Fibra Cruda. Fuente. Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 2010.

Tabla 9. Valoración energética del alimento para tres dietas experimentales

Parámetro	Tratamiento		
	T0 Control	T1 Crudo	T2 Cocido
NDT %	81.15	76.87	77.65
RN	4.43	4.28	3.69

NDT, Nutrientes digestibles totales. RN, Razón Nutritiva.

La razón nutritiva para cada tratamiento estuvo por debajo de 6, lo que significa que todas las dietas presentaron una alta calidad nutricional, pues este parámetro considera el valor digestible de los principales nutrientes necesarios para el buen rendimiento productivo de los animales.

La M.S. para los tratamientos T0, T1 y T2 presentó valores 89.21%, 89.09% y 89.74%, respectivamente, la proteína osciló entre 21.16 y 23.60%, encontrándose el mayor valor para T2, seguido de T1 con 22.34 % y el menor valor para T0; todos con valores superiores a los requeridos por los animales de la línea COBB 500 para la fase de finalización (18.03 %).

Respecto a los valores de Energía Metabolizable reportados por el análisis realizado al alimento suministrado para cada tratamiento, se encontraron valores de 2888, 2530 y

2483 Kcal/Kg para T0, T1 y T2 respectivamente, inferiores a los reportados por Rostagno (2005) en las tablas brasileñas de requerimientos para aves de desempeño medio en esta etapa productiva (3150 Kcal/Kg).

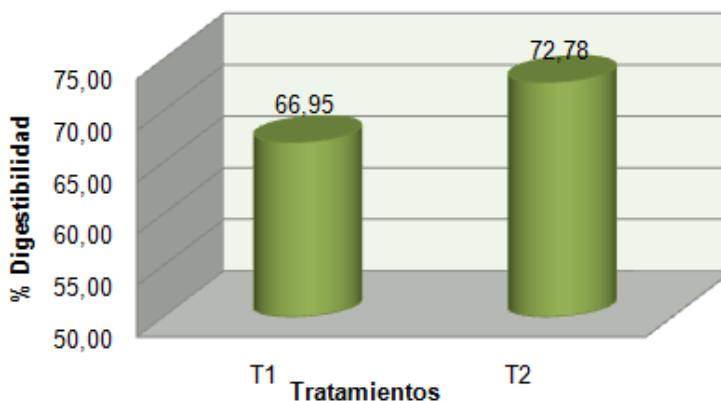
El contenido de extracto etéreo en las dietas según dos experimentos consecutivos realizados para evaluar el efecto de la incorporación de aceite vegetal (0%, 3%, 6% y 9%) sobre el rendimiento productivo de pollos de engorde, promueve el crecimiento y mejora la utilización del alimento por parte de los animales (Pérez, Gutiérrez y Gafaran, 1974). Sin embargo, NRC (1994) indica que los niveles máximos de grasa necesarios para el normal desarrollo productivo de los pollos esta alrededor del 5 %, valor límite que coincide con el porcentaje de extracto etéreo contenido en el alimento correspondiente a los diferentes tratamientos, teniendo 4.54 % para T0 (control) como el tratamiento de mayor aporte de grasa, T1 (crudo) con 3.66 % y T2 (cocido) 4.08 %.

En relación al contenido de fibra cruda del alimento suministrado en las dietas, el tratamiento de mayor aporte fue el que contenía grano de Caupí cocido (T2) con 4.99 %, seguido del grano de Caupí crudo (T1) con 2.93 % y finalmente el valor más bajo fue la dieta control (T0) con 2.56 %. Los tres tratamientos presentaron un contenido de fibra cruda menor a los límites máximos de inclusión en dietas comerciales para pollos de engorde en etapa de finalización equivalente al 5 %; presentándose un comportamiento similar en el aporte de minerales; donde se obtuvieron valores de 7.50 %, 5.98 % y 6.33 % para T0, T1 y T2; respectivamente, menores al 8 % reportado por las casas comerciales de alimentos balanceados (SOLLA, 2011).

3.2 DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE

3.2.1 Digestibilidad del Caupí. Mediante el Análisis de Varianza ($P = 0,05$) no se encontraron diferencias estadísticas, corroboradas mediante la prueba de Duncan, la cual indicó que entre T1 (crudo) y T2 (cocido) no existen diferencias significativas, con valores de 66.95 % y 72.78 % de digestibilidad respectivamente (Ver figura 6).

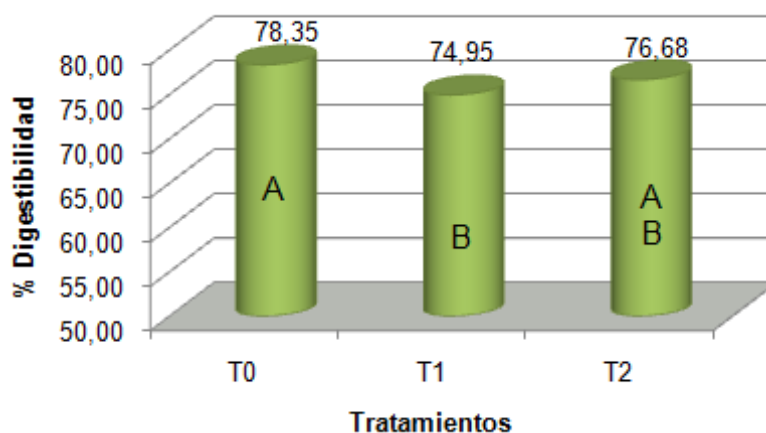
Figura 6. Digestibilidad del Caupí



Según Belmar (1998) y CIAT (2004), el grano de Caupí alcanza entre un 55-65% de digestibilidad valor que se encuentra por debajo de los obtenidos en la presente investigación tanto para T1 (66.95%) como para T2 (72.78%), contrastando con los reportes de autores anteriormente referenciados recalando la influencia del tratamiento térmico sobre el incremento de la digestibilidad del material en estudio. Por lo que se logran buenos niveles de digestibilidad sin la utilización de un tratamiento térmico mínimo de 5 minutos.

3.2.2 Digestibilidad de la mezcla. El Análisis de Varianza ($P = 0,05$) mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos; mediante la prueba de Duncan se encontró que entre T0 (control) y T1 (crudo) existen diferencias significativas, mientras que entre T0 y T2 no, al igual que para T1 comparado con T2 (Ver figura 7). Aguirre (2009), para su investigación sobre digestibilidad fecal e ileal en ratas alimentadas con diferentes niveles de inclusión del grano de Caupí (0, 33, 67 y 100%), determinó que a medida que este aumenta en la dieta, igual ocurre con los porcentajes de materia seca digerida (83, 85, 86 y 86%, respectivamente). Siendo superiores a los hallados en el presente trabajo con 78.35, 74.95 y 76.68% para T0, T1 y T2.

Figura 7. Digestibilidad de la mezcla



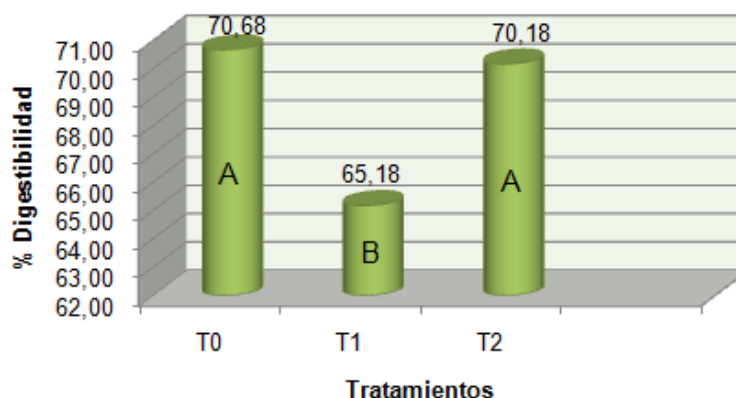
Por otro lado Torres, (2009) en su estudio de digestibilidad in vitro prececal y cecal de diferentes leguminosas tropicales para la nutrición en monogástricos estimó que las mejores digestibilidades de la MS y MO (62 - 69%) en Vignas estaban asociadas a bajos niveles de fibra dietética, coincidiendo con los reportados por León *et al.*, (1990) con inclusiones del 100 - 50% en dietas para aves. Así mismo, Echeverría (2005) en una dieta para cerdos que incluían 0, 15 y 30% de Caupí crudo alcanzo 87.70, 86.36 y 89%, respectivamente, para la digestibilidad de materia seca. Valores de digestibilidad fecal aparente promedio de 88 %, 79 %, 68 % y 56 % para 0 %, 33 %, 67 % y 100 % de inclusión de Caupí crudo en alimentación de ratas como modelo de nutrición en monogástricos, fue publicado por Aguirre, 2009. Lo que muestra un valor superior al incluir 33 % de Caupí en la dieta, respecto a la digestibilidad de 74.95 % y 76.68 % encontrada en la presente investigación para T1 y T2, respectivamente.

