

EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE CAUPÍ
(*Vigna unguiculata*) EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE POLLOS DE
ENGORDE

ISABEL FRANCO SÁNCHEZ
JHON EDUARDO JURADO GALINDO

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

EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE CAUPÍ
(*Vigna unguiculata*) EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE POLLOS DE
ENGORDE

ISABEL FRANCO SÁNCHEZ
JHON EDUARDO JURADO GALINDO

Trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de Ingeniero
(a) Agropecuario (a)

DIRECTOR:
NELSON VIVAS QUILA
ZOOTECNISTA, M.sc.

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

Nota de aceptación:

El directo y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

M.sc NELSON VIVAS QUILA ZOOTECNISTA
Director

M.sc. JULIANA ISABEL CARVAJAL TAPIA
Presidente del jurado

M.sc. FREDY JAVIER LÓPEZ
Jurado

Popayán, 7 de junio de 2011

DEDICADA A:

A mi lindo Dios que siempre está conmigo. A mi padres Darío Franco y Miryam Sánchez que siempre me apoyan durante mis estudios. Por sus consejos y sus ganas de verme mejor.

A mis hermanos y a todas aquellas personas cercanas que creyeron en mí y sirvieron de apoyo.

Isabel Franco Sánchez.

A mi madre Luz Ivía Galindo Rubio, por todo el amor y el apoyo que me ha brindado, por ser esa amiga incondicional a pesar de la distancia, gracias madre te amo.

A la familia Jurado Muñoz, por la acogida y apoyo brindado.

Jhon Eduardo Jurado Galindo

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que han colaborado en la realización de este trabajo de grado, en especial:

A nuestro director Nelson José Vivas Quila por su gran dedicación, orientación, consejos, apoyo, paciencia y por darnos la oportunidad de aprender de sus experiencias.

A los jurados Juliana Isabel Carvajal Tapia y Fredy Javier López por las valiosas orientaciones y contribuciones a este trabajo.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT Palmira, Programa de Forrajes (Michael Peters, Siriwan Martens, Luis Horaio Franco, Belisario Hincapie, Yenny Burbano) y Grupo de Investigación de Nutrición Agropecuaria – Universidad del Cauca por brindarnos herramientas e insumos valiosos para la culminación del trabajo.

Al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira especialmente a Luz Estela Muñoz y Fernando Estrada, por el apoyo en los análisis químicos de las muestras.

Al Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), por la colaboración recibida.

A nuestros familiares y amigos por la ayuda incondicional.

Todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron en la realización de este proyecto.

CONTENIDO

Pág

INTRODUCCIÓN	15
1 MARCO REFERENCIAL	17
1.1 EL SECTOR AVÍCOLA EN COLOMBIA	17
1.2 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVIAR	18
1.3 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL AVE	19
1.4 ASPECTOS GENERALES DEL POLLO DEL ENGORDE	22
1.4.1 Pollo de engorde línea Cobb 500	22
1.4.2 Requerimientos nutricionales	25
1.4.3 Agua	26
1.4.4 Manejo	27
1.4.5 Instalaciones y equipos	27
1.5 ASPECTOS GENERALES DEL CAUPÍ (<i>Vigna unguiculata</i>)	28
1.5.1 Origen y distribución	28
1.5.2 Taxonomía	28
1.5.3 Descripción botánica	28
1.5.4 Ecología	29
1.5.5 Agronomía	30
1.5.6 Ciclo fenológico	30
1.5.7 Producción	31
1.5.8 Composición nutricional	31
1.6 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD	32
1.6.1 Definición de digestibilidad	32
1.6.2 Tipos de digestibilidad	33
1.6.3 Formas de medición de la digestibilidad	33
1.7 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNAS Y CARBOHIDRATOS	34
1.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	34
1.9 ANTECEDENTES	35

2 MATERIALES Y MÉTODOS	39
2.1 LOCALIZACIÓN	39
2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS	39
2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL	40
2.3.1 Animales	40
2.3.2 Alimento	40
2.3.3 Insumos	41
2.4 PROCEDIMIENTO	42
2.4.1 Obtención de la harina del forraje Caupí	42
2.4.2 Desinfección y alistamiento del galpón y equipos	42
2.4.3 Recibimiento de pollos	42
2.4.4 Dietas experimentales	43
2.4.5 Acostumbramiento	44
2.4.6 Suministro de alimento	45
2.4.7 Otras labores	45
2.5 VARIABLES EVALUADAS	46
2.5.1 Calidad del alimento y heces	46
2.5.2 Consumo de alimento	46
2.5.3 Cantidad heces	47
2.5.4 Ganancia de peso	47
2.5.5 Conversión alimenticia	47
2.5.6 Mortalidad	48
2.6 CÁLCULOS ESPECÍFICOS	48
2.6.1 Coeficiente de digestibilidad fecal aparente	48
2.6.2 Digestibilidad de mezcla	48
2.6.3 Digestibilidad de la harina forraje de caupí	49
2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	50
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1 DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE CAUPÍ	51
3.2 DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA	52

3.2.1 Digestibilidad aparente de la materia seca	52
3.2.2 Digestibilidad aparente de la proteína cruda	54
3.2.3 Digestibilidad aparente de la energía bruta	55
3.2.4 Digestibilidad aparente de la fibra cruda	56
3.2.5 Digestibilidad aparente del extracto etéreo	58
3.2.6 Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado	59
3.2.7 Digestibilidad aparente de las cenizas	60
3.3 CONSUMO DE ALIMENTO	61
3.4 GANANCIA DE PESO	63
3.5 CONVERSIÓN ALIMENTICIA	64
3.6 CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS HECES	65
3.7 MORTALIDAD	67
3.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	68
4 CONCLUSIONES	70
5 RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Procesos necesarios para que el tubo digestivo cumpla con su función	21
Tabla 2. Principales enzimas digestivas	23
Tabla 3. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según edad.	26
Tabla 4. Requerimientos edafoclimáticos del Cauquí	30
Tabla 5. Composición bromatológica de harina de forraje de Cauquí.	32
Tabla 6. Condiciones ambientales de Popayán – Vereda “Las Guacas”	39
Tabla 7. Composición química de las dietas	43
Tabla 8. Materias primas y cantidad utilizada en las dietas experimentales	44
Tabla 9. Acostumbramiento a la dieta experimental	44
Tabla 10. Consumo diario y acumulado de alimento	45
Tabla 11. Método para determinar análisis químico de alimento y heces	47
Tabla 12. Digestibilidad aparente de los componentes nutricionales de las dietas	52
Tabla 13. Composición química de las heces	66
Tabla 14. Costo de producir un kilogramo de carne con las dietas experimentales	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema digestivo de las aves	20
Figura 2. Tasa de crecimiento de la línea Cobb 500	25
Figura 3. <i>Vigna unguiculata</i>	30
Figura 4. Galpón utilizado en el desarrollo del trabajo de campo	40
Figura 5 Concentrado no comercial, sin inclusión de harina de forraje de caupí	41
Figura 6. Concentrado no comercial con 20% de harina de forraje de caupí	41
Figura 7. Diagrama de flujo para preparación de las dietas experimentales	43
Figura 8 Etapas experimentales	45
Figura 9. Distribución de los tratamientos y repeticiones	49
Figura 10. Digestibilidad aparente de la materia seca	53
Figura 11. Digestibilidad aparente de la proteína cruda	55
Figura 12. Digestibilidad aparente de la energía bruta	56
Figura 13. Digestibilidad aparente de la fibra cruda	57
Figura 14. Digestibilidad aparente del extracto etéreo	59
Figura 15. Diferencias en la coloración de piel en los tratamientos evaluados	59
Figura 16. Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado	60
Figura 17. Digestibilidad aparente de las cenizas	61
Figura 18. Consumo de alimento promedio en la etapa de finalización	62
Figura 19. Ganancia de peso promedio en la etapa de finalización	64
Figura 20. Conversión alimenticia en la etapa de finalización	65
Figura 21. Cantidad de heces promedio en la etapa de evaluación	66

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A: Composición química de alimento y heces	84
ANEXO B: Datos de campo	85
ANEXO C: Análisis de Varianza	86
ANEXO D: Prueba de significancia de rango múltiple de Duncan	87

ABREVIATURAS UTILIZADAS

Ca	Calcio
°C	grados centígrados
C.A.	conversión alimenticia
Cal	calorías
C. ar.	<i>Cratylia argentea</i>
C. bra	<i>Centrosema brasilianum</i>
CEN.	Cenizas
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cl	Cloro
C. m	<i>Centrosema molle</i>
cm	Centímetro
Co	Cobalto
Cu	Cobre
C.V	Coefficiente de Variación
DAEB	Digestibilidad Aparente de la Energía Bruta
DAMS	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca
D. vt.	<i>Desmodium velutinum</i>
EB	Energía bruta
EE	Extracto etéreo
FAN	Factores Antinutricionales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra Detergente Acida
FDN	Fibra Detergente Neutra
Fe	Hierro
FENAVI	Federación Nacional de Avicultores
g	gramos
Gal	galones
GDP	Ganancia Diaria de Peso
h	hora
ha	hectáreas
HCl	Ácido clorhídrico
I	Yodo
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
INIFAP	Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal
K	Potasio
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo

L	Litros
m.	metro
m.s.n.m	metros sobre el nivel del mar
m ²	metro cuadrado
<i>M. alba</i>	<i>Morus alba</i>
Mg	Magnesio
ml	mililitro
mm	milímetro
Mn	Manganeso
MS	Materia seca
N	Nitrógeno
Na	Sodio
P	Fósforo
PC	Proteína Cruda
PV	Proteína Verdadera
S	Azufre
Se	Selenio
<i>Sgn</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>
TGI	Tracto Gastrointestinal
Ton	toneladas
<i>V. unguiculata</i>	<i>Vigna unguiculata</i>
<i>X. sg</i>	<i>Xanthosoma saggitifolium</i>
Zn	Zinc

RESUMEN

En la vereda las Guacas del municipio de Popayán (Cauca), se evaluaron dos tratamientos T0 (Dieta control de finalización formulada, no comercial, sin forraje) y T1 (Dieta experimental de finalización formulada, no comercial, con 20% de inclusión de harina de forraje de Caupí) en términos de la digestibilidad de la harina del forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*), la digestibilidad aparente de los componentes de la dieta (materia seca, proteína bruta, fibra cruda, cenizas, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y energía bruta) y comportamiento productivo. Fueron empleados 120 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, con un peso promedio de 670g/pollo, distribuidos mediante un diseño completamente al azar de 2 tratamientos y 6 repeticiones por tratamiento, en jaulas metabólicas; cada unidad experimental contenía 10 animales, la duración de la evaluación fue de 9 días.

La digestibilidad “*in vivo*” de los componentes de la dieta, presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos T0 y T1 para la materia seca, la fibra cruda, el extracto no nitrogenado, el extracto etéreo y la energía bruta, en tanto la digestibilidad “*in vivo*” de la proteína cruda y la cenizas no se vieron afectadas por la inclusión del 20% de harina de forraje de Caupí. La inclusión de forraje de Caupí es la causante de la diferencia estadística significativa ($P < 0.05$, CV 9,41%), entre la dieta control (T0: 403.43g) y la dieta experimental (T1: 528.50g) en la etapa de evaluación (día 33 al 41) para la cantidad de heces por pollo, sin embargo, en la etapa de finalización (día 28 al 41) no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), para las variables de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Una vez realizado el análisis de presupuestos parciales, se determinó que el tratamiento más eficiente fue T1 con respecto al tratamiento T0. De lo anterior se concluye que el uso de harina de forraje de *Vigna unguiculata* es una alternativa nutricional y económicamente viable en la alimentación de pollos de engorde en la etapa de finalización, principalmente para la producción parcelaria.

Palabras claves: digestibilidad “*in vivo*”, harina de forraje de Caupí, heces por pollo.

INTRODUCCIÓN

A medida que aumenta la necesidad de proteína animal para el consumo humano se origina una competencia entre los cultivos destinados para la alimentación humana y animal con la producción de biocombustibles. Por otro lado los altos precios y en ocasiones la baja disponibilidad reduce la gama de ingredientes a usarse en la alimentación animal. La producción de especies monogástricas está relacionada con la utilización de altos volúmenes de cereales y fuentes proteicas que por lo general son inaccesibles para el pequeño productor. Diagnósticos realizados en Colombia, Honduras y Nicaragua indican que la principal limitante en la producción de estas especies a nivel del pequeño productor rural es la proteína, debido al insuficiente flujo de caja y al alto costo del concentrado (Peters, *et al.*, 2003). En este sentido, la producción a pequeña escala basada en el uso de insumos localmente disponibles como las leguminosas representan una alternativa viable para producir fuentes de proteína barata de origen animal.