Cabe anotar que aunque la inclusión de leguminosas en forma cruda en dietas para monogástricos, incide negativamente en la digestibilidad de la materia seca; los resultados del presente trabajo muestran un comportamiento diferente y coinciden con lo reportado por Díaz *et al.*, (2001) para cuatro variedades de Vigna (75.4 -76.7%).

3.2.3 Digestibilidad de la proteína cruda. De la cantidad de proteína ingerida por los animales, de acuerdo al análisis de varianza realizado ($P = 0,05$), se hallaron diferencias estadísticas en la proporción del nutriente digerido, lo que significa que por lo menos uno de los tres tratamientos evaluados tuvo un comportamiento diferente respecto a los demás.

Para identificar las diferencias encontradas entre los tratamientos en la digestibilidad de la proteína cruda, se realizó la prueba de Duncan, en donde se observan 2 grupos de semejanza estadística; el primero lo conforman los tratamientos Control (T0) y grano de Caupí cocido (T2) los cuales fueron estadísticamente similares con 70.68 % y 70.18 %, respectivamente, mientras que en el segundo grupo está el tratamiento de grano de Caupí crudo (T1) que presentó el porcentaje de digestibilidad más bajo con 65.18 %, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Digestibilidad de la proteína cruda para la etapa de finalización



Digestibilidad fecal aparente de N de Caupí crudo de 81 y 77 % fueron reportados en aves alimentadas con 50 y 100% de sustitución de la proteína de la dieta (León *et al.*, 1993). Cárdenas *et al.*, (2000) encontraron valores promedio inferiores para digestibilidad fecal aparente de N del 69% de 4 variedades mejoradas de frijol con tratamiento de cocción mientras que en pruebas in vitro se encontró 47 % de digestibilidad del N de la leguminosa sola y que bajo un tratamiento térmico de 5 minutos del grano de Caupí y con un nivel de inclusión del 50 % se alcanzaba 83 % de digestibilidad fecal aparente de la proteína de la dieta para ratas (Aguirre, 2009).

Hughes *et al.*, (1996) encontraron digestibilidades in vitro para dos variedades de *Phaseolus vulgaris* blanco y negro con tratamiento térmico (cocción por 20 min) de 76 y

68% rangos dentro de los cuales se ubican los resultados del presente trabajo; contrario a lo que se reporta en otro trabajo con harina integral de *Vigna unguiculata* (variedad BR 14-mulato) donde se halló una digestibilidad *in vitro* de la proteína del 57% (Shoshima *et al.*, 2005, citados por Aguirre, 2009).

Echeverría *et al.*, (2005) reportó que con un nivel de inclusión del 30% de Caupí crudo en reemplazo de torta de soya en dietas para cerdos en crecimiento se presenta una digestibilidad fecal del N del 86%; valor muy similar al 85% reportado por Aguirre (2009) en un nivel de inclusión del 50% de Caupí crudo. Ambos autores muestran resultados de digestibilidad superiores al encontrado en el presente trabajo (65.18 %).

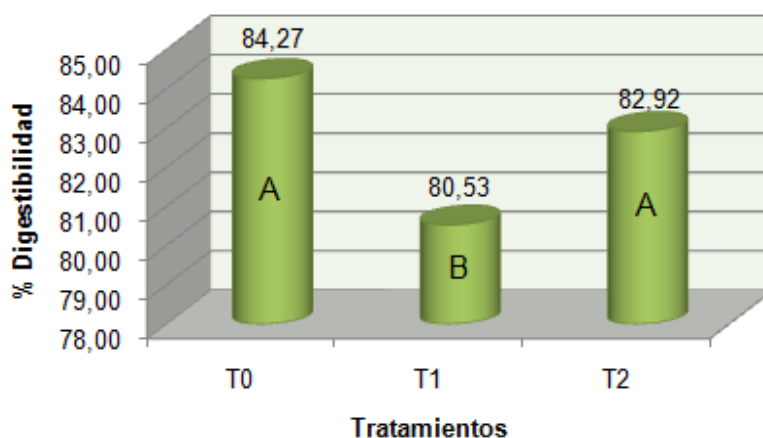
Uno de los efectos sobre el bajo nivel de digestibilidad de proteína encontrado en el tratamiento de Caupí crudo, pudo ser causado por la presencia de inhibidores de tripsina en las leguminosas cuya concentración según Castro *et al.*, (2001) varía desde 1.28 a 14.6 TIU/mg. La presencia de estos en las dietas conlleva a una disminución en la digestibilidad de la MS, N y aminoácidos (Gómez, 2006 citado por Aguirre, 2009) y aumentando las pérdidas de N endógeno al incrementar las secreciones pancreáticas (Leterme., 2002; Maia *et al.*, 2000). O pudo deberse a la estructura de la proteína que sea resistente a determinados ataques enzimáticos, como a la presencia de factores antinutricionales (como los taninos) que la atrapan, acomplejen e impidan su máxima degradación (Liener, 1989, citado por Aguirre, 2001).

Otra posible explicación a los resultados encontrados es que el tratamiento térmico de 5 minutos aplicado en la cocción del grano de Caupí posiblemente provocó la desnaturalización de las proteínas, principalmente a las albúminas, sin afectar las globulinas. Esta desnaturalización incrementa la accesibilidad de las enzimas a dichas proteínas y facilita su digestibilidad. (Enwere *et al.*, 1998, citado por Granito *et al.*, 2004). Además el tratamiento térmico adecuado produce inactivación de los inhibidores de tripsina y lectinas (Maia, *et al.*, 2000).

3.2.4 Digestibilidad de la energía metabolizable. Considerando el análisis de varianza utilizado para esta variable con un nivel de significancia $\alpha= 0.05$, se aprecian diferencias estadísticas entre los tratamientos. Mediante la prueba de rango múltiple Duncan, se pudo establecer que los tratamientos T0 y T2 son similares, pero que existen diferencias significativas de estos respecto al tratamiento T1, el cual obtuvo la menor digestibilidad (80.53 %).

Valores de 88, 89, 88 y 87 % para la digestibilidad fecal de la Energía fueron conseguidos por Aguirre (2009) bajo cuatro tratamientos de inclusión (0, 33, 66 y 100%) de grano de Caupí crudo en ratas. Resultados similares fueron encontrados por Echeverría *et al.*, (2005) al evaluar 0, 15 y 30% de inclusión de Caupí en alimentación de cerdos (87.70, 85.46 y 88.13 % respectivamente). En tanto que ninguno de los tratamientos evaluados en el presente estudio alcanzaron niveles similares. Los resultados obtenidos en el análisis de esta variable se representan gráficamente en la figura 9.

Figura 9. Digestibilidad de la Energía metabolizable para la etapa de finalización



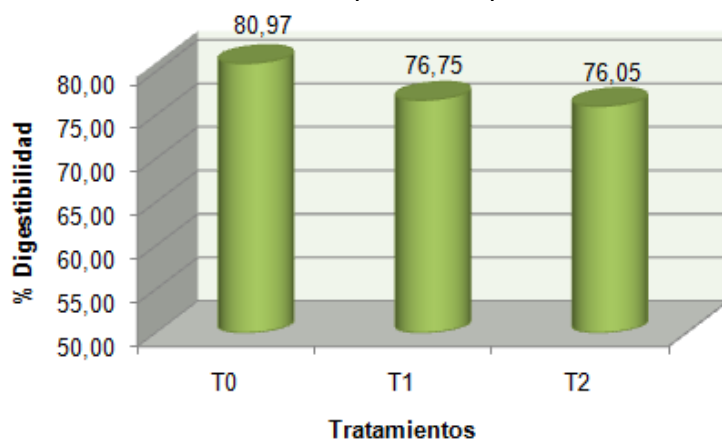
Cuando se analizó la inclusión de manano oligosacáridos más un cultivo de levaduras y/o un microorganismo vivo en dietas para pollos se encontraron 78.38, 79.64, 83.14 y 78.31% de digestibilidad ileal de la energía y presentándose un incremento promedio del 6% en la utilización digestiva de la materia seca, cenizas y energía respecto al tratamiento control (Gómez, *et al.*, 2007).

El valor de utilización digestiva y metabólica de la energía probablemente se ve afectado, al igual que otras variables, por la presencia de taninos en la dieta, que contenía grano de Caupí crudo (T1); lo cual sugiere una posible formación de complejos tanino – grasas, así como sucede con proteínas y carbohidratos; incrementando el gasto metabólico de energía debido a una mayor excreción del nitrógeno que no ha sido metabolizado (D' Alessandro, *et al.*, 1997).

3.2.5 Digestibilidad del extracto etéreo. En los tratamientos evaluados no se encontraron diferencias significativas que bajo un análisis de varianza ($P = 0,05$) permitieran determinar la variabilidad de uno u otro tratamiento. En la figura 10 se muestra el comportamiento de cada uno de ellos frente a la digestibilidad del extracto etéreo.

En aves la digestibilidad de nutrientes aumenta con la edad, explicado esto en la baja concentración de enzimas digestivas. Así, la grasa es el nutriente cuya digestibilidad se ve más afectado por este factor, especialmente en el caso de grasas saturadas incorporadas a dietas basadas en cereales viscosos (Vieira y Moran, 1999 citados por Mateos *et al.*, 2002). Esta afirmación coincide al comparar el presente trabajo con los resultados de una investigación sobre la Influencia de la edad en la digestibilidad fecal aparente de extracto etéreo de una dieta con un 5,5 % de aceite de soya en machitos New Hampshire x Columbian, reportando 58 % y 73 % para 4 y 21 días de edad, respectivamente; valores inferiores a los obtenidos por los tratamientos control, crudo y cocido (80.97%, 76.75% y 76.05%, respectivamente) del presente estudio (Batal y Parsons, 2002, citados por Mateos, *et al.*, 2002).

Figura 10. Digestibilidad del extracto etéreo para la etapa de finalización



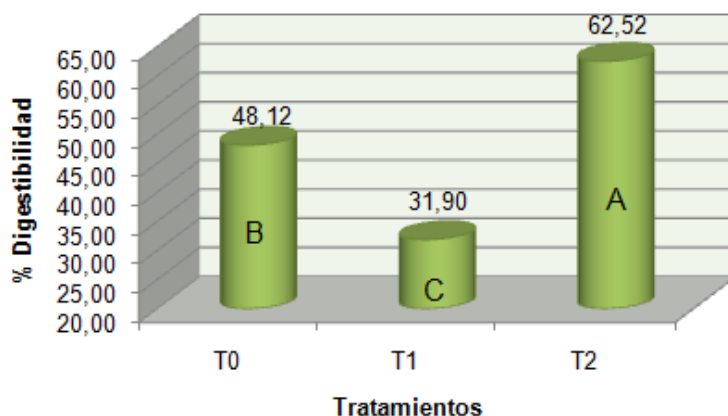
Al analizar la influencia de la edad sobre la digestibilidad fecal aparente del extracto etéreo de una dieta de cebada - soya con 6 % de grasa añadida y otra a base de maíz-soya con 2,7 % de grasa añadida, se encontraron valores de 63.4 % y 60,1 %, respectivamente, en broilers de 4 días de edad; y 78,9 % y 78.1 % para pollos de 21 días de nacidos (Gracia *et al.*, 2002 citado por Mateos *et al.*, 2002). En este sentido se esperaría que los resultados para la presente investigación fueran iguales o superiores, considerando que la evaluación se realizó en aves de mayor edad y solo el tratamiento control alcanzó una mayor digestibilidad (80.97 %). Además, la digestibilidad de los lípidos en pollitos está alrededor del 69% en el caso de las grasas saturadas y en torno al 80% en grasas poliinsaturadas (Lilburn, 1998, citado por Mateos, *et al.*, 2002).

3.2.6 Digestibilidad de la fibra cruda. Al realizar el análisis de varianza ($P=0,05$) de la digestibilidad de la fibra cruda del grano de Caupí indicó diferencias altamente significativas ($F \leq 0.001$) entre los tratamientos. Para determinar las diferencias encontradas entre los tres tratamientos, se realizó la prueba Duncan, la cual mostró que todos los tratamientos produjeron resultados estadísticos completamente diferentes; el T2 (cocido) fue el de mayor digestibilidad de la fibra, seguido por T0 (control) y T1 (crudo) con 62.52 %, 48.12 % y 31.90 %, respectivamente. Para apreciar gráficamente este comportamiento se presenta la figura 11.

En un ensayo realizado en cerdos se evaluó la digestibilidad del follaje de Caupí, reemplazando 0, 15 y 30% de la proteína de la dieta, obteniéndose 63, 72 y 63.4% de digestibilidad de FDN y 43.3, 45.3 y 56.1% para FDA, sin reporte de diferencias significativas entre los tratamientos (Sarria, 2010).

Por otra parte, en un trabajo similar en el que se analizaron tres niveles de inclusión de frijol Caupí en dietas para cerdos se hallaron valores de digestibilidad para la fibra cruda de 58.73, 55.80 y 67.63% correspondientes a 0, 15 y 30% de inclusión. Para esta variable no existen trabajos de investigación con pollos de engorde que permitan una comparación clara con el presente trabajo.

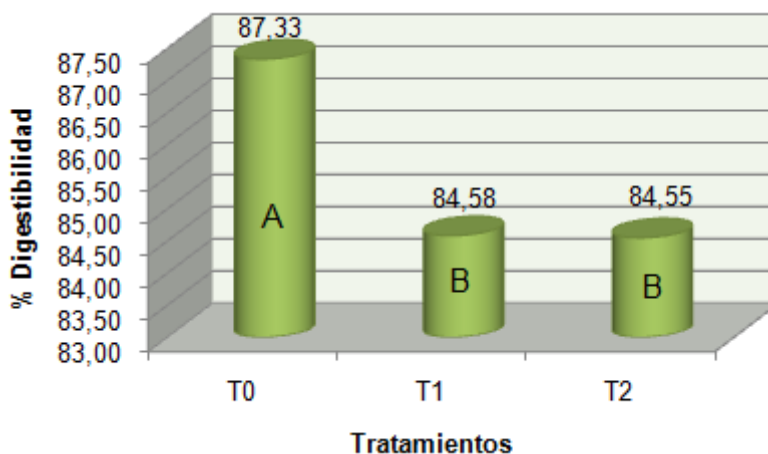
Figura 11. Digestibilidad de la Fibra cruda para la etapa de finalización



3.2.7 Digestibilidad del extracto no nitrogenado. Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ($P=0,05$) presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, por lo que se presume que uno o dos de ellos tomaron valores diferentes respecto a los demás.

Con el fin de evidenciar esta información, los resultados fueron analizados mediante la prueba de rango múltiple Duncan, se pudo determinar que el T0 (control) presentó el mayor valor de digestibilidad con 87.33 %, comportándose diferente a T1 (crudo) y T2 (cocido), quienes a su vez mostraron ser similares estadísticamente entre sí, con valores de 84.58 y 84.55%, respectivamente y superiores a los encontrados por Torres (2009) en una prueba de digestibilidad prececal *in vitro* con harina de grano crudo para Vigna rosada (70%) y Vigna blanca (64%), considerando la digestibilidad del almidón como la principal fuente de energía en los granos de leguminosas. En la figura 12 se muestra la representación gráfica de los resultados obtenidos.

Figura 12. Digestibilidad del Extracto no nitrogenado para la etapa de finalización



Torres (2009) expone que los complejos almidón-proteínas; almidón-lípidos, hacen que este sea más lentamente digerido; además el almidón crudo del Caupí puede contener entre el 8 y 22% de almidón resistente y considera que altos contenidos de fibra dietética pueden ser un factor intrínseco para el aprovechamiento del almidón. Así mismo estableció que la digestibilidad del almidón en las Vignas rosada y blanca fue igual cuando fueron sometidas a ebullición durante 5min o autoclavados por 20 min, pero diferentes de V roja; atribuyendo menor digestibilidad de la MO y del almidón a la coloración de la testa.