En Colombia la producción de pollos de engorde se ha difundido y magnificado para la obtención de proteína animal de calidad y en cantidad, exigiendo un alto grado de manejo, de instalaciones y de nutrición, donde la mayor limitante en la producción con el modelo tecnológico actual, es el uso de concentrado que supera el 70 % del costo total imputado a la generación del producto final; sumado a la dinámica del mercado global, las estrategias normativas, y la producción de biocombustibles a partir de fuentes alimenticias humanas y animales, ponen en riesgo la soberanía alimentaria y la rentabilidad de los pequeños productores, donde las principales características son la producción destinada a satisfacer las necesidades alimenticias de la familia y de la comunidad, así como, la obtención de ingresos para suplir necesidades básicas; utilización mínima de productos veterinarios y una dependencia de concentrados comerciales.

En las zonas tropicales existe disponible una amplia variedad de recursos que son factibles de ser utilizados en la alimentación animal de forma sustentable y que permiten disminuir los costos de producción y la dependencia agroalimentaria. La utilización de forrajes multipropósito se han evaluado en recuperación de suelos, alimentación de rumiantes con buenos resultados y últimamente se viene investigando en la alimentación de monogástricos especies proteicas y fibrosas, como alternativa en la producción de aves a pequeña escala en países tropicales, por su alto valor proteico y bajo contenido de factores antinutricionales, a pesar de su alto contenido de fibra. Constituyéndose en una alternativa en la producción de proteína animal, social y ecológicamente sostenible y eficiente para la población que enfrenta problemas de subalimentación y desnutrición.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la digestibilidad de la harina de forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*) en pollos de engorde en etapa de finalización, mediante la metodología de sustitución peso a peso de la dieta.

La medición del consumo de alimento y de heces, tanto en calidad como en cantidad, permitió cuantificar y calificar su contenido y deducir la proporción nutricional digerida por el animal. Estableciendo así la digestibilidad “in vivo” que presenta la harina de forraje de Caupí y la posibilidad de realizar siguientes trabajos teniendo como punto de partida los niveles de inclusión más pertinentes acorde a los requerimientos y balances nutricionales para evaluar el crecimiento de los animales en ensayos biológicos.

Esta investigación hace parte del proyecto “More chicken and pork in the pot, and money in pocket: Improving forages for monogastric animals with low income farmers” creado para desarrollarse en Colombia, Nicaragua y El Congo, del proyecto “Potencial de *V unguiculata* y *C. brasiliensis* en alimentación de pollos de engorde” 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”, financiados por Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) y ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la Universidad del Cauca y la Universidad Nacional de Colombia. Realizada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca ubicada en el municipio de Popayán, Cauca y en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca.

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 EL SECTOR AVÍCOLA EN COLOMBIA

La carne es la mayor fuente de proteína para los habitantes del planeta, estimados en el año 2009 por la FAO en 6.531 millones de habitantes. Para el año 2004, la producción de carne fue de 258 millones de toneladas; de continuar creciendo se requerirá de mayor cantidad de alimentos, principalmente las fuentes de proteína de origen animal.

Colombia ocupa el puesto 23 en la producción mundial de carne de pollo aunque representa menos del 1% de la mundial. El consumo per cápita en Colombia fue de 23,4Kg, con una producción de pollo de engorde en el año 2010 de 1.066.942Ton. En el ámbito mundial el mayor consumidor es Estados Unidos con 55,9Kg. Para 2008 según el censo avícola realizado por FENAVI y el ICA, la capacidad de encasetamiento fue de 77'442.694 aves, con 2.628 granjas de pollo de engorde, para un total de 9.791 galpones.

El sector avícola en Colombia ha mostrado cambios acelerados en los últimos años de pasar de ser una actividad familiar a una actividad industrial, debido en parte a las mejoras genéticas desarrolladas y difundido a nivel mundial; el ciclo corto que caracteriza la producción de carne de pollo en comparación con el de otras carnes sustitutas como la bovina y porcina.

A pesar que el sector avícola se constituye como uno de los más fuertes a nivel de la economía colombiana por la amplia absorción de empleo y su capacidad dinamizadora de otros sectores como la agricultura y la veterinaria, aún falta mucho por hacer en cuanto a reducción de costos, sobretodo de materias primas lo que podría ayudar a un mejor posicionamiento del sector a nivel internacional.

La infraestructura física del sector en Colombia inició sus procesos industriales en la década del sesenta, realizando con el transcurrir de los años, una serie de inversiones orientadas a modernizar y ajustar los procesos a las exigencias del mercado. Sin embargo existen otros componentes relacionados con la estructura física del sector que se han convertido en obstáculo para el buen desempeño del mismo, como la red vial además de la gran dependencia de materias primas importadas que representa un reto, sobretodo porque la industria avícola se concentra en la región andina del país.

1.2 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVIAR

Los avances en términos de nutrición avícola se han dado durante el siglo XX debido a que la ciencia biológica relacionada, ha evolucionado desde una ciencia meramente descriptiva a una ciencia integral altamente técnica en la actualidad. Tanto así que para los años 1800 y principios de 1900 los trabajos se basaban en descripciones anatómicas, histológicas de órganos, entre otros.

Dentro de los aspectos importantes desde mediados del siglo pasado, reportados por la literatura está el uso de vitaminas, minerales aminoácidos y otros aditivos, los cuales han permitido optimizar el potencial genético del pollo de engorde y huevos. Similarmente la disponibilidad de vacunas, antibióticos, promotores, coccidiostatos entre otros y las condiciones de manejo, equipos y control sanitario, han permitido lograr aumentar el número de aves por unidad de área, alcanzando así maximizar la eficiencia de la producción (Mann y Aguirre 2002).

Los mismos autores afirman que dentro de los avances esta una mejor y balanceada nutrición, debido al mejor cocimiento de las materias primas, al tener mejores técnicas analíticas para el establecimiento de los valores nutricionales, como las descritas por Llamas y Fontaine (1994), con la metodología de “análisis de aminoácidos por cromatografía de intercambio iónico o los desarrollos recientes para las aplicaciones de ecuaciones de calibración para equipos de reflectancia en el infrarrojo cercano” (Cole 1994, Fontaine 2001 y Mann 2002), lo que ha permitido el conocer el valor real de aminoácidos de un ingrediente y poder aplicarlo al saber la variación esperada y su impacto en la dieta y los costos de la misma; las mejoras en las técnicas de formulación debido a que se describen mejor los requerimientos nutricionales (aminoácidos digeribles, energía neta, etc.) de los lotes en uso; el uso de aditivos modernos necesarios para la maximización de los rendimientos productivos (vitaminas, minerales, aminoácidos, probióticos, enzimas, coccidiostatos, promotores del rendimiento, etc.), a mejoras en los procesos de fabricación de alimentos terminado (peletizado, extrusión, expansión, etc.)

Precisamente el reconocimiento del requerimiento de vitaminas y minerales de los nuevos genotipos de pollo de engorde y gallinas de postura comercial, ha dado un avance al desarrollo de micronutrientes, no solo para el mantenimiento de las funciones bioquímicas, sino con propósitos específicos de mejorar el sistema inmunológico, de prevención de la oxidación de las canales procesadas o de la respuesta animal bajo condiciones de tensión fisiológica.

En los últimos años el mayor desarrollo nutricional ha sido la introducción de enzimas, que han incrementado notablemente la eficiencia de utilización de las materias primas, permitiendo el uso de ingredientes más fibrosos como el centeno y la cebada. El efecto de las enzimas ha sido el de permitir una mejor digestión de ingredientes convencionales y no convencionales. La disminución de la viscosidad del tracto gastrointestinal ha permitido la mejor absorción de los nutrientes, por lo tanto los valores de energía metabolizable y de aminoácidos se han mejorado (Whitehead, 2000)

El uso de enzimas fitasas, para el aprovechamiento del fósforo ligado a las paredes celulares de materias primas vegetales, ha permitido bajar la inclusión del fósforo inorgánico en las dietas, maximizando el uso del nutriente y ayudando al mantenimiento del medio ambiente (Mann y Aguirre 2002)

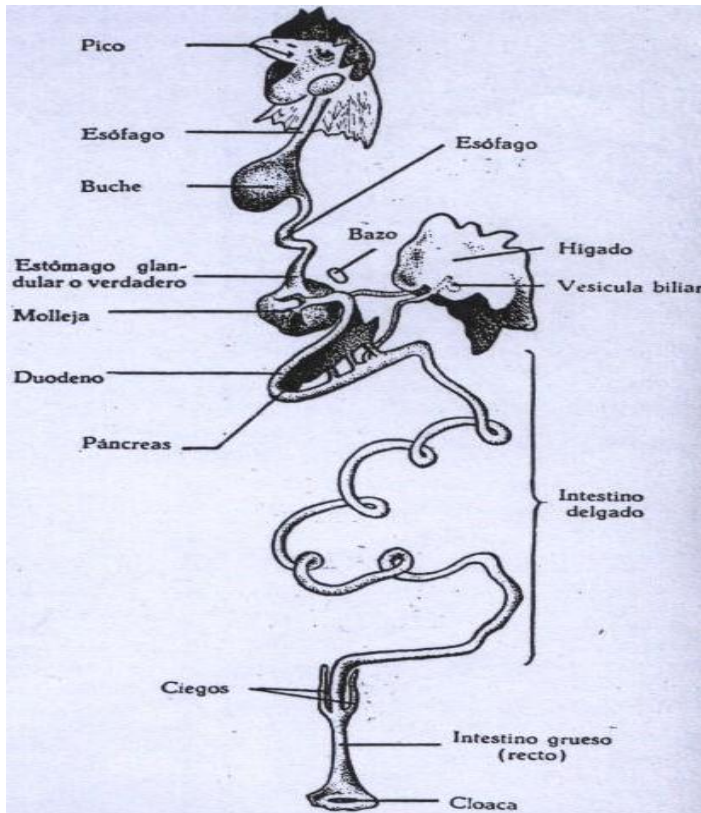
A la par del desarrollo técnico-científico también se ha avanzado en el entendimiento de los patrones y hábitos de consumo del pollo de engorde y la gallina de postura comercial, reflejado en la tendencia de los sistemas intensivos de producción de brindar las condiciones de bienestar animal, pues en últimas el impacto de la nutrición aviar, así como la faena, se ven reflejadas en la nutrición y salud humana, la cual no debe ser ignorada, dado que los productos avícolas son producidos para alimentar a los humanos y proveer de fuentes energéticas y proteicas la dieta a un costo razonable (Mann 2002).

1.3 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL AVE

En el tracto gastrointestinal, Figura 1, 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).

El principal objetivo del tubo digestivo es el de procesar las macromoléculas que forman parte de los alimentos ingeridos en sus unidades estructurales, para que éstas puedan ser absorbidas y utilizadas por todo el organismo. Para lograr este objetivo, los alimentos deben sufrir transformaciones físicas y químicas; que se realizan por medio de procesos de: fragmentación, secreción, mezclado y transportación a lo largo del tubo (motilidad), digestión y absorción.

Figura 1. Sistema digestivo de las aves



Fuente: <http://fisicazone.com/aparato-digestivo-de-las-aves/>

En la Tabla 1, se mencionan algunos de los procesos necesarios para garantizar el funcionamiento del tubo digestivo. Estos procesos deberán llevarse a cabo de manera integral y coordinada para que el tubo digestivo cumpla su función. Las actividades de motilidad y secreción están altamente controladas por el sistema nervioso autónomo, el sistema nervioso entérico y el sistema endocrino.

La cavidad bucal de las aves carece de dientes y labios, siendo reemplazados por el pico. La lengua tiene forma de punta de flecha, su función es de prehensión, selección y deglución del alimento. En el pico se encuentran presentes las glándulas salivales. La secreción de saliva es muy pequeña e insignificante en la digestión (Sturkie, 1981; Mack, 1986; Cuca, et al., 1996, citados por Rebollar, 2002). Luego de la cavidad bucal se encuentra el conducto de transporte tubular llamado esófago con una longitud que va desde los 12cm. hasta los 35cm.; posee abundantes glándulas mucosas para facilitar el paso del alimento (Cuca, Ávila y Pro 1996). Dentro del esófago se encuentra un ensanchamiento llamado buche, el cual actúa como almacén temporal del alimento, en este órgano la ptilina ablanda el alimento, pero aquí no hay producción de enzimas (Mack, 1986; Cuca,

Ávila y Pro, 1996). Como estomago glandular se encuentra el proventrículo, cubierto por una membrana mucosa. En la luz del proventrículo, al mezclarse, el pepsinógeno es activado por el HCl, dando lugar a la pepsina que tiene actividad proteolítica (Romano, s.f.). El contenido proventricular es vaciado a la molleja, órgano muscular del sistema digestivo de forma oval, actúa como mecanismos de masticación; presenta dos aberturas, una la comunica con el proventrículo y la otra con el duodeno. En este sitio se mezclan las partículas alimenticias con los jugos gástricos en presencia de grava (Cuca, Ávila y Pro, 1996). A continuación, el bolo alimenticio pasa al intestino delgado, provisto de un epitelio de células columnares de absorción y células caliciformes para la secreción de moco (Uni, et al., 1999 citado por Rebollar, 2002), cumple funciones como recibir enzimas presentes en el jugo gástrico para la digestión de proteínas y carbohidratos en el duodeno; y de absorber el alimento digerido, que mediante movimientos peristálticos empuja el material no digerido hacia los ciegos y al recto (Cuca, Ávila y Pro 1996). La continuación del proceso se efectúa en el yeyuno e íleon (Mack, 1986). Pasando al 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 continua el proceso digestivo (Mack, 1986). En los ciegos y colon se puede llevar a cabo una insipiente fermentación de los componentes de los alimentos no digeridos, fermentación realizada por microorganismos anaeróbicos. Como resultado de esta limitada fermentación se producen ácidos grasos volátiles, que al ser absorbidos contribuyen, en pequeña escala, a la economía energética del ave. (Romano s.f.). La cloaca es la cavidad común al sistema digestivo, urinario y genital, junto con el colon son los órganos encargados de la excreción, balance de agua y minerales (Cuca, Ávila y Pro 1996).