Al evaluar la digestibilidad fecal del almidón en trigo molido, esta aumentó de 85,8% a 96,5% desde la tercera semana a la séptima semana de edad. (Rogel, *et al.*, 1987, citados por Mateos, 2002).

En otros resultados publicados por Gracia, *et al.*, (2003) en pollos de 21 días de edad alimentados con dietas a base de maíz-soya y cebada-soya, indican digestibilidades aparentes de 97.2 %, superiores a las obtenidas en el presente trabajo.

Un factor asociado a la digestión de los carbohidratos e incremento del porcentaje de almidón resistente puede deberse a un alto contenido de polifenoles, capaces de inhibir o de presentar un efecto negativo en la actividad amilolítica (Bravo, *et al.*, 1998, citados por Torres, 2009).

Una interpretación de los resultados obtenidos, considerando que la inclusión de leguminosas en los tratamientos T1 y T2 mostraron menores porcentajes de digestibilidad, posiblemente radica en que estas poseen entre 19 a 28% de almidón resistente, el cual escapa a la digestión y absorción en el intestino delgado y entra en el intestino grueso, donde puede fermentarse y producir ácidos grasos volátiles, que a su vez reducirán el pH intestinal y beneficiarán la salud del intestino grueso (Weurding, 2002 citado por Mateos, 2002).

Aunque tratamientos térmicos benefician la degradación de amilosa presente en las leguminosas e incrementa la posibilidad de utilización digestiva del almidón (Noah *et al.*, 1998 citado por Torres, 2009) los resultados obtenidos para T2 (cocido) y T1 (crudo) difieren de dicha referencia.

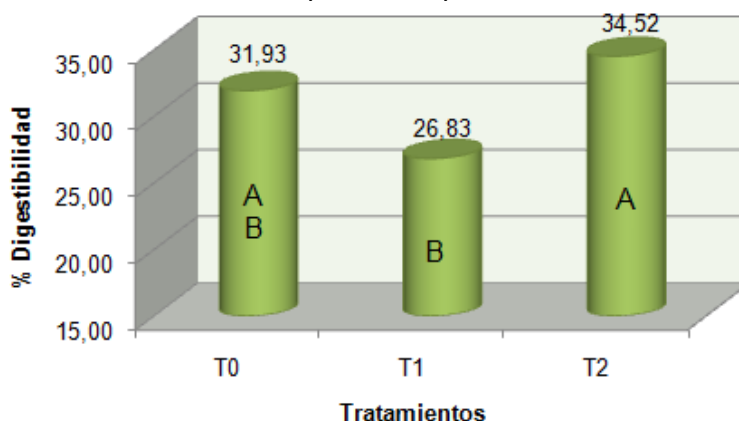
3.2.8 Digestibilidad de las cenizas. En el análisis de varianza realizado ($P=0,05$) para la digestibilidad de las cenizas se encontró que los resultados obtenidos a partir de los tratamientos en evaluación eran significativamente diferentes.

Con la prueba Duncan, se logró establecer que el T2 (cocido) fue el de mayor aprovechamiento de minerales (34.52 %) exhibiendo similitud estadística con T0 (control), el cual tampoco mostro divergencias frente a T1 (crudo), pero que si se presentaron entre

T2 y T1. El tratamiento control tuvo una digestibilidad del 31.93 % y el de grano de Caupí crudo del 26.83 %; siendo esta la variable de digestibilidad que presentó los niveles más bajos.

Los resultados obtenidos en el análisis de esta variable se representan gráficamente en la figura 13.

Figura 13. Digestibilidad de las cenizas para la etapa de finalización



Los valores de digestibilidad de las cenizas arrojados por la presente investigación son notablemente inferiores a los alcanzados por Gómez *et al.*, (2007) en una dieta experimental compuesta por materias primas comerciales utilizada como tratamiento control (68.83%) en la evaluación de digestibilidad ileal y retención de nutrientes en pollos de engorda alimentados con mananoligosacáridos más un cultivo de levaduras y/o un microorganismo vivo.

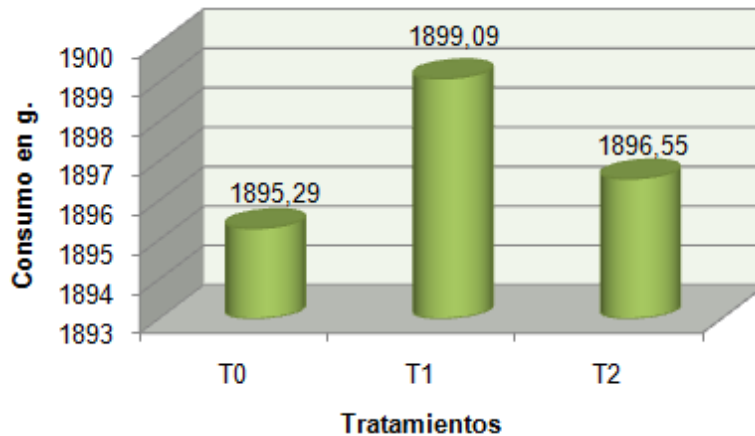
El resultado de la digestión de minerales según lo muestran Sohail y Roland (1999), es atribuido a la interacción de ellos con compuestos indigestibles por los monogástricos como el ácido fitico (presente en las semillas de leguminosas) que tiene la capacidad de formar una amplia variedad de sales como el fitato, el cual se puede combinar con metales (Zn, Cu, Co, Mn, Fe y Mg) para formar complejos insolubles, precipitándolos en el intestino y disminuyendo la biodisponibilidad de algunos de estos minerales para su absorción intestinal. La formación de fosfatos insolubles también hace que el calcio y el fósforo no sean disponibles (Rebollar, 2002).

3.3 RENDIMIENTO PRODUCTIVO

El análisis de los parámetros zootécnicos evaluados, se realizó teniendo en cuenta las condiciones experimentales y de manejo en jaulas metabólicas, que permitieron conseguir los objetivos de la presente investigación.

3.3.1 Consumo por pollo etapa finalización. El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas ($P = 0,05$) entre los tres tratamientos, infiriendo que el consumo en esta etapa fue similar para T0 (control), T1 (crudo) y T2 (cocido) como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Consumo de alimento en etapa de finalización



Al analizar el consumo presentado con el encontrado por Acosta y Quiñones (2008) quienes manejaron *Vigna unguiculata* en cuatro niveles de inclusión, que para efectos de este trabajo interesan el 25 y 35%, obtuvieron 2016 y 1971g respectivamente, superior a las cantidades del presente trabajo, pero se encuentra en el consumo promedio estimado para esta etapa.

Lon-Wo *et al.*, (2001) establecieron el consumo de alimento al día 42 con una inclusión de 10%, 15% y 20% de harina de frijol Caupí de 3.46 Kg, 3.39 Kg y 3.44 Kg respectivamente, llegando a recomendar la inclusión de 20% de harina de Caupí en la formulación de dietas para pollos de engorde. Al igual que 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 Caupí en la dieta, aumenta su consumo. Resultados que a su vez muestran similitud proporcional a la etapa de finalización evaluada en el presente trabajo.

Al evaluar la inclusión de frijol Caupí 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 ende mejores parámetros productivos (León, Angulo y Madrigal, 1993), coincidiendo con la buena aceptación al alimento ofrecido en pellets del presente estudio.