Tabla 1. Procesos necesarios para que el tubo digestivo cumpla con su función

Macromoléculas presentes en el alimento	Procesos	Unidades estructurales, Producto de la digestión	Proceso
Polisacáridos	Motilidad Secreción	Monosacáridos	Absorción
Proteínas		Aminoácidos	
Triglicéridos	Ácidos grasos		
Ácidos nucleicos	Digestión	Monosacáridos, bases nitrogenadas, fósforo	

Fuente: Romano (s.f.)

En la En pollos de la línea Cobb, el énfasis y la estrategia para maximizar la eficiencia avícola, salud y viabilidad del lote, se centra en el manejo de la nutrición y la luz, para desarrollar el potencial genético en la etapa de crecimiento.

Tabla 2 se presenta la información referente a las células o glándulas donde se producen las enzimas, los substratos sobre los que actúa y los productos resultantes. La mayor parte de las enzimas pancreáticas son liberadas como proenzimas, como una medida de protección para las células que las producen; de lo contrario, la actividad catalítica de las mismas podría iniciar un proceso de autodigestión de las células pancreáticas. La bilis, liberada hacia el lumen intestinal, además de tener propiedades alcalinizantes, promueve la emulsificación de la fracción lipídica, lo que permite la digestión de la misma al facilitar su interacción con las lipasas correspondientes (Romano s.f.). Las secreciones mencionadas tendrían un efecto limitado si no existieran los movimientos de peristalsis y segmentación del tubo digestivo, motilidad en el tubo digestivo y un incremento en la interacción de los productos de la digestión con la mucosa intestinal para su absorción.

1.4 ASPECTOS GENERALES DEL POLLO DEL ENGORDE

A continuación se presentan los aspectos generales más importantes en el manejo del pollo del engorde.

1.4.1 Pollo de engorde línea Cobb 500. Actualmente se encuentran disponibles en el mercado diversas estirpes de pollos, explotados comercialmente, la mayoría mejoradas, de gran exigencia y cuidados en su manejo. Dentro de las estirpes mejoradas se encuentran: Ross 308, Cobb 500, Cobb 800 y Hurbbard. La línea Cobb 500 fue creada por la compañía Cobb Vantress en 1916 en Massachusetts y entra al país en el año 2000.

El objetivo de esta línea es que el productor obtenga una mayor eficiencia expresada en mayor capacidad de producción de carne con menor consumo de alimento en amplia gama de ambientes. Presenta mayor crecimiento a partir del día 20 de edad; la mortalidad se presenta en la semana cinco (5) y seis (6) de edad, siendo mayor en animales alimentados *ad libitum*. La mortalidad se debe principalmente al síndrome ascítico, aunque también influyen factores ambientales (Telles, 2008).

Las empresas primarias de genética avícola han estado enfocándose en cuanto es el costo por kilo de peso vivo producido o el costo de kilo de carne de pechuga producida. La presión para selección al nivel pedigrí para tasa de crecimiento y rendimiento de carne del ave requiere que continuamente se revisen las estrategias de manejo y de nutrición para asegurar que obtengan máxima eficiencia y ganancia (Bourne, s.f.).

En pollos de la línea Cobb, el énfasis y la estrategia para maximizar la eficiencia avícola, salud y viabilidad del lote, se centra en el manejo de la nutrición y la luz, para desarrollar el potencial genético en la etapa de crecimiento.

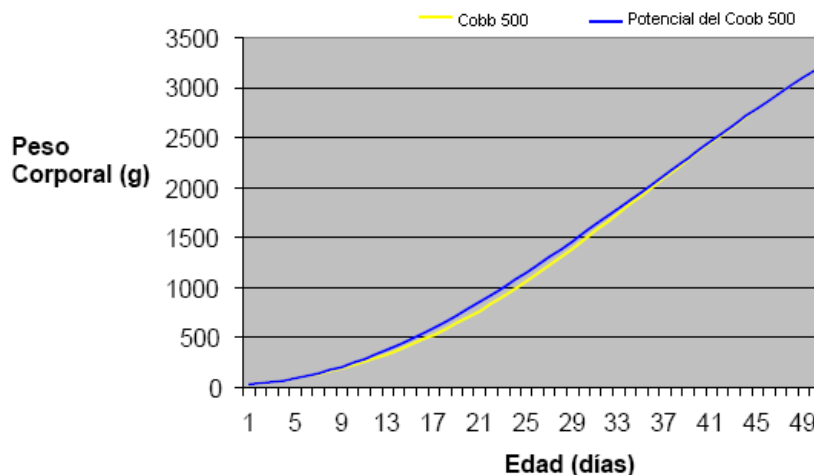
Tabla 2. Principales enzimas digestivas (entre paréntesis, proenzimas)

	Origen	Enzima	Sustrato/Acción	Producto
Presencia de alimento en cavidad bucal	Glándulas salivales	Alfa amilasa	Almidones. Hidrólisis de enlaces alfa 1,4	Por el corto tiempo de interacción, los productos son neligibles (dextrinas límite, maltosas, isomaltosas)
Presencia de alimento en estómago. Presencia de compuesto proteicos	Células Principales en mucosa gástrica	Pepsina (pepsinógeno)	Proteínas y polipéptidos. Ruptura de enlaces peptídicos adyacentes a aminoácidos aromáticos	Proteínas y oligopéptidos
Presencia de proteínas, grasa y carbohidratos en el quimo	Células de acinis pancreáticos	Alfa amilasa	Almidones. Hidrólisis de enlaces alfa	Dextrinas límite, maltosas e isomaltosas
		Tripsina (tripsinógeno)	Proteínas y polipéptidos. Ruptura de enlaces peptídicos adyacentes a arginina o lisina	Oligopéptidos
		Quimotripsina (quimotripsinógeno)	Proteínas y polipéptidos. Ruptura de enlaces peptídicos adyacentes a arginina o lisina	Oligopéptidos
		Elastasa (proteasa)	Elastina y otras proteínas. Ruptura de enlaces peptídicos de aminoácidos de extremo carboxiterminal	Aminoácidos y oligopéptidos
		Carboxipeptidasas (procarboxipeptidasas)	Proteínas y oligopéptidos. Ruptura de enlaces peptídicos de aminoácidos de extremo carboxiterminal	Aminoácidos y oligopéptidos
		Lipasa	Triglicéridos Ruptura de enlaces éster	Monoglicéridos y ácidos grasos
		Colesterol éster hidrolasa	Esteres de colesterol. Ruptura enlaces éster	Colesterol y ácidos grasos
		Fosfolipasa A ₂ (profosfolipasa)	Fosfolípidos Ruptura enlaces éster	Lisofosfolípidos y ácido graso
		Ribonucleasa	Ácido ribonucleico	Ribonucleótidos
		Desoxirribonucleasa	Ácido desoxirribonucleico	Desoxinucleótidos
	Mucosa intestinal	Enterocinasa	Tripsinógeno Ruptura enlace peptídico	Tripsina y oligopéptidos
		Aminopeptidasa	Polipéptidos Ruptura de enlaces peptídicos de aminoácidos del extremo N-terminal	Aminoácidos y oligopéptidos
		Dipeptidasa	Dipéptidos. Ruptura de enlace peptídico	Dos aminoácidos
		Maltasa	Maltosa y maltotriosa	Glucosas
		Sacarasa	Sacarosa	Fructosa y glucosa
		Lactasa	Lactosa	Galactosa y glucosa
		Dextrinasa	Dextrinas límite	Glucosa
Di y tripéptidos intracelulares	Citosol de enterocitos	Peptidasas	Di y tripéptidos	Aminoácidos

Fuente: Ganong, 1993, modificado de Romano, s.f.

En la Figura 2 se ilustra el perfil más eficiente de crecimiento de los pollos Cobb 500, la línea azul es el potencial genético, lo cual se logra fácil con el uso del iniciador de alta densidad nutricional. La línea amarilla muestra el menor costo de producción para el Cobb 500 y es el preferido perfil de crecimiento (Bourne, s.f.). En esta línea, las dietas de inicio que se suministran tienen una energía metabolizable de 2.850kcal/kg y los niveles de proteína cruda de 21%. Estos niveles son suficientes para promover el crecimiento aceptable y reducir al mínimo los problemas asociados a veces con tasas extremas de crecimiento. El beneficio añadido de lograr más lento crecimiento inicial es la posibilidad de mejorar la eficiencia alimenticia como consecuencia de la disminución en los requisitos de mantenimiento. Algunas investigaciones muestran que la mayor pérdida de peso desde principios de restricción del consumo de alimentos pueden ser superados a través de "crecimiento compensatorio" (Leeson y Summers, 2005 citados por Bourne, s.f.).

Figura 2. Tasa de crecimiento de la línea Cobb 500



Fuente: Suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde Cobb 500 (2008).

1.4.2 Requerimientos nutricionales. Los nutrientes son sustancias que sirven como fuente de energía metabólica y de materias primas para el crecimiento, reparación y génesis de tejidos corporales. Los animales tienen necesidades nutricionales concretas muy diferentes, dependiendo de la especie y en una misma especie varían según la composición genética, fenotipo, actividad y sexo.

Para que un animal este en un estado nutricional equilibrado debe tener u obtener: suficiente energía para que funcionen todos los procesos corporales suficiente; proteína para mantener un balance de nitrógeno positivo; suficiente agua y minerales para compensar las pérdidas o incorporación; y las vitaminas esenciales

que no sintetiza el organismo.

Actualmente la participación de las proteínas en las dietas se realiza con base a los requerimientos de aminoácidos (Ceniceros, 1997 citado por Rebollar, 2002). Para especificar este ítem en la Tabla 3 se presentan los requerimientos en general de los principales nutrientes necesarios en pollos de engorde. Las proteínas se emplean como componentes estructurales de los tejidos blandos, en enzimas, hormonas, neurotransmisores y en otras moléculas, además de servir como fuente de energía; están compuestas, en el tejido animal, generalmente por 20 aminoácidos y, las que el organismo no puede sintetizar son esenciales. De suma importancia que estos nutrientes esenciales sean aportados en la dieta.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según edad.

Nutrientes	Edad en días			
	22-33*	34-42*	22-33**	34-42**
E.M. Kcal/Kg	3050	3100	3100	3150
Proteína cruda	19,10	17,74	19,41	18,03
Ácido Linoleico	1,022	0,995	1,039	1,011
Calcio	0,810	0,751	0,824	0,763
Fosforo disp.	0,405	0,374	0,411	0,380
Sodio	0,201	0,121	0,205	0,194
Lisina	1,157	1,094	1,183	1,121
Metionina	0,463	0,438	0,473	0,448
Met + cis	0,833	0,788	0,852	0,807
Triptófano	0,197	0,186	0,201	0,191
Arginina	1,180	1,116	1,207	1,143
Treonina	0,787	0,744	0,804	0,762

*Desempeño regular. **Desempeño medio

Fuente: Tablas brasileñas para aves y cerdos (2005).

1.4.3 Agua. El agua es el principal componente del organismo, representando cerca del 70 % del peso corporal; de este porcentaje, aproximadamente el 70% se halla dentro de las células y el 30 % restante en los fluidos extracelulares y la sangre. El contenido de agua del organismo se halla asociado al de la proteína, lo cual implica que a medida que el ave envejece y su contenido de grasa aumenta, el contenido de agua disminuye, en términos de porcentaje con relación al peso corporal, normal durante el crecimiento y desarrollo (Leeson *et al*, 2000). El consumo de agua aumenta con la edad del ave, aunque disminuye en términos relativos (por unidad de peso corporal). El consumo de agua está estrechamente relacionado al de alimento, de manera que los mismos factores que inciden sobre el consumo de alimento afectan directamente el consumo de agua. Cuando la

temperatura es moderada, el consumo de agua será equivalente al doble, en peso del alimento consumido (Leeson *et al*, 2000).

1.4.4 Manejo. El manejo no sólo debe cumplir con las necesidades básicas de las aves, sino que también debe estar involucrado en el proceso para lograr un máximo de aprovechamiento del material genético. Así el manejo debe orientarse desde la selección de la avícola de procedencia, la edad del pollo, el tipo de vacunas, el lugar donde proviene el cisco o la viruta, el tipo de comederos y bebederos y, como deben utilizarse semana tras semana. El diseño de las construcciones, la cuarentena, la desinfección, el tratamiento de aguas, la calidad de la dieta y materias primas, etc.

Para cumplir y brindar al mercado un pollo de buen color, pechuga exuberante, y buen sabor, el manejo de pollos de engorde deberá ajustarse a las Buenas Prácticas Agropecuarias y a los factores determinantes de la producción (genética, nutrición, sanidad y el manejo de la explotación).

1.4.5 Instalaciones y equipos. Lo primero es seleccionar un terreno con buen drenaje y con suficiente corriente de aire natural. Se hace necesario garantizar un equilibrio total en el medio ambiente en el cual se encuentran las aves mediante unas excelentes instalaciones, un buen manejo de las camas y los equipos, evitando las altas o bajas temperaturas, humedades, el hacinamiento de las aves y la deficiente o excesiva ventilación.

Para determinar la densidad del lote deben considerarse los factores climáticos, el tipo de galpón, peso a sacrificio y el bienestar del animal. El principal objetivo, de las instalaciones es reducir al máximo las fluctuaciones térmicas que ocurren en un periodo de 24 horas, tomando especial cuidado durante las noches. Un buen control de temperatura promueve mejoras en la conversión de alimento y tasa de crecimiento de las aves. La instalación o galpón debe garantizar la realización de las operaciones de higiene desde la llegada de los pollitos hasta la obtención del producto terminado; servir de obstáculo para la entrada de vectores de enfermedades, plagas, contaminantes del medio; y brindar las condiciones apropiadas de bienestar, faena, procesamiento de las aves y almacenamiento tanto de insumos como del producto final.

Todos los equipos y utensilios de la explotación deben estar diseñados y contruidos de forma tal que aseguren la higiene, fácil y completa limpieza, desinfección e inspección.

1.5 ASPECTOS GENERALES DEL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)

Debido a la amplia diversidad y características de adaptación a gran cantidad de ecosistemas en climas tropicales las plantas forrajeras ofrecen perspectivas como solución biológica, práctica y viable para la alimentación animal. Leguminosas como el caupí se adaptan a un amplio rango de textura y fertilidad de suelos, desde los arenosos pesados hasta los arcillosos bien drenados (Legel 1990, Skerman 1991 y Calegari 1995), lo que debe estar relacionado con su rusticidad y características morfofuncionales (Viera y Ramis 1994). Como se ha expresado por D'Mello (1995) y posteriormente por Díaz y Padilla (1996) y Díaz *et al.* (1999) la ventaja del uso de las vignas y de otras leguminosas tropicales deriva de sus características agronómicas más adaptables a las condiciones del trópico, requerir menos labores agrícolas y su bajo contenido en factores antinutricionales.

1.5.1 Origen y distribución. La mayor diversidad genética y formas silvestres se encuentran en África Occidental, de ahí, probablemente sea el principal centro de origen y domesticación. El caupí se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales entre los 35° N y 30° S, a través de Asia y Oceanía, Oriente Medio, el sur de Europa, África, el sur de Estados Unidos, América Central y América del Sur. Nigeria es el mayor productor mundial; en América, Brasil es el país de mayor superficie cultivada, en especial en su zona nordeste (FAO, 2002; Freire *et al.*, 2000 citados Jover, s.f.).

1.5.2 Taxonomía. El Caupí es una planta autógama que pertenece al género *Vigna* (nombrado así en honor al médico y botánico italiano Doménico Vigna).

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

1.5.3 Descripción botánica. Es una planta herbácea anual; de tipo de

crecimiento determinado o indeterminado; con hábitos de crecimiento erectos, semie-rectos, postrados, semipostrados, o trepadores, con germinación epigea. Tiene hojas compuestas por tres folíolos (aunque el primer par de hojas es simple y opuesto), de forma globosa, subglobosa, hastada o subhastada, de unos 10 a 25cm de longitud y de unos 7 a 15cm de ancho, con bordes simples. Las flores están en racimos sobre pedúnculos bastante largos, Figura 3, 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 variedad (Parodi y Dimitri, 1972;IPGRI, 1983 citados por Jover s.f.). Las semillas tienen variadas formas y tamaños, desde formas cuadradas hasta redondas; también 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 muy desarrollada, que puede llegar a más de un metro de profundidad, pero también tiene raíces laterales bastante profusas, lo que le permite explorar un buen volumen de suelo. A través de la simbiosis con bacterias del género *Brady rhizobium*, 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., fluctúa entre 30 y 300 kg N/ha/año (Ali *et al.*, 2000 citados por Jover, s.f.). 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 muy adecuado para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, las rotaciones y asociaciones de cultivos, utilizándose, además, como forraje.

1.5.4 Ecología. 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*. El Caupí es moderadamente tolerante a la sequía; los suelos muy húmedos son dañinos para el cultivo reduciendo el crecimiento y favoreciendo las infecciones por hongos. Es muy susceptible a las heladas; presenta un rango de pH de 4 a 8 pero prefiere suelos un poco ácidos. Crece desde el nivel del mar hasta los 1600 m.s.n.m. presentando un mejor desarrollo en épocas cálidas con temperaturas de 25°C a 35°C. Tiene una moderada adaptación a la sombra así que no es una planta que demande gran cantidad de horas luz/año y no tolera quemadas, ni inundaciones ni salinidad (Schlecht, *et al.*, 1995). En la Tabla 4 se resumen los requerimientos edafoclimáticos de *V. unguiculata*.

Figura 3. *Vigna unguiculata*



Foto: Graeme Wilson. s.f.

Tabla 4. Requerimientos edafoclimáticos del Caupí

Especie	Condiciones edafoclimáticas	Referencias
<i>Vigna unguiculata</i>	<u>Suelos:</u> Amplio rango, desde arenosos pesados hasta arcillosos bien drenados, pH>5.5, no tolera encharcamiento. <u>Temperatura:</u> entre 20 y 35°C <u>Precipitaciones:</u> requiere de 750 a 1000 mm anuales, puede tolerar hasta 400 mm.	Legel 1990 Baltasar 1991 Calegari 1995

1.5.5 Agronomía. En establecimiento se siembra en arreglo según el uso previsto: para forraje y abono verde, 30 a 60cm. entre surcos y 10 a 15cm. entre plantas. Otros tipos de siembra reportados son de 10 a 40kg/ha cuando se siembra en surcos y hasta 90kg/ha en siembra al voleo. Profundidad de siembra de 3 a 5cm. La germinación es rápida en condiciones de humedad y temperatura adecuadas. Presenta buena respuesta a fertilizaciones con P, K y S, así como el Mo en suelos de baja fertilidad. Crece bien en asociación con cereales (Díaz, 2000)

1.5.6 Ciclo fenológico. El ciclo se puede dividir en dos fases: vegetativa y reproductiva durando, ambas fases, alrededor de 45 días. La fase vegetativa termina al aparecer los primordios 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 primordios 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 forraje. Sin embargo en una o dos semanas, al seguir creciendo los pedúnculos florales, ya sobresalen sobre el follaje y son fácilmente visibles (Jover, s.f.). 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 la flor fecundada. 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, s.f.).

1.5.7 Producción. Tiene buena producción de biomasa en un periodo de 2 – 4 meses, alcanzando rendimientos entre 3 y 8ton/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).

1.5.8 Composición nutricional. La planta posee casi tantas calorías por unidad de peso como los cereales, así como un alto contenido proteico, el contenido de grasa es bajo y es fuente de Ca, Fe y ciertas vitaminas (Trompíz, *et al* 2002). La harina de forraje de *V. unguiculata* puede contener bajo contenido total de polifenoles y de taninos condensados, si se comparan con otras especies de leguminosas que consumen comúnmente los animales según Scull (2003), como lo confirma savon 2006, con una vigna variedad blanca que no supera el 0,33% de polifenoles y taninos en forrajes.

Contiene un alto valor nutritivo, Tabla 5, 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 forraje es de 69,6% (Carvajal 2010). La utilización de la harina de forraje de leguminosas en la alimentación de especies monogástricas se ha sugerido por Díaz y Padilla (1997). Entre las leguminosas, estos autores recomendaron la *V. unguiculata*, por su mayor contenido de proteína bruta (PB) y verdadera (PV), así como de fibra bruta aceptable y menor presencia de factores antinutricionales.

Tabla 5. Composición bromatológica de harina de forraje de Caupí.

VARIABLE	CANTIDAD
Proteína %	17,1
Energía Bruta Kcal/Kg.	3483
FDN %	38
FDA%	23,5

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia y CIAT, (2010)

1.6 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD

En la producción animal es de vital importancia la eficiencia con que son utilizados los alimentos, si se tiene en cuenta que en el actual modelo tecnológico de producción del pollo de engorde los concentrados superan el 70% de los costos de producción. A su vez la eficiencia en el aprovechamiento digestivo ha quedado bien establecido que está estrechamente relacionado con la conversión alimenticia y la ganancia de peso diaria. Lo cual tiene una relevante importancia en la alimentación no convencional y en la formulación de dietas alternativas de las aves para la determinación del valor nutritivo en un nuevo alimento.

1.6.1 Definición de digestibilidad. La digestibilidad es el índice que cuantifica el proceso de transformación que sufren los alimentos en el tracto digestivo del animal desde su aprehensión e ingestión hasta la excreción de los residuos de los alimentos que no han sido aprovechados por el mismo (Maynard, *et al.*, 1986). Según Manríquez (1993) la digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento. 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. Se expresa como un porcentaje:

$$D = \frac{QA - QF}{QA} \times 100$$

Donde: D: digestibilidad en porcentaje; QA: consumo de alimento; QF cantidad de heces.

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, ya que normalmente no se hacen mediciones ni correcciones de los aportes metabólicos

y endógenos como enzimas, hormonas, metabolitos y células de descarnación. Cuando dichos valores son corregidos se obtiene la digestibilidad verdadera (Maynard, 1986, citado por Gutiérrez, 2000).

1.6.2 Tipos de digestibilidad. La digestibilidad de un alimento suele expresarse como la digestibilidad del mismo en base seca y como la digestibilidad de sus principios nutritivos, obtenidos del esquema analítico de Weende, es decir, cenizas, materia orgánica (materia seca menos cenizas), proteína cruda (N x 6,25), extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, el que incluye el almidón y otros azúcares solubles (Gutiérrez, 2000). Según este mismo autor, la tendencia actual toma en cuenta dos tipos de digestibilidad de los alimentos; la digestibilidad total que mide toda la desaparición del alimento en el tracto gastrointestinal y comprende la llamada digestión enzimática (hasta el íleon) y microbiana que tiene lugar en el intestino grueso. Y la digestibilidad prececal que se refiere a los procesos digestivos ocurridos en el intestino delgado.

1.6.3 Formas de medición de la digestibilidad. La digestibilidad “*in vivo*” de un alimento se puede medir directa o indirectamente.

En la forma directa se registra exactamente el consumo de alimento y la excreción fecal de un animal sometido a un tratamiento dietético, en un periodo de tiempo dado, después de una adaptación que generalmente no es menor a una semana. Para desarrollar este método se requiere el alojamiento de las aves en jaulas metabólicas (diseñadas para recoger cuantitativamente y por separado las excretas de las aves de una dieta determinada, con un comedero que permita al ave consumir la ración sin desperdiciarla y con la facilidad de recoger sin pérdida los residuos en caso de que existan y finalmente que sea de fácil limpieza y desinfección). Este tipo de prueba es indispensable hacer análisis tanto al alimento como a las heces, ya que los componentes que se pierden en estas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de que una vez el alimento sufre los procesos de degradación gastrointestinal se expulsa el remanente en las heces.

La forma indirecta para medir la digestibilidad no requiere cuantificar el consumo ni la excreción fecal, se puede utilizar un marcador que se agrega o que está incluido dentro del alimento en forma natural (Ly, 1999). El marcador de digestibilidad debe ser inerte, es decir no debe sufrir ninguna transformación a su paso por el tracto gastrointestinal del animal; inocuo; debe transitar por el tracto gastrointestinal a la misma velocidad que el alimento que marca y su determinación química debe ser cuantitativa. Dentro de los marcadores se encuentra el carmín, disprosio, cerio radiactivo, óxido férrico, óxido crómico y sulfato de bario (Gutiérrez 2002).

La digestibilidad de los nutrimentos de un alimento es distinta y depende de la proporcionalidad que guarden entre sí, influyendo de manera decisiva la fibra, que además de su poca digestibilidad en monogástricos, en grandes cantidades disminuye la digestibilidad de los otros componentes.

El aumento del tránsito intestinal, influenciado por la cantidad de fibra que contenga el alimento, reduce la digestibilidad del mismo debido a la limitación del tiempo para que se lleven a cabo la digestión y posterior absorción. Además cuando el alimento transita lentamente por los intestinos se ve sujeto a fermentaciones excesivas que reducen la digestibilidad por una degradación tal que hace que se desperdicie el valor nutricional del mismo (De la Peña, 1993)

1.7 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNAS Y CARBOHIDRATOS

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento. Comprende dos (2) 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 alrededor de un 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: la conformación de la proteína ya que las proteasas atacan a las proteínas insolubles más lentamente que a las proteínas globulares solubles; la unión a ciertos metales, lípidos, ácidos nucleicos, celulosa u otros polisacáridos; factores antinutricionales y, el tamaño y superficie de la partícula donde se encuentran las proteínas (González, *et al.*, 2007).