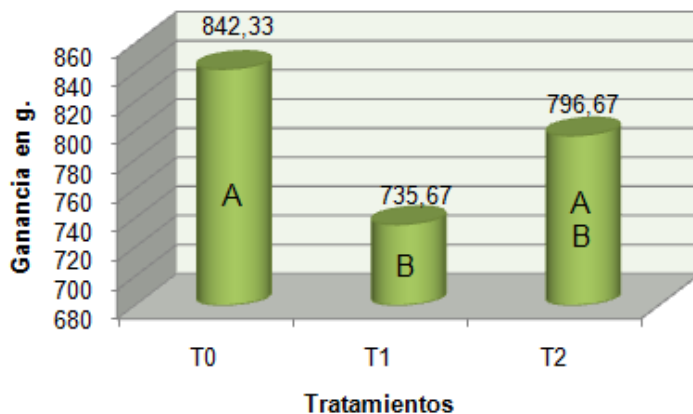
El consumo completo de las raciones suministradas podría explicarse según lo expuesto por Alpizar *et al.*, (1991) quienes afirman que cuando las aves reciben dietas bajas en EM, pueden compensar la energía faltante aumentando hasta en un 30 % el consumo de alimento, provocando a su vez un desbalance en la relación de los demás nutrientes, ya que también se modifica la cantidad ingerida de ellos.

El 30% de grano de Caupí incluido en las dietas (crudo y cocido), posiblemente influyo en un mayor consumo para estos dos tratamientos, aunque sin diferencias significativas, lo que permite inferir una buena palatabilidad que el grano de esta leguminosa (CIAT, 2004).

3.3.2 Ganancia de peso etapa finalización. Los resultados obtenidos para esta variable indicaron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,05$) entre los tratamientos T0 (control), T1 (crudo) y T2 (cocido), es decir que al menos uno de ellos mostró un comportamiento variable respecto a los demás.

Según la prueba del rango múltiple de Duncan se observó que la ganancia de peso para el tratamiento T0 (control) fue el de mejor comportamiento ya que gana 45.66 g. más que T1 (crudo) y 106.66 g más que T2, en tanto que entre los tratamientos con grano de Caupí T2 gana 62 g más que T1 y no se presentaron diferencias estadísticas (Figura 15).

Figura 15. Ganancia de peso acumulada para la etapa finalización



Al analizar la inclusión de Caupí 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.

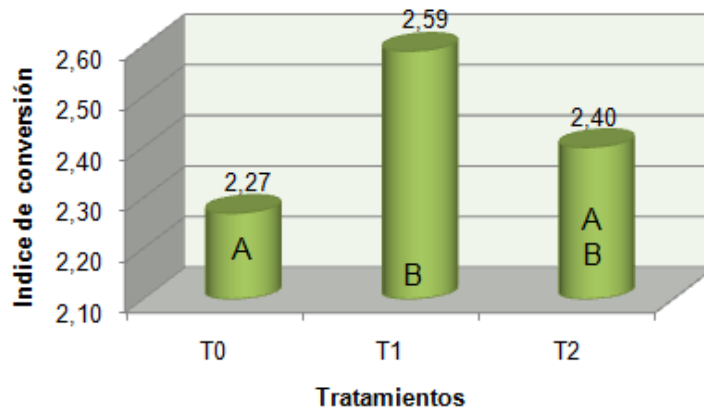
Estos resultados muestran que tanto T1 como T2, son idénticos contrario a lo que sucede entre T0 y T1 donde se presentó una diferencia que se puede atribuir al efecto de omitir

un tratamiento térmico a T2, para reducir el efecto antinutricional ejercido por diferentes factores como compuestos fenólicos, inhibidores de proteasas y lectinas que influyen sobre el aprovechamiento digestivo de la proteína, esencial en la formación de tejido muscular. Por lo que el resultado de ganancia de peso obtenida por el T1 fue el menor.

No obstante, los resultados de ganancia de peso para finalización son superiores para todos los tratamientos a los reportados por Acosta y Quiñones (2008) quienes encontraron ganancias de 567 g y 690 g para 25 % y 35 % de Caupí, respectivamente.

3.3.3 Conversión alimenticia. Al realizar ANAVA, se aprecian diferencias estadísticas ($P=0,05$) entre los tratamientos, para evidenciar dichas diferencias, se hizo la prueba de Duncan observándose la formación de dos grupos con similitud estadística uno conformado por T0 y T3 y el segundo por T1 y T2, así entonces, T0 presentó la mejor C.A, con 2.27, seguido de T2 con (2.4) y T1 (2.59), como se observa en la figura 16.

Figura 16. Conversión Alimenticia para la etapa de finalización



Las conversiones encontradas en esta investigación son mayores a los óptimos reportados por FENAVI (2011) de 1.78 para dietas comerciales y manejo convencional, pero referente a dietas no convencionales y en especial a utilización de Caupí, son menores a las reportadas por Acosta y Quiñones (2008) en etapa finalización con dietas en niveles de sustitución de Caupí crudo (0 %, 15 %, 25 % y 35 %); al igual que Aguirre (2009), en una evaluación de diferentes presentaciones de grano de *Vigna unguiculata* en ratas, y semejante a lo reportado por Jabib, Barrios y Vega (2002) en dietas de 0%, 10% crudo; 10% cocido, 20% crudo y 20% cocido de frijol Caupí.

Un valor ostensiblemente menor, con referencia al tratamiento control, se reportó en un trabajo de evaluación de rendimiento entre las líneas Cobb 500 y Ross 308 (Rosero y Guzmán, 2009), donde los machos de la línea Ross 308 en etapa finalización y alimentados con un alimento comercial presentaron una conversión de 1.92; 0.35 puntos menos que el factor de conversión alcanzado en el presente estudio.

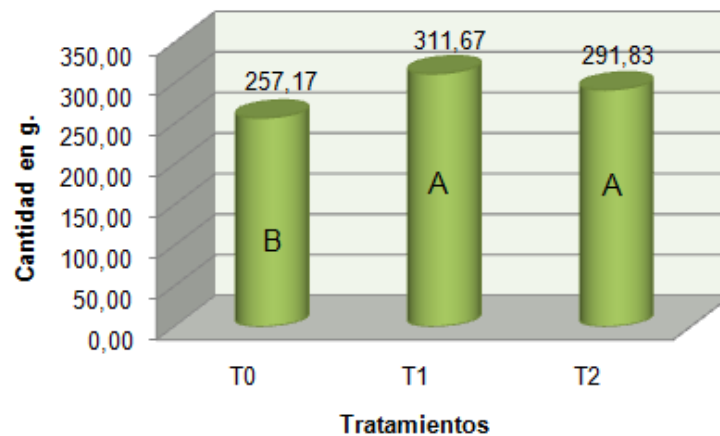
Una posible causa indirecta sobre los resultados de esta variable es el bajo aporte energético en las dietas, influyente en la ganancia de peso de las aves, variable directamente implicada en el cálculo de la conversión alimenticia. Como ya es reiteradamente confirmado por los anteriores autores; el contenido de factores antinutricionales como compuestos fenólicos en algunas leguminosas, en este caso *Vigna unguiculata*, disminuyen la ingestión de alimento, la biodisponibilidad de aminoácidos y aumentan la excreción fecal de nitrógeno (Ramos *et al.*, 1998 citado por Torres, 2009).

3.4 HECES RECOLECTADAS

Los resultados obtenidos en cuanto a la cantidad y calidad de las heces se expresan a continuación:

3.4.1 Cantidad de heces. Los resultados obtenidos para esta variable indicaron diferencias estadísticamente significativas ($P=0,05$) entre los tratamientos T0 (control), T1 (crudo) y T2 (cocido), es decir que al menos uno de ellos mostró un comportamiento variable respecto a los demás. Con la prueba del rango múltiple de Duncan, se logró establecer que entre el tratamiento T0 (control) y T1 (crudo) existen diferencias estadísticas, al igual que entre T0 y T2 (cocido). Pero entre T1 y T2 no existen diferencias estadísticas (figura 17).

Figura 17. Cantidad de heces recolectadas y pesadas por pollo



Tobia y Vargas (2000) estimaron una cantidad de 1.28 Kg/ave/ciclo, teniendo en cuenta el tiempo durante el cual se recolectaron las heces del presente trabajo los valores encontrados no se alejan del valor reportado.