En monogástricos el perfil de aminoácidos absorbidos está muy relacionado con el perfil de aminoácidos de la dieta al no existir síntesis microbiana antes de la absorción. Los factores que pueden modificar la disponibilidad o digestibilidad son: interacciones negativas entre aminoácidos, competición entre la lisina y la arginina y también entre aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina) para ser absorbidos a nivel intestinal (Rubio y Brenes, 1995).

1.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Existen diferentes métodos para realizar el análisis económico, entre ellos se

encuentra el de presupuestos parciales, que es una herramienta que permite estimar el resultado económico de una actividad agropecuaria. En un presupuesto parcial se estiman los costos e ingresos futuros de actividades que involucran una parte de la superficie de una finca o los gastos ocasionados por el uso de algún insumo en particular. Para el cálculo de presupuestos parciales se utilizan los costos directos involucrados con la decisión bajo análisis, es decir, hay que tener en cuenta todos los costos de los bienes y servicios que son requeridos por la actividad en cuestión. En este tipo de análisis se consideran costos indirectos a todos los demás costos de la finca que no son afectados por la decisión que se analiza.

1.9 ANTECEDENTES

El uso de leguminosas en Latinoamérica está orientado a la recuperación de suelo y a la alimentación de ganado bovino. La *Vigna unguiculata*, ha sido ampliamente estudiada y cultivada en África, India, Estados Unidos, Cuba, Venezuela, Colombia y Brasil. En Centroamérica, se usa marginalmente por grupos de agricultores en el sur de Honduras y norte de Nicaragua, pero no se ha hecho mucha investigación ni esfuerzos de diseminación (Oporta y Rivas, 2006), en África el follaje y grano se utilizan para alimentación humana.

La utilización de harinas de forrajes, en sustitución parcial o total de las fuentes de proteína para la alimentación de los monogástricos, es una de las estrategias investigadas en la actualidad, debido a la ventaja que representa disponer de fuentes autóctonas de alimentos y poder reducir los costos de producción (Savón, 2005). Debido a lo anterior, la siguiente revisión no solo se basa en los análisis bromatológicos y de digestibilidad del Caupí en dieta de pollos de engorde sino también, se relacionan otras investigaciones de especies forrajeras en animales monogástricos.

Sarmiento et al (2002), midieron el comportamiento productivo de pollos en crecimiento alimentados con niveles creciente de harina de hoja de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) (0, 15, 25 y 35%), concluyeron que solo es posible incluir la harina hasta un 15% sin afectar significativamente la producción de los pollo de engorde.

En estudio desarrollado por Díaz (2000) sobre: Producción y caracterización de forrajes y granos de leguminosas temporales para la alimentación animal, se concluyó respecto a la producción y valor nutricional para las diferentes variedades / accesiones de caupí, que el estadio de forraje se alcanza entre los 40

y 50 días posteriores a la germinación. Así la variedad (v). INIFAT 93 resultó la más precoz y la Habana y Viñales 144A las más tardías. La v. blanca presentó los mayores ($P < 0,01$) rendimientos de forrajes (4,83 Tn MS/ha), seguida por la v. Habana 82 (3,92 Tn MS/ha) y la negra (3,63 Tn MS/ha), mientras que la v. verde presentó el menor comportamiento (1,09 Tn MS/ha). Los mayores ($P < 0,01$) contenidos de PB lo presentaron las variedades Habana 82 (20,05%), negra (18,20%) y viñales 144A (18,14%) con respecto a la v. verde (13,65%). Con relación al contenido de PV y EE, no se encontró variación. En cuanto a la FB Los mayores ($P < 0,05$) valores se obtuvieron para la v. negra (35,19%), blanca (31,84%) y viñales 144A (33,39%); mientras la ceniza fue superior ($P < 0,01$) en la v. verde (11,73%). En los minerales no se encontró diferencias.

Dihigo, *et al.* (2004), evaluaron plantas forrajeras predigeridas “*in vitro*” utilizando inoculo de conejo, destacando la baja digestibilidad de MS (36,49%) de *V. unguiculata*; adjudicada en mayor parte a la baja digestibilidad de FDN (13,49%). Al parecer el Caupí tiene la proteína muy ligada a su fibra, lo que dificulta el ataque de enzimas, principalmente de proteasas (Dihigo, *et al.*; 2002 citado por Dihigo, *et al.*, 2004) o la presencia de otras sustancias que interfieren en la digestibilidad de nutrientes, como son los compuestos fenólicos (Delgado *et al.*; 1998 citado por Dihigo, *et al.*, 2004), estos disminuyen en la producción de NH_3 factor que limita el crecimiento de las bacterias y la digestión de la fibra a nivel cecal (García *et al.*; citado por Dihigo, *et al.*, 2004) afectando así el grado de digestibilidad de esta fuente por los microorganismos presentes en el ciego.

Sanginés, (2005) evaluó niveles de inclusión de *Morus alba* del 0; 4; 8 y 12% de harina de hojas de morera en la dieta, concluyendo que disminuyen los parámetros productivos, con una ganancia de peso de 2,67; 2,57; 2,43 y 2,32kg para los niveles de inclusión respectivamente. Igualmente Casamachin y Díaz (2007), evaluaron tres niveles de inclusión de morera y reportan que se observa un efecto directo sobre el comportamiento productivo del pollo de engorde ya que a medida que se aumenta el porcentaje de inclusión de esta harina en la dieta es menor la ganancia de peso en el animal.

Alegría y Caicedo (2008), emplearon hojas de bore en raciones para pollos de engorde, permitiendo reducir los costos en un 5,13% (5% de inclusión), 9,6% (10% de inclusión) y 14,15% (15% inclusión) frente al concentrado testigo; sin embargo tan solo el tratamiento que empleo el 5% de hoja de bore (T2) fue rentable, pues es éste el que reporta una mayor ganancia de peso para la venta (1.794g) y un beneficio neto de campo del 107,88%; mientras que la baja ganancia de peso obtenida por los tratamientos T3 (1620,6g) y T4 (1.527,4g) no compensa reducción en el costo de alimentación; en consecuencia recomiendan el empleo del 5% de hoja de bore para dietas en pollo de engorde, ya que funciona como un

adecuado sistema no convencional de alimentación en el que se arrojan los parámetros productivos satisfactorios como reducción de costos de producción, excelente beneficio en el campo, buena ganancia de peso al sacrificio y valor agregado en la pigmentación de la piel en el pollo.

En estudio sobre el efecto en el consumo y digestibilidad de la inclusión de 0; 15 y 30% (base seca) de harina de la hoja de caupí, en dieta para cerdos en crecimiento, desarrollado por Montoya *et al* (2010). Encontraron que al incorporar el forraje del caupí (variedad 4555) (HC) en la dieta para cerdos en crecimiento, base en maíz y soya, se aumenta el consumo de la MS hasta un 8%, sin afectar la digestibilidad fecal aparente de la MS y de la EB, pero si disminuyó en forma curvilínea la digestibilidad de la proteína bruta al incrementarse el nivel de HC. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la HC, determinado por el "método de diferencia", fueron 57 y 53% para la MS y la proteína bruta, respectivamente. Los cerdos alimentados con niveles de 30% de proteína bruta a partir de la HC mostraron mayor desarrollo del intestino grueso frente al delgado, en comparación con los cerdos alimentados con la dieta testigo.

Carvajal, (2010) evaluó la digestibilidad "in vitro" prececal y cecal de plantas forrajeras tropicales para la nutrición en cerdos, encontrando que las especies forrajeras con menor contenido de FDN (316-347g/Kg MS) presentaron valores superiores en la digestibilidad de la MS como *Centrosema molle*, *V. unguiculata* y *X.sg* (70,8; 69,6 y 61,8% respectivamente) y aquellas que mostraron valores menores de CEN presentaron digestibilidad de la proteína alta como *C. m*, *Cratylia argentea* y *Desmodium velutinum* (62,2; 61,4 y 59,7% respectivamente). Concluyendo que las especies forrajeras promisorias para la alimentación de cerdos de acuerdo a su composición química, digestibilidad y fermentación "in vitro" son: Caupí; *C. m*; *D. vt.* y *C. ar.* Por el contrario las especies *Stylosanthes guianensis* y *Centrosema brasilianum* presentaron bajas digestibilidades "in vitro" de la MS y energía.

Las harinas foliares de leguminosas presentan una combinación diversa de FAN; los taninos y saponinas son los más abundantes. Las vinas no presentan compuestos tóxicos en rumiantes y en animales monogástricos los factores antitripsicos presentes en semilla principalmente pueden ser disminuidos con tratamientos. Cook *et al.*, (2005). En la harina de forraje, Scull y Savón (2003) demuestran que tienen bajo contenido total de polifenoles y de taninos condensados, si se comparan con otras especies de leguminosas que consumen comúnmente los animales.

Este trabajo desarrolla la evaluación de la digestibilidad de la harina de forraje de

Vigna unguiculata en la etapa de finalización de pollos de engorde. Usando la metodología de sustitución peso a peso de la dieta, con soporte en análisis de Weende y Energía bruta del alimento y heces.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo contempló la caracterización y determinación de la composición química de la dieta control y experimental, mediante la metodología de sustitución peso a peso de la dieta, se determinó la digestibilidad “*in vivo*” de la harina del forraje *Vigna unguiculata* en la fase de finalización de pollos de engorde.

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Universidad del Cauca ubicada al nororiente del municipio de Popayán, en la vereda Las Guacas, con coordenadas geográficas 2° 29' latitud Norte, 76° 33' longitud Este. En la Tabla 6 se presentan los datos meteorológicos del sitio de localización del proyecto.

Tabla 6. Condiciones ambientales de Popayán – Vereda “Las Guacas”.

ÍTEM	VALOR
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

El análisis de laboratorio fue realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional sede Palmira – Valle del Cauca.

2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Se empleó un galpón de lados abiertos de las siguientes dimensiones: 9m. de largo por 4m. de ancho y 2,2m. de alto, Figura 4. Ventilación natural manejada a media pared lateral (1,20m) terminada en malla y recubierta con una cortina de polipropileno; techo en hoja de zinc y piso en cemento.

El galpón contó con sistema de iluminación y de calefacción (dos criadoras a gas y 6 infrarrojas).

Se ubicaron 12 jaulas metabólicas de 1,25m. de largo por 0,80m. de ancho y 0,50m. de alto, a una distancia de 0,60m. del suelo, con capacidad para 10 pollos. Cada jaula contó con un comedero lineal, un bebedero tipo niple con copa y dos bandejas de aluminio para la recolección de heces.

Figura 4. Galpón utilizado en el desarrollo del trabajo de campo.



Foto: Vivas Nelson, 2010.

2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

A continuación se relaciona el material experimental utilizado para la determinación “*in vivo*” de la digestibilidad de la harina forraje de caupí en la fase de finalización en pollos de engorde.

2.3.1 Animales. El estudio se realizó con 120 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, recriados de 18 días de edad con el plan sanitario respectivo.

2.3.2 Alimento. Para la dieta control y dieta experimental se formularon, según requerimientos nutricionales de la etapa de finalización de pollos de engorde y atendiendo a los tratamientos planteados en el ensayo, dos tipos de concentrado:

Alimento para la dieta del tratamiento control (T0): Concentrado no comercial sin harina de forraje de Caupí. Elaborado para el ensayo, Figura 5.

Figura 5 Concentrado no comercial, sin inclusión de harina de forraje de caupí



Alimento para la dieta del tratamiento experimental (T1): Concentrado no comercial con el 20% de inclusión de harina de forraje de Caupí, Figura 6. Elaborado para el ensayo

Figura 6. Concentrado no comercial con 20% de harina de forraje de caupí.



2.3.3 Insumos. Los materiales y equipos utilizados en el desarrollo del trabajo de campo fueron:

Balanza de resorte tipo reloj con capacidad de 100 Kg.

Gramera con capacidad de 6000g.

2 espátulas.

Bolsas plásticas herméticas.

4 Canecas plásticas capacidad 55Gal.

4 Baldes plásticos capacidad de 12L.

Nevera con enfriamiento de -9°C .

Horno eléctrico
Peletizadora
200ml de formol
Termómetro de máximas y mínimas
2 palas
10m² de plástico
½ bulto de cal viva
4 bultos, concentrado iniciación tipo comercial

2.4 PROCEDIMIENTO

De acuerdo a la revisión bibliográfica se determinó realizar el trabajo de campo bajo dos (2) tratamiento representados en niveles de inclusión de 0 y 20% de harina de forraje de *Vigna unguiculata*, con el fin de evaluar su digestibilidad en pollo de engorde en etapa de finalización, en condiciones ambientales de la meseta de Popayán- Cauca.

2.4.1 Obtención de la harina del forraje Caupí. El forraje de *Vigna unguiculata* accesión 4555 procedente del programa de Pastos y Forrajes Tropicales del CIAT, se secó a 60°C durante 72 horas, hasta lograr una humedad de 8.7%. La harina fue obtenida a partir del forraje seco en molino de martillos a un tamaño de tamiz de 5 mm. Una vez obtenida la harina fue etiquetada como forraje-Caupí y almacenada a temperatura ambiente.

2.4.2 Desinfección y alistamiento del galpón y equipos. Se partió de una instalación existente. La limpieza y desinfección del galpón y los equipos, se inició con un lavado general de la instalación con agua a presión y detergente. Una vez seco se desinfectaron pisos, paredes y equipos con una solución de formol al 10%, se dejó en cuarentena por 15 días. El alistamiento del galpón se realizó 3 días previos al recibimiento de los pollos, ubicando en cada jaula un comedero lineal y un bebedero niple tipo campana. La iluminación se realizó con bombillo de 60 wats y la calefacción de las primeras noches y días con temperaturas muy bajas con seis criadoras infrarrojas y dos a gas.

2.4.3 Recibimiento de pollos. Los pollos se recibieron de 18 días de edad. El peso corporal promedio fue de 670g/pollo, se ubicaron en cada jaula 10 animales, con concentrado de iniciación y agua a voluntad.

Debido a que el 40% presentaron diarrea, se inició tratamiento a todo el lote con antibiótico Trimetropim – sulfa suspensión oral, a razón de 1ml/1L de agua de bebida, durante 6 días según recomendación de un Médico Veterinario.

2.4.4 Dietas experimentales. En la Tabla 7, se muestra la composición de las dietas experimentales usadas en el ensayo.

Tabla 7. Composición química de las dietas

DIETA	M.S. TOTAL	% CENIZA	ENERGÍA BRUTA cal/g	% PROTEÍNA	% FIBRA CRUDA	% E. E
T0	91,31	8,34	4342,57	21,39	4,83	6,74
T1	89,05	9,24	3604,09	19,99	7,62	13,02

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2011

Una vez adquiridas las cantidades de materias primas, Tabla 8, se procedió al pesaje respectivo. La elaboración siguió las etapas descritas en la Figura 7, realizando una premezcla con los insumos de menor volumen y luego de estas con las de mayor volumen por capas, el líquido se asperjo por capas en todos los insumos. Para homogenizar las materias primas se procedió a mezclarlas con pala; luego se procedió al peletizado, el cual se seco al sol y en horno a 50°C/6h, para ser almacenados y etiquetados en canecas de 55 galones con su respectiva tapa.

Figura 7. Diagrama de flujo para preparación de las dietas experimentales

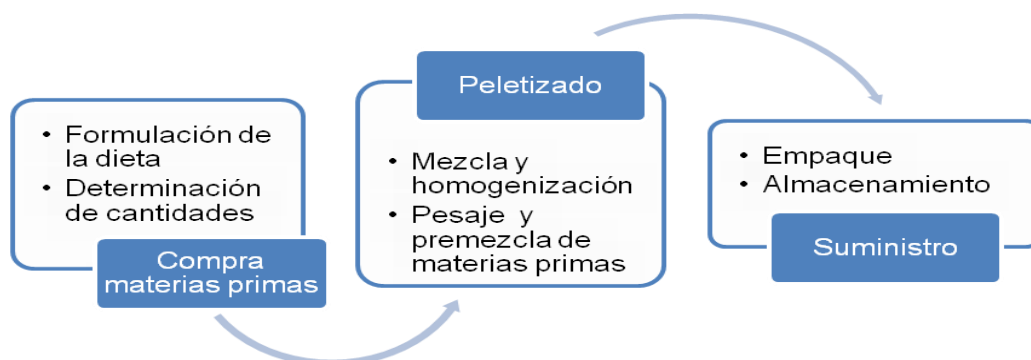


Tabla 8. Materias primas y cantidad utilizada en las dietas experimentales.

MATERIA PRIMA	Cantidades en kg.		
	Dieta control	Dieta experimental	TOTAL
Harina de pescado	9,4	7,2	16,6
Torta de soya	41,3	31,2	75,5
Forraje molido de Caupí		35,7	35,7
Maíz	122,1	92,4	214,5
Biofos	1,85	1,4	3,25
L – lisina	0,18	0,14	0,32
DL - Metionina	0,18	0,14	0,32
Aceite de palma	1,85	1,4	3,2
Carbonato de calcio	2,03	1,54	3,57
Premezcla vitaminas y minerales	1,85	1,4	3,25
Sal común	0,74	0,56	1,3
Bentonita	3,5	2,7	6,5
TOTAL	184,98	175,78	360,76

Dieta control: 100% concentrado finalización no comercial. Dieta experimental: 80% concentrado finalización no comercial con 20% de inclusión de harina de forraje de caupí.

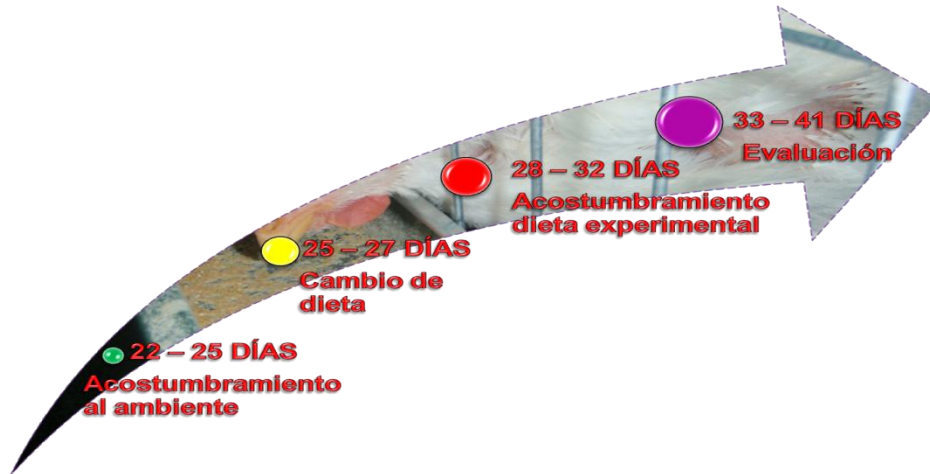
2.4.5 Acostumbramiento. A los 22 días de edad, los pollos se sometieron a un periodo de acostumbramiento de 11 días: 4 días al ambiente (día 22 al 25 de edad), 2 días al cambio de dieta (día 26 al 27 de edad) y 5 días de acostumbramiento a la dieta experimental (día 28 al 32 de edad), Tabla 9. La etapa de evaluación se realizó en un periodo de 9 días (día 33 al 41), para completar así 20 días de trabajo experimental, el cual se resume en la Figura 8.

Tabla 9. Acostumbramiento a la dieta experimental.

DÍA	CONSUMO* ave/día (g)	TIPO	%
1	142,2	Comercial.	75
		Experimental	25
2	142,2	Comercial.	50
		Experimental	50
3	142,2	Comercial.	25
		Experimental	75
4	142,2	Experimental	100
5	183,7	Experimental	100

*según: suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde Cobb 500. 2008

Figura 8 Etapas experimentales



2.4.6 Suministro de alimento. El alimento fue suministrado en tres raciones diarias (8:00a.m.; 12:00m. y 4:00p.m.) y según el consumo recomendado para la etapa de finalización comprendida entre los 28 y 41 días para los pollos de engorde Cobb 500, Tabla 10.

Tabla 10. Consumo diario y acumulado de alimento

Edad en Días	Peso machos (gr)	Consumo diario (gr)	Consumo machos acumulado (gr)
21	885	90	1100
28	1478	142,2	2095
35	2155	183,7	3381
42	2839	206,6	4827

Fuente: suplemento de rendimiento y nutrición para pollos de engorde Cobb 500. 2008

2.4.7 Otras labores. En otras labores se contemplan las realizadas diaria y semanalmente, para la recolección de los datos de campo requeridos en la investigación.

2.4.7.1 Pesajes: Durante el periodo de evaluación se realizaron pesajes en ayunas a los 28, 35 y 40 días de edad; con el fin de recolectar datos para el análisis de los tratamientos.

2.4.7.2 Pesaje de alimento consumido y rechazado: realizado durante la fase de evaluación. El pesaje de alimento consumido se realizó acorde con las horas de alimentación y el consumo teórico semanal para pollos de engorde, y el pesaje de alimento sobrante una vez por día antes de las 7:00a.m.; esto con el fin de determinar el consumo real de la dieta control y dieta experimental.

2.4.7.3 Recolección de heces: se realizó durante la etapa de evaluación, de la siguiente manera:

En la mañana 7:00a.m.y en la tarde 3:30p.m. antes de proporcionar el alimento; estas heces fueron desechadas en las zonas establecidas para tal fin.

Después de suministrar el alimento de la mañana y la tarde, con el fin de recolectar heces frescas para completar muestras por tratamiento y repetición que se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira para el análisis de Weende, y Energía Bruta. Las muestras se almacenaron en bolsas herméticas, una para cada repetición debidamente identificadas y conservadas a -9 °C. El peso final promedio para las muestras de los diferentes tratamientos fue de 800g. durante los nueve (9) días de evaluación.

2.5 VARIABLES EVALUADAS

Para la determinación de la digestibilidad "*in vivo*" de la harina de forraje de caupí se evaluaron las siguientes variables:

2.5.1 Calidad del alimento y heces. Se realizó, tanto para las dietas como para las heces, por la metodología de Weende y Energía Bruta desarrolladas por el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira- Valle del Cauca (Leterme y Estrada, 2006), (ANEXO A). En la Tabla 11 se relaciona el método utilizados para la composición química de las dietas y las heces.

2.5.2 Consumo de alimento. Se realizó pesaje diario del alimento suministrado y rechazado por tratamiento y repetición, teniendo en cuenta el consumo ideal por semana de vida (Tabla 10). Se suministro el consumo diario en tres (3) raciones de acuerdo al número de animales alojados por jaula. Se determinó mediante la fórmula:

$$QA = AS - AR$$

Donde: QA: Consumo de alimento; AS: Alimento suministrado y AR: Alimento rechazado.

Esta variable permitió realizar mediciones de suministro y rechazo del alimento para determinar el consumo diario de cada tratamiento, el cual se realizó pesando la cantidad diaria suministrada en cada dieta menos el peso del alimento no consumido del día respectivo.

Tabla 11. Método para determinar análisis químico de alimento y heces.

	Método	Referencia
Weende		
MS	Secado a 105°C hasta alcanzar peso constante	AOAC, 1990
CEN	Mineralización 600°C durante 8h	AOAC, 1990
FB		
E.E.	Método Soxhlet	AOAC, 1990
PROTEÍNA	Kjeldahl	Kjeldahl, 1983
Energía	Bomba calorimétrica	Parr1341

2.5.3 Cantidad heces. El pesaje de las heces se realizó dos veces al día, en la mañana antes de suministrar la primera ración y en la tarde antes de suministrar la tercera ración de alimento.

2.5.4 Ganancia de peso. El peso corporal de las aves fue registrado a su llegada al galpón experimental y a los 28, 35 y 40 días de edad. Esta variable se evaluó de acuerdo al número de animales por repetición y tratamiento.

2.5.5 Conversión alimenticia. Se estableció por medio de la relación de consumo y ganancia de peso, mediante la fórmula:

$$CA = \frac{KA}{GP}$$

Donde: CA: Conversión alimenticia; KA: Consumo de alimento y GP: Ganancia de peso

2.5.6 Mortalidad. Se determinó en forma porcentual al finalizar el ciclo, bajo la relación de animales que entran sobre los que salen en cada tratamiento, aplicando la siguiente fórmula:

$$\%M = \frac{TAM}{TAE} \times 100$$

Donde:%M: porcentaje de mortalidad; TAM: Total aves muertas y TAE: Total aves encasetadas.

2.6 CÁLCULOS ESPECÍFICOS

Con los resultados de las pruebas de laboratorio y los registros del trabajo de campo se determinaron los siguientes cálculos:

2.6.1 Coeficiente de digestibilidad fecal aparente. El coeficiente de digestibilidad fecal aparente de la Materia Seca (MS) y de los componentes de la dieta se determinaron mediante la siguiente fórmula:

$$\%D = \frac{(QA * X) - (QH * X)}{(QA * X)} * 100$$

Donde: D: digestibilidad en porcentaje de X; QA: cantidad de alimento; X: Variable a cuantificar y QH: cantidad de heces

2.6.2 Digestibilidad de mezcla (DM). Para determinar la cantidad la digestibilidad de la mezcla se utilizó la siguiente fórmula:

$$DM = [DC * \%I] + [DDC * \%I]$$

Donde: DM: digestibilidad de la mezcla; DG: digestibilidad del caupí; %I: porcentaje de inclusión de la harina de caupí y DDC: digestibilidad de la dieta control

2.6.3 Digestibilidad de la harina forraje de caupí. Para determinar el porcentaje de digestibilidad de la harina de forraje de caupí se utilizó la siguiente fórmula:

$$DC = \frac{DM - (DDC \times \%I)}{\%I}$$

Donde: DC: digestibilidad de la harina de forraje del caupí; DDC: digestibilidad de la dieta control y %I: porcentaje de inclusión de harina de forraje de caupí.