Anon (2000) señaló que un pollo de ceba, produce de 0.2 a 0.3 Kg de MS de excreta por cada kilo de alimento consumido, lo que significa un volumen total de 0.7 a 0.8 Kg de MS

por pollo cebado, los cuales guardan similitud proporcional al periodo de evaluación durante el cual se realizó la recolección de heces para esta investigación siendo 257.17g, 311.67g y 291.83g para T0, T1 y T2, respectivamente. Estos resultados muestran que la inclusión de harina de grano de Caupí sin discriminar su presentación (crudo o cocido), no inciden en un incremento en la cantidad de heces excretadas respecto a cantidades estimadas por los autores antes mencionados. Por el contrario, se observa que el tratamiento con inclusión de Caupí crudo puede presentar un aumento significativo en la producción de heces al compararlo con la cantidad de heces excretadas por pollos alimentados con alimentos balanceados a base de materias primas convencionales. Una posible explicación a estos resultados se sustenta en la velocidad de tránsito intestinal que pueda generar la inclusión de grano de Caupí crudo considerando el aporte de fibra a la dieta.

Por otra parte, Ensminger (1992) informó que las aves confinadas producen 4.5 toneladas de excretas por cada 1000 libras de peso vivo.

3.4.2 Calidad de heces. El resultado de los análisis realizados a las muestras de cada tratamiento se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Composición bromatológica de las heces

Composición	Tratamiento		
	T0 Control	T1 Crudo	T2 Cocido
M.S. TOTAL	16.33	17.14	17.18
PC %	28.71	31.09	30
E.B. Kcal/Kg	3223.34	3395.22	3130.13
E.E. %	4	3.39	4.17
FC %	6.12	7.98	7.98
CENIZA%	23.62	17.51	17.68

M.S. Materia Seca, PC. Proteína Cruda, E.B. Energía Bruta, E.E. Extracto Etéreo, FC. Fibra Cruda.

El análisis químico realizado a las heces recolectadas durante el periodo de evaluación permitió conocer su composición bromatológica. El contenido de materia seca en las heces de cada tratamiento fue similar entre sí, para T0 (control) 16.33 %, 17.14 % para T1 (crudo) y 17.18 % en T2 (cocido); estos resultados pueden atribuirse al manejo homogéneo que durante este periodo se les dio a las aves, pues no hubo incidencia considerable de enfermedades intestinales que ocasionaran diarreas. El suministro de agua fue a voluntad y de forma constante, coincidiendo con lo reportado por Armas *et al.*, (1974) para pollos de engorde en baterías de 12.85% de humedad, 28.94% de proteína, 9.54% fibra, 2.76% grasa, 37.05 ENN, 6.81% Ca y 2.05% de P.

Por otra parte, el contenido de proteína en las heces fue ligeramente inferior a la publicada por Tobia y Vargas (2000) quienes encontraron valores de 32.9 para densidades menores o iguales a 12.5 pollos/m² y 34.2% para mayores a 12.5 pollos/m²; 83.5 y 84.6% en MS; 4.7% en E.E; 14.1 y 14.9% de ceniza; y 36.9y 34.4% en FDN.

Las referencias anteriores, así como los resultados encontrados en el presente trabajo en cuanto a calidad de heces, contrastan con Tejada (1992) quien en un análisis bromatológico realizado en base seca a este tipo de materiales encontró valores de 92% M.S; 16% P.C; 15.1% Minerales; Ca 2.90%; P 1.81%.

Méndez *et al.*, (2004) refiere que el contenido de lípidos según el tipo de cama empleada en los galpones para pollos varía entre 1 y 6,5%, rango dentro del cual se posicionan los resultados del análisis realizado a la heces del actual estudio. Mientras que el de fibra oscila entre 10,6 y 19,8% (NRC, 1983), superior al que se encontró en esta investigación.

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Mediante la metodología planteada y tomando como base el costo/Kg de alimento producido para cada tratamiento, se determinó que el costo de producir un kilogramo de carne para el tratamiento T0 (\$ 3,277) fue menor en \$ 323 y \$ 137 moneda corriente, al tratamiento T1 (\$ 3,600) y T2 (\$ 3,414) respectivamente (Tabla 11). Aunque económicamente sea más viable producir un Kg de alimento para la etapa finalización utilizando grano de Caupí que sin reemplazo de la torta de soya, el incremento en el costo de producción de un Kg de carne de pollo se explica en la mayor conversión alimenticia que los tratamientos que incluían 30% de harina de grano de Caupí (T1 y T2) presentaron; coincidiendo con \$ 2.869 que incurre producir un Kg de carne al incluir 25 % de frijol Caupí en dietas para pollos de engorde (Acosta y Quiñones, 2008).

Tabla 11. Costo de producir un kilogramo de peso vivo con las dietas experimentales

Tratamiento	Valor Kg de la dieta	Conversión alimenticia	Costo para producir 1 kg de peso vivo
0	\$ 1,119	2.27	\$ 3,277
1	\$ 1,080	2.59	\$ 3,600
2	\$ 1,073	2.4	\$ 3,414

4. CONCLUSIONES

Los coeficientes de digestibilidad del grano de Caupí fueron similares tanto para crudo como cocido (66.95 y 72.78 %, respectivamente), lográndose establecer que la digestibilidad fecal aparente de los nutrientes en general fue superior para T0 (control) respecto a T1 (crudo) a excepción de la digestibilidad del extracto etéreo, donde existió un comportamiento similar entre los tres tratamientos en estudio. Un comportamiento particular mostró la utilidad digestiva de las cenizas y de la fibra cruda, las cuales presentaron los mejores resultados en el T2 (cocido) con valores de 34.52 % y 65.52 %, respectivamente; variando en cada caso la composición de las heces

Se encontró que la mayor excreción de heces por pollo la presentó el tratamiento con inclusión de grano de Caupí crudo (311,67 g) y la menor el tratamiento control (257.17 g), indicando una posible mayor velocidad de tránsito del alimento que contenía frijol Caupí, provocando un menor aprovechamiento digestivo de los nutrientes.

Se determinó que ninguno de los tratamientos evaluados, bajo condiciones experimentales de jaulas metabólicas, causó efecto diferente sobre el consumo promedio en etapa finalización. Además el bajo aporte de energía en las dietas y la palatabilidad del Caupí (*Vigna unguiculata*) influyeron en el completo consumo del alimento suministrado.

El análisis económico dio a conocer que producir un kilogramo de carne de pollo alimentado con T0 (control) tiene un costo de \$ 3.277 y que incluir 30 % de frijol Caupí en dietas para etapa finalización, incrementa este indicador en \$323 y \$137 para T1 (crudo) y T2 (cocido), respectivamente; influenciado por las variables de rendimiento productivo ganancia de peso (735.67 g para T1 y 769.67 g para T2), y conversión alimenticia (2.59 para T1 y 2.4 para T2).

5. RECOMENDACIONES

Conviene realizar evaluaciones en la morfología duodenal para determinar la influencia de la inclusión de harina de grano de Caupí en dietas para aves sobre la profundidad de las criptas de liberkuhn y la altura de las vellosidades intestinales.

Con el fin de obtener información precisa, es pertinente realizar un análisis más detallado de calidad de la fibra mediante Vant soest que permita cuantificar su digestibilidad en la etapa de finalización, de manera completa como parámetro limitante en la nutrición de aves.

Para futuras investigaciones sería de relevante importancia realizar formulaciones con diferentes niveles de incorporación y tratamientos del frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) que permita alcanzar un beneficio económico en la producción avícola; además de evaluar el efecto sobre la digestibilidad del alimento y de la leguminosa, usando metodologías diferentes a la sustitución peso a peso y con previo análisis proximal de las materias primas utilizadas para las dietas experimentales, de tal manera que garanticen el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de los pollos.