2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa SASv9.0 (SAS Institute, Cary, NC, USA; SAS, 1999). El diseño experimental que se desarrolló en la evaluación de la digestibilidad de la harina de forraje de *V. unguiculata* fue un diseño completamente al azar con dos (2) tratamientos y seis (6) replicas, cada uno, con diez (10) animales por unidad experimental, Figura 9; cuando el efecto del ANOVA fue significativo ($P > F = 0.05$), los valores medios de cada variable fueron comparados usando el test de Duncan. Los tratamientos consistieron en evaluar la digestibilidad del forraje de Caupí entre los días 33 al 41 de la fase de finalización de pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, así:

Figura 9. Distribución de los tratamientos y repeticiones.

HORNO	T0 R5	T1 R3	T0 R2	T0 R4	T1 R1	T1 R2
ENTRADA	PASILLO					
CILINDRO DE GAS	T1 R5	T0 R6	T1 R6	T1 R4	T0 R1	T0 R3

T0: Dieta base control de finalización formulada (no comercial) sin forraje de Caupí.

T1: Dieta base experimental de finalización formulada (no comercial) con 20% de inclusión de harina de forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*)

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

2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico, se utilizó la metodología de presupuestos parciales que permite contrastar el tratamiento control con el tratamiento experimental y determinar su viabilidad en términos económicos. Para cada tratamiento se consideraron lo siguiente: Costos variables: se calculan mediante la sumatoria del concepto del precio del kg de la dieta experimental para la cantidad consumida y el concepto del precio de la dieta testigo utilizado por la cantidad consumida; el beneficio bruto de campo: equivale al kg de carne producida durante el ensayo, multiplicado por el precio promedio del kg de carne al momento del análisis y, el beneficio neto de campo: constituye la diferencia entre el valor del beneficio bruto de campo y el valor de los costos variables.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenida la información de campo (ANEXO B) se realizó el análisis de varianza ANOVA, utilizando el programa estadístico SAS versión 9 (ANEXO C) y en los tratamientos que presentaron diferencias estadísticas significativas para determinarlas, se aplicó la prueba de significancia de rango múltiple de Duncan (ANEXO D). Obteniéndose los siguientes resultados para las variables evaluadas.

Dentro de los resultados también se expresara La digestibilidad de la harina de forraje de *V. unguiculata* y los componentes químicos mediante el análisis de Weende de la dieta control y la dieta experimental (20% de inclusión de harina de forraje de Caupí), así como la energía bruta.

3.1 DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE CAUPÍ

La digestibilidad “*in vivo*” de la materia seca (MS) del forraje de *V. unguiculata* en pollos de engorde, durante la etapa de evaluación fue de 33,27%, confirmado por Leterme, *et al.* (2005), quienes afirman que los nutrientes de forrajes como *T. gigantea*, *M. alba* y *X. saggitifolium* poseen digestibilidades menores al 36% para cerdos; reafirmado por Domínguez, *et al.* (2004), para forraje de morera.

Los resultados son ligeramente inferiores a la digestibilidad “*in vitro*” (DIV) de la MS en conejos, para *V unguiculata* 36,49%, *Trichantera gigantea* 51,6%, *Lippia eddulcis* 49,04%, de *Neonotonia wightii* 41,39% y de *S. sinenae* 89%, reportados por Dihigo, *et al.* (2004). La digestibilidad encontrada coincide con la obtenida por (Ly, *et al.*, 2001, citado por Carvajal, 2010), obtuvieron la digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca de tres especies forrajeras, encontrando similar digestibilidad para *Eucalyptus spp* (33,2%) y para *T gigantea* (30,4%). En tanto que Carvajal (2010), reporta que las especies *C. molle*, *V. unguiculata*, *D. velutinum*, *X. saggitifolium* y *C. brasiliensis* presentan una digestibilidad “*in vitro*” para la MS mayor al 60% en cerdos.

Ruiz (2005), reportó DIV de la MS para *X. saggitifolium* de 50,7%, valor menor al encontrado en otros forrajes como *T, gigantea* y *M, alba* (33 y 48,2% respectivamente). En tanto que la digestibilidad “*in vitro*” del *King grass* en pollos de engorde y gallinas de traspatio fue de 27,2 y 34,7%, respectivamente, según lo reportado por Huerta *et al.*(s.f.).

Al contrastar la digestibilidad “*in vivo*” de la MS del forraje de caupí obtenida en pollos de engorde, con los reportes de investigaciones en monogástricos (conejos y cerdos), se puede observar su similaridad con los resultado obtenidos para vignas y otros forrajes. Carvajal (2010) considera que “la baja digestibilidad de materia seca de *Vigna unguiculata* se adjudica en mayor parte a su baja digestibilidad de FDN. Al parecer *el* caupí tiene la proteína muy ligada a su fibra, lo que dificulta el ataque de enzimas, principalmente de proteasas (Dihigo, *et al*; 2002 citado por Dihigo, *et al.* 2004) o a la presencia de otras sustancias que interfieren en la digestibilidad de nutrientes, como son los compuestos fenólicos (Delgado *et al*; 1998 citado por Dihigo, *et al.* 2004)”.

Así mismo Benmiled (s.f.) reporta que los alimentos ricos en fibra pueden llenar el sistema digestivo del ave sin proporcionar los nutrientes necesarios en suficientes concentraciones ya que el nivel de fibra dietética se asocia con un descenso significativo de la digestibilidad ideal del nitrógeno, grasa y minerales (P y Ca.) confirmando su efecto directo sobre la digestión y absorción de los nutrientes, por tanto alimentos altos en fibra pueden contribuir a la baja digestibilidad de los componentes nutricionales.

3.2 DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA

Mediante análisis cuantitativo y cualitativo de las dietas y las heces se obtuvo la digestibilidad aparente de los diferentes componentes del alimento, Tabla 12.

Tabla 12 Digestibilidad aparente de los componentes nutricionales de las dietas.

Tratamiento	DMS	DCEN **	DPC	DEB	DEE	DFC	DENN
T0	72,48	22,95	62,35	80,97	73,22	71,97	74,90
T1	64,64	21,23	57,18	69,47	84,50	43,78	66,43

DMS: digestibilidad de la materia seca, DCEN: digestibilidad de las cenizas, DPC: digestibilidad de la proteína cruda, DEB: digestibilidad de a energía bruta, DEE: digestibilidad del extracto etéreo, DFC: digestibilidad de la fibra cruda, DENN: digestibilidad del extracto no nitrogenado.

3.2.1 Digestibilidad aparente de la materia seca. Al realizar el análisis de varianza para la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) se presentaron diferencias estadísticas ($Pr > F=0,05$; CV 3,37), entre los tratamientos T0 y T1, encontrándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de *V. unguiculata*,

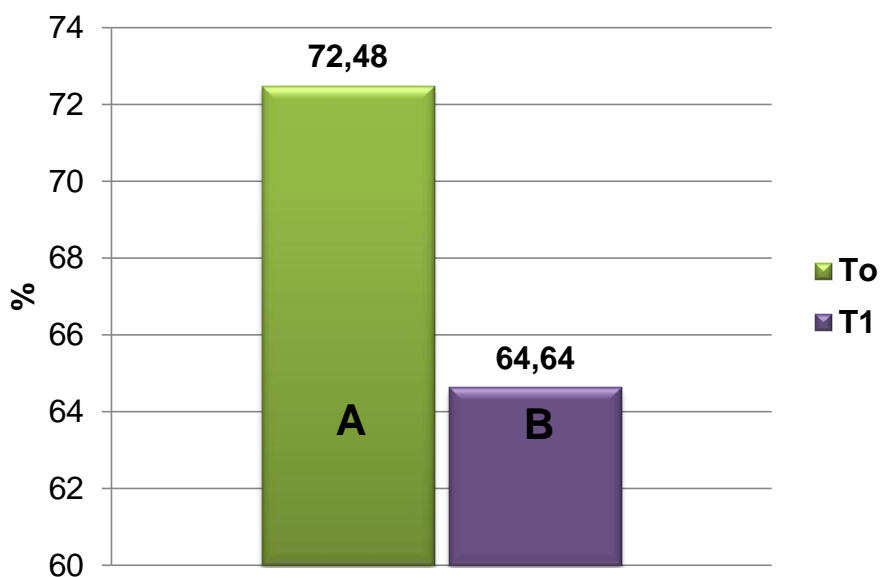
afecto la DAMS, frente a los pollos alimentados con la dieta control.

Para determinar las diferencias encontradas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan, dando como resultado dos grupos para la media estadística de la digestibilidad “*in vivo*” (DV) de la MS, siendo mayor el tratamiento T0 en 7,84% que T1, Figura 10. Sin embargo la DVMS para T1 (64,64%) es mayor a la reportada por Acosta *et al.* (1997), para forraje de *B. nívea* (59,9%), con una inclusión del 25%, y con inclusiones mayores la digestibilidad disminuye.

Botero (2004) quien evaluó en cerdas adultas la digestibilidad “*in vivo*”, incorporando 0, 15 y 30% de forraje de nacedero, bore y morera, obteniendo una DAMS de 77,9, 81,7, 80,3% para la inclusión del 15%, para la de 30%: 73, 78,7, 77,3% respectivamente y para el 0% 83,7%; valores mayores a los encontrados en este trabajo, pero que guardan la relación en que la dieta control es mayor a las inclusiones con especies forrajeras.

Por otro lado la DVMS de T1 es ligeramente menor a la DIVMS en cerdos (69,9%) obtenida por Carvajal (2010), pero mayor a la DIVMS reportada por Dihigo, *et al.* (2004) de 36,5% y de 54,3% por Osorio (2008) (citado por Carvajal, 2010).

Figura 10. Digestibilidad aparente de la materia seca.



La digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca, mayor a 60% se puede asociar con la calidad de fibra a pesar de que son especies con alto contenido de fibra, comparado con otras fuentes proteicas (Torta de soya) utilizadas en la alimentación de monogástricos, tienen adecuadas DIVMS, posiblemente porque “las características de la fibra sea más accesible al ataque enzimático, al relacionarlo con lo expuesto por Souffrant (2001), Rodríguez y Figueroa, (2000), Wenk (2001) y Bergner (1980), en referencia a la importancia de las propiedades físico-químicas de la fibra del alimento en los procesos digestivos, más que la cantidad de esta” (Carvajal, 2010). Así como los contenidos de fibra en el alimento afecta el tiempo de digestión en el tracto digestivo y el confinamiento de los animales reduce el tono muscular y probablemente al disminuir el tránsito de digesta, se sobreestima la digestibilidad con respecto a los animales alojados en corrales (Ly, 1999).

3.2.2 Digestibilidad aparente de la proteína cruda. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > F=0,05$, CV 8,82) entre el tratamiento control y la inclusión del 20% de forraje de caupí, es decir que hay un 95% de probabilidades que la digestibilidad de la proteína cruda de la dieta no se vea alterada por la inclusión del 20% de forraje de *Vigna unguiculata*, frente a los pollos que no se alimentaron con caupí, Figura 11.

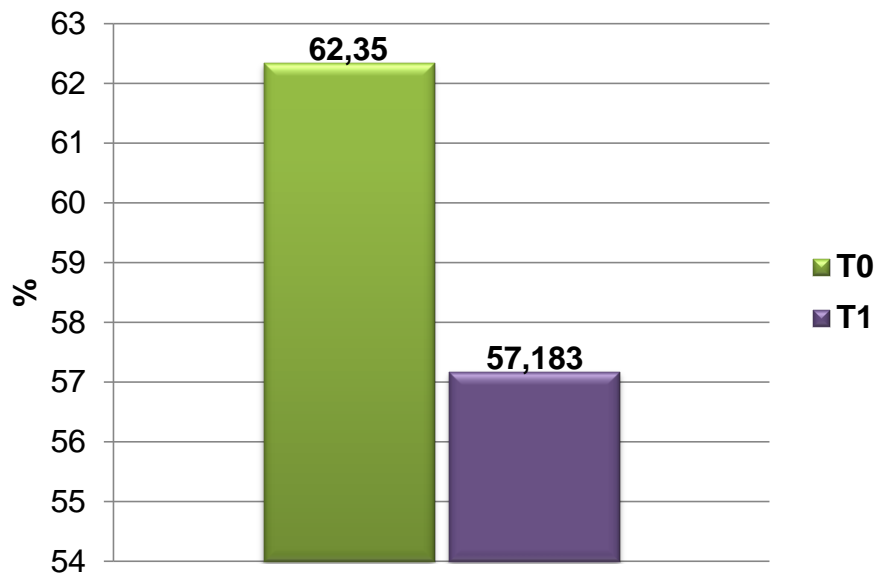
Según Carvajal (2010), respecto a la digestibilidad de la proteína “*in vitro*” en cerdos, el menor valor lo obtuvo el caupí (39,65%), la cual es menor a la DAMS de la proteína de la dieta (57,7%) y esta es menor a la digestibilidad de la proteína “*in vitro*” que presenta la torta de soya (82,3%). Osorio (2007), encontró valores mayores en digestibilidad “*in vitro*” de la proteína de *D. velutinum*, *C. brasiliensis*, *V. unguiculata*, con 72%, 66,6%, 58,6%, respectivamente y similar al encontrado con *C. argentea* 65,9%; las cuales son mayores a las encontradas por Carvajal (2010) para *V. unguiculata* y similares a las encontradas en el presente trabajo para digestibilidad “*in vivo*” en pollos de engorde.