Sería interesante para posteriores trabajos, evaluar la harina de grano de Caupí en línea de producción avícola para aves de postura, considerando que su ciclo productivo es de mayor duración respecto a la producción de pollo de engorde, y los resultados pueden significar un gran aporte en la sustitución de las materias primas convencionales empleadas en la nutrición animal.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA CIFUENTES Jaime y QUIÑONES Christian. Evaluación De La Inclusión De Caupí (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. Trabajo de grado (Ing. Agropecuaria). Popayán.: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2008. 63 p.
- AGUIRRE F, Paola. Caracterización nutricional del grano de Caupí *Vigna unguiculata* L. En ratas. Palmira, 2009, 104 pp. Trabajo de Maestría (Ciencias Agrarias) Universidad Nacional de Colombia. Área de Producción Animal Tropical.
- AGUIRRE, L.A, *et al.* Metabolismo proteico y comportamiento productivo en ratas que consumen harina de granos crudos de *Vigna (Vigna unguiculata)* en sustitución de la torta de soya comercial. Instituto de Ciencia Animal. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2002. Tomo 36, no. 2. p. 167–172.
- ALPIZAR, O. *et al.* Respuesta de los parámetros productivos de pollos de engorda a diferentes niveles de energía metabolizable. Tesis de Maestría en producción animal. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. 1991. p. 5.
- ANON. La gallinaza. ¿Un problema o un recurso económico? En: Revista Selecciones Avícolas. España, Mayo 2000. p. 265.
- AOAC Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed Arlington, Virginia, USA. 1990a,b. Method No. 942.05 - 920.39
- ARMAS, A.E.; CHICCO, C.F. y CAPÓ, E. Heces de aves en raciones para pollos de engorde. En: Revista Agronomía Tropical. 1974. p. 177-182.
- BELMAR, C.R. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Metodologías de investigación pecuaria en sistemas de producción de pequeños productores. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Santa Cruz, Bolivia. p. 51-67. 1998.
- CARDENAS, Q. *et al.* Evaluación de la calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de frijol. Universidad Nacional Agraria La Molina. En: Revista Cubana Alimentación y Nutrición. Vol.14.Nº1.2000. p. 22-27.
- CASTRO, M. *et al.* Una alternativa nacional y económica como fuente de proteína para cerdos en crecimiento: *Vigna unguiculata* (var. INIFAT 93). Instituto de Ciencia Animal

(ICA) e Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP). [En línea]. Cuba, 2001. [Citada 12 de febrero de 2011]. Disponible desde internet URL: <www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/viencuent/castro>

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. Tropical Grasses and Legumes: optimizing genetic diversity for multipurpose use (project IP5). Annual Report 2004. Cali, Colombia. 2004. p. 217.

CENTRO VIRTUAL DE NOTICIAS. Reemplazo parcial de soya en comida de aves y cerdos. [En línea] Bogotá, 2009. [Citada 12 de febrero de 2010]. Disponible desde internet URL: <<http://www.mineducación.gov.co/cvn/1665/article-193724.html>>.

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

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

D'ALESSANDRO, J., *et al.* Digestibilidad, Balance Nitrogenado y Energía de Granos de Sorgo Alto y Bajo en Taninos en Cerdos. [En línea]. 1997. [Citada 15 de marzo de 2011]. Disponible desde internet URL: <<http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/nutricion/NDAlessandro%20cerdos.pdf>>

DÍAZ, MF.; PADILLA, C.; GONZÁLEZ, A. y CURBELO, F. Estudio comparativo de variedades de *Vigna unguiculata* en producción de harinas para la alimentación animal. En: Revista cubana Ciencia agrícola. Vol. 34. 2001. p. 369.

ECHEVERRÍA, R.W., *et al.* Nutrient digestibility in Pelon mexicano pigs fed graded level of cowpea meal (*Vigna unguiculata*). Revista Computarizada de Producción Porcina. Universidad Autónoma de Yucatán. Vol. 12. No.1. [En línea]. México, 2005. [Citada 12 de febrero de 2011]. Disponible desde internet URL: <<http://www.cipav.org.co/RevCubana/1201/120106.html>>

EL ESPECTADOR. [En línea]. Bogotá, 2010. [Citado 25 de marzo de 2010]. Disponible desde internet URL: <<http://www.elespectador.com/impreso/negocios/articuloimpreso-carne-de-cerdo-busca-mas-espacio-mesa>>

ENSMINGER, M.E. Management. Section 8. En: The Stockman's Handbook. Seventh Edition. Interstate Publishers, Inc. Danville, Illinois. 1992. p. 515.

FATOKUN, C.A., *et al.* Challenges and opportunities foren hancing sustainable cowpea production. Proceedings of the III World Cowpea Conference held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4-8 September 2000. IITA, Ibadan, Nigeria. 2002.

Federación Nacional de Avicultores - FENAVI. [En línea]. Bogotá, 2011. [Citado 5 de mayo de 2011]. Disponible desde internet URL:<<http://www.fenavi.org>>

GÓMEZ R., Sergio, *et al.* Efectos de incluir mananoligosacáridos más un cultivo de levaduras y un microorganismo vivo en la dieta de pollos de engorda. México. 2007.

GONZÁLEZ, T.L., *et al.* Las proteínas en la Nutrición. En: Revista salud Pública y Nutrición. Vol. 8, No. 2. 2007.

GUTIERREZ, C. L., *et al.* Comparación de métodos para determinar el flujo ileal de aminoácidos endógenos y la digestibilidad verdadera de aminoácidos de harina de pescado suministrada a ratas. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo, A.C. Maracaibo. Revista científica. Vol. 15. No. 5. 2005.

ITALCOL. [En línea]. Bogotá, 2010. [Citado 3 de octubre de 2010]. Disponible desde internet URL: <<http://www.italcol.com/avicultura/>>

JABIB, Leonel; BARRIOS, Pedro; VEGA, Arturo. Evaluación del frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) como ingrediente proteico en dietas para pollos de asadero. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Montería, Córdoba, Colombia.2002.

JONDREVILLE, C. & GALVEZ, J.F. Estimación de la digestibilidad de aminoácidos en cereales y sus subproductos en dietas para ganado porcino. XI Curso de Especialización FEDNA. Pág. 70 – 96. [En línea]. Barcelona, 1995. [Citada 25 de marzo de 2010]. Disponible desde internet URL: <dialnet.unirioja.es/servlet/articulo.pdf>

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

Kjeldahl J. Neue method zür bestimmung der Stickstoffs in organischen körpern. Z Anal Chem, 1883. 22: 366-382

LEÓN, I.; ANGULO y J. MADRIGAL. Evaluación de la inclusión de frijol (*Vigna unguiculata*) en dietas para pollos de engorde. Instituto de Investigaciones Zootécnicas CENIAP-FONAIAP. Maracay. Vol. 11(2):151-170. 1993

LETERME, P. Las pérdidas endógenas hasta el íleon del cerdo. 1. Origen y factores de variación. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Acta Agronómica. Vol. 51. N°112. Pág. 15-24. 2002.

MAIA, F.M., *et al.* Proximate composition, amino acid content and haemagglutinating and trypsin-inhibiting activities of some Brazilian *Vigna unguiculata* (L) walp cultivars. Universidad Federal do Ceara. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 80. Pág. 453-458. 2000.

MATEOS, G.G.; LÁZARO, R. y GRACIA, M.I. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. En: Curso de especialización FEDNA (18: 4-5, noviembre: Barcelona, España). Universidad Politécnica de Madrid, 2002. p. 1-23.

MORALES, E. Utilización de diversas leguminosas de grano en la producción de la leche de cabra. Análisis de su valor nutritivo y calidad de la leche producida. Tesis. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Granada. Pág. 143. 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Necesidades nutricionales de las aves. Argentina: Hemisferio Sur. 1994. Pág. 27.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Animal Wastes. Underutilized Resources as Animal Feed stuff National Academy Press. Washington, DC. USA. 1983. p.121.

NILIPOUR, A. H. Manejo integral de pollos de engorde en climas tropicales de acuerdo a su genética actual. Quality Assurance and Investigation Grupo Melo, S.A. 2004

PÉREZ, J.; GUTIERREZ, L. y GUACARÁN, P. Niveles de grasa cruda en dietas para pollos de engorde. En: Revista Agronomía Tropical. 1974. p. 193-300.

PERIODICO VANGUARDIA. Novedades del agro. [En línea]. 2009. [Citado 12 de febrero de 2010]. Disponible desde internet URL:<<http://www.vanguardia.com>>. <<http://www.vanguardia.com/economia/local/17915-consumo-de-carne-de-pollo-va-palo-arriba>>

PETERS, M., *et al.* Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores de Centroamérica., Cali: CIAT, 2003.

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

RODRÍGUEZ, G.J. Utilización de nitrógeno no proteico. En: Investigaciones básicas para la utilización de las excretas de aves en la alimentación de los rumiantes. 1ra Ed. Instituto del Libro. La Habana, Cuba, 1969. p. 30.

ROSERO, Juan Pablo y GUZMÁN, Elkin. Evaluación del comportamiento productivo de las líneas avícolas de pollos de engorde Cobb 500 y Ross 308 en Santander de Quilichao, Cauca. Trabajo de grado Ingeniería Agropecuaria. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009. 65 p.

ROSTAGNO, H. S., *et al.* Dietas vegetales para pollos de engorde de alta productividad. Universidad Federal de Viçosa. Brasil. 2000.

-----, *et al.* Tablas brasileñas para aves y cerdos. 2º edición. Universidad Federal de Viçosa – departamento de Zootecnia. Viçosa, Brasil. 2005.

SARRIA, Patricia, *et al.* Valor nutricional de la harina de hoja de Caupí (*Vigna unguiculata* (L) walp.) en cerdos en crecimiento. [En línea]. 2010. [Citado 12 de febrero de 2011]. Disponible desde internet URL: <<http://www.lrrd.org/lrrd22/6/sarr22110.htm>>.

SCHLECHT, E., *et al.* Quantitative and qualitative estimation of nutrient intake and faecal excretion of Zebu cattle grazing natural pasture in semiarid Mali. In: Powell, J.M., Fernández-Rivera, S., Williams, T.O. and Renard, C. (eds) Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan, Africa. 1995. p. 85-97.

SOLLA. [En línea]. 2011. [Citado 5 de mayo de 2011]. Disponible desde internet URL:<http://www.solla.com/index.php?option=com_content&task=view&id=172&Itemid=3102>. 2011.

TAVERNARI, F., *et al.* Nutrición, patología y fisiología digestiva en pollos: Aspectos prácticos. En: Curso de especialización FEDNA. (24: 23-24, octubre: Madrid, España). Viçosa: Universidad Federal de Viçosa, 2008. p. 31-45.

TEJADA H, I de. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Ed. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C. México, D.F.1992

TOBIA, Carlos y VARGAS, Emilio. Evaluación de las excretas de pollo de engorde en la alimentación animal. I. Disponibilidad y composición química. En: Revista Agronomía Costarricense. enero-junio, 2000.vol. 24, no. 001. p. 47-53.

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

VIVAS Q, N y ORAMAS W, C. Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*), para ensilaje. [En línea]. Popayán, 2007. [Citado 24 febrero de 2010]. Disponible desde internet URL: <<http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/3Vol5.pdf>>

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS DE VARIANZA

VARIABLE	FUENTE	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO DE LA MEDIA	F – VALOR	PR> F
Digestibilidad de la mezcla	Modelo	2	34.684	17.342	5.50	0.0162
	Error	15	47.338	3.155		
	Total	17	82.022			
Digestibilidad del Caupí	Modelo	1	102.025	102.025	3.53	0.0897
	Error	10	288.948	28.894		
	Total	11	390.973			
Digestibilidad de la proteína	Modelo	2	111.000	55.500	8.30	0.0037
	Error	15	100.325	6.688		
	Total	17	211.325			
Digestibilidad de la energía metabolizable	Modelo	2	42.881	21.440	7.90	0.0045
	Error	15	40.695	2.713		
	Total	17	83.576			
Digestibilidad del extracto etéreo	Modelo	2	84.887	42.443	1.12	0.3522
	Error	15	568.603	37.906		
	Total	17	653.491			
Digestibilidad de la fibra cruda	Modelo	2	2815.441	1407.720	23.38	0.0001
	Error	15	903.156	60.210		
	Total	17	3718.597			
Digestibilidad del extracto no nitrogenado	Modelo	2	30.621	15.310	7.84	0.0047
	Error	15	29.276	1.951		
	Total	17	59.897			
Digestibilidad de las cenizas	Modelo	2	183.434	91.717	4.87	0.0234
	Error	15	282.255	18.817		
	Total	17	465.689			
Consumo de alimento en etapa finalización.	Modelo	2	44.952	22.476	0.53	0.5974
	Error	15	632.111	42.140		
	Total	17	677.064			
Ganancia de peso en etapa finalización.	Modelo	2	34368.444	17184.222	3.77	0.0471
	Error	15	68338.000	4555.866		
	Total	17	102706.444			
Conversión alimenticia en etapa finalización.	Modelo	2	0.313	0.156	3.70	0.0495
	Error	15	0.635	0.042		
	Total	17	0.949			
Cantidad de heces por pollo en etapa finalización.	Modelo	2	9130.777	4565.388	11.71	0.0009
	Error	15	5849.000	389.933		
	Total	17	14979.777			

ANEXO B. PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

VARIABLE	AGRUPAMIENTO	TRATAMIENTO	N	MEDIA	
Digestibilidad de la mezcla	B B B	A	0	6	78.350
		A	2	6	76.683
		1	6	74.950	
Digestibilidad de la proteína	B	A	0	6	70.683
		A	2	6	70.183
		1	6	65.183	
Digestibilidad de la energía metabolizable	B	A	0	6	84.2667
		A	2	6	82.9167
		1	6	80.5333	
Digestibilidad de la fibra	A B C	2	6	62.517	
		0	6	48.117	
		1	6	31.900	
Digestibilidad del extracto no nitrogenado	B B B	A	0	6	87.333
			1	6	84.583
			2	6	84.550
Digestibilidad de las cenizas	B B B	A	2	6	34.517
		A	0	6	31.933
		1	6	26.833	
Ganancia de peso en etapa finalización	B B B	A	0	6	842.33
		A	2	6	796.67
		1	6	735.67	
Conversión alimenticia en etapa finalización	B B B	A	1	6	2.5883
		A	2	6	2.4000
		0	6	2.2667	
Cantidad de heces por pollo en etapa finalización	B	A	1	6	311.67
		A	2	6	291.83
		0	6	257.17	

ANEXO C. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALIMENTO Y HECES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA LABORATORIO TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SOLICITADO POR:

NELSON VIVAS

PROFESOR UNIVERSIDAD DEL CAUCA

MUESTRA: EXCRETAS DE POLLO (CONSUMO GRANO DE CAUPI)

ORIGEN: UNIVERSIDAD DEL CAUCA (POPAYAN)

ANALISIS EFECTUADO: WEENDE, ENERGIA BRUTA

FECHA DE ENTREGA: JULIO 2010

MATERIA PRIMA	M.S.TOTAL	% CENIZA	% PROTEINA	ENERGIA Cadl/g	% E.E	% FIBRA CRUDA
T0R1	17,14	23,75	31,59	3453,26	4,66	6,69
T0R2	17,58	23,25	26,94	3378,78	3,53	4,75
T0R3	16,85	24,39	28,78	3207,10	3,54	4,78
T0R4	15,86	24,46	28,57	3056,55	3,14	6,76
T0R5	14,42	22,92	27,24	3138,50	3,88	7,30
T0R6	16,10	22,92	29,16	3105,82	5,22	6,41
T1R1	18,23	16,85	32,86	3513,76	1,52	8,30
T1R2	17,28	18,02	30,65	3490,68	3,50	7,97
T1R3	16,46	17,70	32,37	3335,96	3,19	8,39
T1R4	16,46	17,96	31,70	3379,58	3,67	7,51
T1R5	16,73	17,50	29,02	3407,31	3,11	8,54
T1R6	17,69	17,00	29,96	3244,02	5,33	7,19
T2R1	17,52	18,02	29,26	3334,43	3,90	8,93
T2R2	16,47	17,98	28,64	3232,76	4,59	7,59
T2R3	16,34	17,43	30,56	3562,50	4,65	8,20
T2R4	17,48	17,52	31,01	2830,54	4,32	7,66
T2R5	17,37	17,43	31,19	3211,48	4,03	7,53
T2R6	17,92	17,67	29,31	2609,07	3,55	7,96
T0 CONTROL	89,21	7,50	21,16	4443,55	4,54	2,56
T1 CRUDO	89,09	5,98	22,34	4362,21	3,66	2,93
T2 COCIDO	89,74	6,33	23,60	4281,36	4,08	4,99

OBSERVACIONES:

La muestra fue realizada con dos repeticiones y los datos obtenidos en base seca. El factor de conversión de nitrógeno a proteína es de 6.25

LUZ STELLA MUÑOZ A. Zoot Ph.D
Profesora Asociada
Directora Laboratorio Nutrición Animal.

FERNANDO ESTRADA O. I. A. Esp.
Analista Químico
Laboratorio Nutrición Animal.