Para el análisis comparativo entre la digestibilidad “*in vivo*” y digestibilidad “*in vitro*” se debe tener presente como lo reporta Leterme, *et al.* (1998): “la digestibilidad de proteína con ensayos “*in vivo*” prececal siempre son mayores, porque en pruebas “*in vitro*” no se tienen en cuenta las pérdidas endógenas (alto contenido proteico) que se produce en la digestibilidad y paso de alimentos fibrosos en el tracto digestivo, Se conoce que la mayoría de los polisacáridos estructurales influyen significativamente en las pérdidas endógenas”.

Itzá *et al.* (2010), reportan que de la proteína aportada por la morera (4,56g/día) en la dieta M4 (4% de inclusión de harina de hoja de *Morus alba*, HHM), solamente

0,51% fue digestible; del 8,67% de proteína en M12 (12% de inclusión de HHM), solamente 1,53% fue digestible representando el 2,88% como proteína digestible, concluyendo que la digestibilidad verdadera de la proteína de la HHM es baja.

Figura 11. Digestibilidad aparente de la proteína cruda.

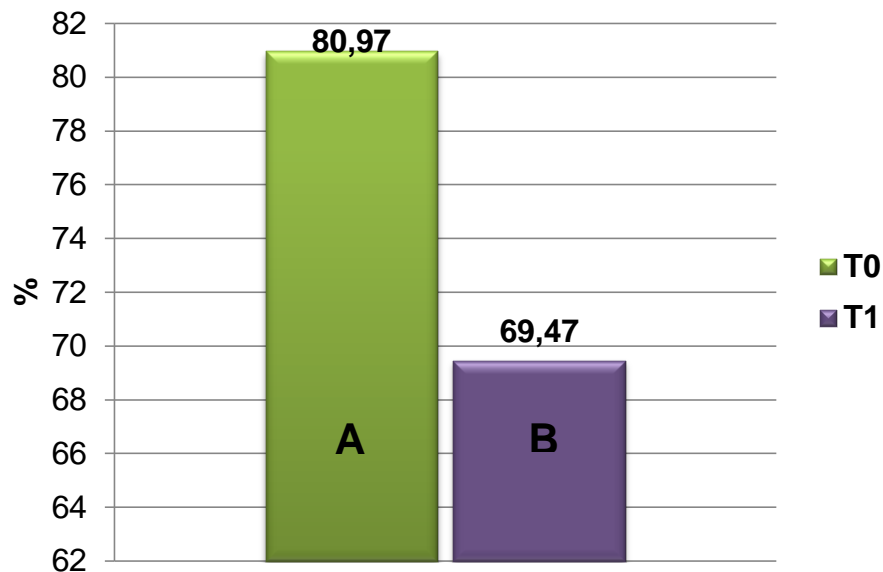


Existe dos clases de proteínas que son comunes en los forrajes de leguminosas según Carvajal (2010), como subunidades grandes de rubisco (LS) y Proteína vegetativa de almacenamiento foliar (VSP) que podría estar involucrada en procesos de reserva y que por su alto contenido en aminoácidos esenciales le da un alto valor agregado al contenido y composición aminoacídica, lo cual los hace viable para la alimentación de monogástricos, lo que explica que no se presentaran diferencias estadísticas entre el tratamiento control y el experimental a pesar del alto contenido de fibra de la dieta con harina de forraje de caupí.

3.2.3 Digestibilidad aparente de la energía bruta. La digestibilidad aparente de la energía bruta (DAEB) fue de 80,97% para la dieta control y 69,47% para la dieta con el 20% de inclusión de harina de forraje de *Vigna unguiculata*, Figura 12. Al realizar el análisis de varianza se presentaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F=0,05$; CV 2,09), encontrándose, con un 95% de confiabilidad que la inclusión de harina de forraje de caupí afectó la DAEB, frente a los pollos que no se les suministró la dieta experimental.

Para determinar las diferencias encontradas entre los tratamientos se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan, donde se observaron dos grupos para la media estadística de la DAEB, corroborándose la disminución en 11,54% la digestibilidad para la dieta con 20% de forraje de caupí.

Figura 12. Digestibilidad aparente de la energía bruta



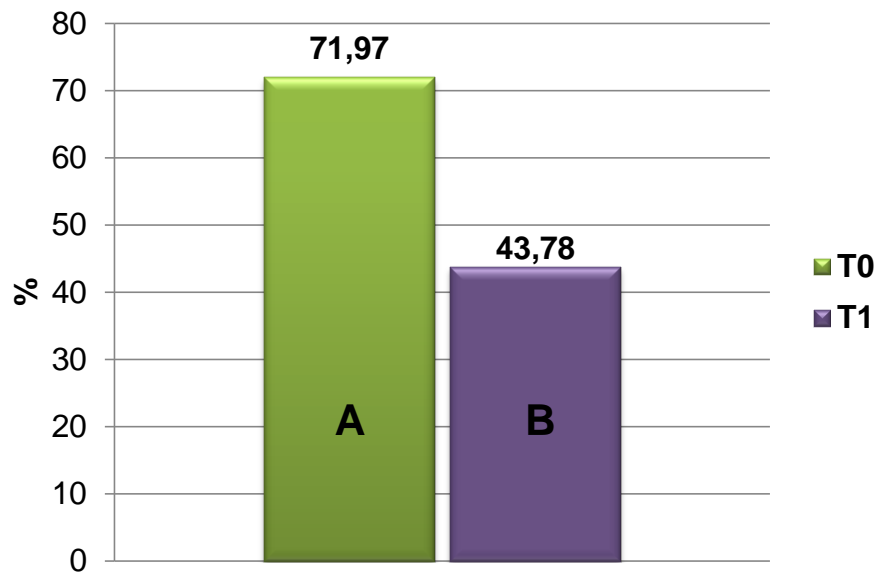
Según Le Goff, y Noblet (2001), la inclusión de dietas fibrosas disminuye el valor energético, ya que su digestibilidad varía de 40 a 60% en comparación con otros nutrientes (proteínas, grasas, azúcares o almidón) que están por encima del 80%.

En la literatura revisada no se encontró reportes de DAEB, para dietas con inclusión de forraje. No obstante se considera, que la DAEB obtenida en el ensayo para T1 (69,47%), al superar el rango al que hacen mención los anteriores autores, es aceptable.

3.2.4 Digestibilidad aparente de la fibra cruda. Al realizar el análisis de varianza de las cantidades de fibra de las dietas T0 (71,97%) y de T1 (43,78%), se presentaron diferencias significativas ($Pr > F=0,05$ CV 9,87) entre los dos tratamientos, Figura 13, Afirmandose con un 95% de probabilidad que la inclusión de harina de forraje de *V. unguiculata* afecta la DAFB frente a los pollos que fueron alimentados con la dieta control.

Para determinar las diferencias encontradas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan, encontrándose dos grupos para la media estadística de la digestibilidad aparente de la fibra cruda, siendo T0 el de mayor digestibilidad con 71,97% y T1 el de menor con 43,78%.

Figura 13. Digestibilidad aparente de la fibra cruda



La baja digestibilidad de la fibra del tratamiento T1(43,78%) frente al T0(71,97%) puede deberse al componente de la fibra del Cupí, que según Savon (s.f.), comprende: fibra total 48,89%, FDN 43,46%, FDA 38,28%, Lignina 9,9%, Celulosa 19,32%, Hemicelulosa 14,58%; de los cuales la hemicelulosa es más digestible que la celulosa en animales monogástricos debido en parte al efecto hidrolítico del ácido estomacal en esta fracción (Unden y Van Soest, 1982 citado por Carvajal 2010). En este sentido las dietas con alto contenido de FDN (entre 6,9% y 28,7% en aves), incrementa la velocidad de pasaje a través del tracto digestivo, favoreciendo la eliminación de excretas y por ende de nutrimentos (Bakker, *et al.* 1995), disminuyendo la digestibilidad total de la dieta. Por otra parte, Alvarado (1996) reporta que las aves que consumen elevados niveles de FDN tienen mayor peso del tracto digestivo, afectando directamente el rendimiento de la canal.

Del total de la fibra dietética en las plantas forrajeras, la mayor parte es fibra dietética insoluble, lo que puede conferir baja digestibilidad. Le Goff *et al.*, (2001), identifican que los valores más altos en la digestibilidad de la fibra dietética son conferidos por el alto contenido de pectinas y bajo contenidos de lignina; además

cuando la dieta incluye sustratos voluminosos, se afecta el consumo de nutrientes y se requiere dar un período de adaptación para aumentar su capacidad fermentativa, con lo que se incrementa la disponibilidad de nutrientes y su absorción a nivel intestinal (Maynard *et al.*, 1981; Duke, 1997 y Hernández *et al.*, 2006), sin embargo, esta absorción se ve limitada debido a las características anatómicas y fisiológicas del tracto digestivo de las aves. Ponte, *et al.* (2004), afirma que la alta cantidad de fibra de la biomasa puede limitar la utilización de nutrientes y la reducción de la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia, a pesar que el forraje es una fuente de proteína y energía útil para el crecimiento de las aves. La molienda constituye una vía eficiente para romper el proceso de encapsulación de la fibra (Campabadal, 1993); pero el forraje en forma de harina puede influir en la voluminosidad de alimento, lo que infiere de forma negativa en el consumo voluntario (Tsaras, *et al.*, 1998) y en la digestibilidad de nutrientes (Decuypere, *et al.* 1994).

Según lo planteado en la literatura respecto al hecho que el término fibra bruta determina un mínimo de fracciones digestibles, con un amplio rango de variabilidad; mientras que la determinación de FDN ofrece un criterio más acertado sobre la pared celular de los forrajes (hemicelulosa, celulosa y lignina), y la FDA corresponde aun más con la presencia de celulosa y lignina (Van Soest 1987). Los resultados aquí encontrados confirman planteamientos de Marrero (1997) y Savón (1999) sobre la necesidad de realizar el estudio fraccionado de la fibra para poder llegar a criterios más acertados cuando se trabaja con alimentos fibrosos.

3.2.5 Digestibilidad aparente del extracto etéreo. Al realizar el análisis de varianza para la DAEE se presentaron diferencias estadísticas ($P > F=0,05$; CV 3,83), entre los tratamientos T0 y T1, Figura 14, encontrándose con una probabilidad del 95% que la inclusión del 20% de harina de forraje de caupí, afecta la digestibilidad del EE, frente a los pollos que se alimentaron con la dieta control.

Para determinar las diferencias encontradas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan, dando como resultado dos grupos para la media estadística de la digestibilidad aparente del extracto etéreo, siendo mayor el tratamiento T1 en 11,28% que T0.

En la revisión de literatura para la DAEE, no se encontraron reportes para dietas con inclusión de forrajes, no obstante se considera que la inclusión de caupí en la dieta de pollos de engorde en la etapa de finalización aumenta, las vitaminas liposolubles y lípidos compuestos, donde se incluyen pigmentos, que podrían otorgarle a la piel una coloración más vistosa, como se observa en la Figura 15.

Figura 14. Digestibilidad aparente del extracto etéreo.

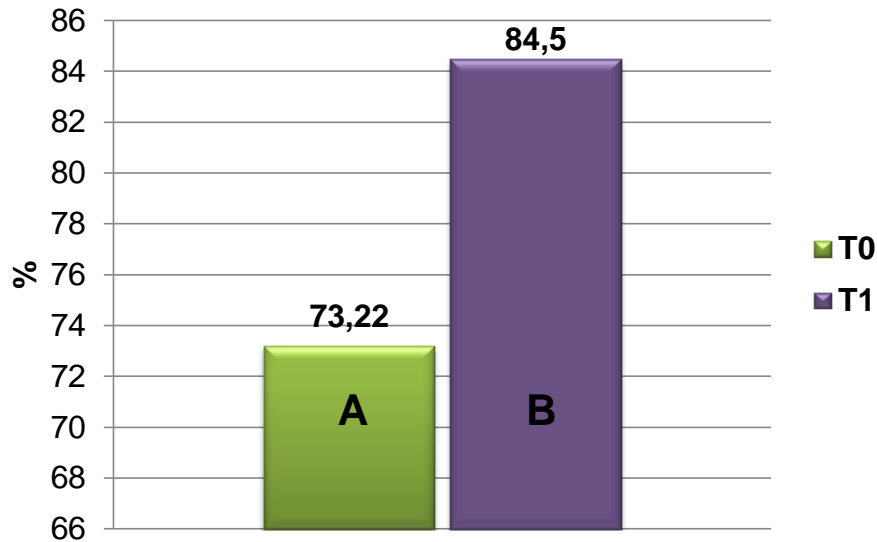


Figura 15. Diferencias en la coloración de piel en los tratamientos evaluados



Foto: Vivas Nelson, 2010

A la derecha pollos alimentado con T1, a la izquierda pollos alimentado dieta control.

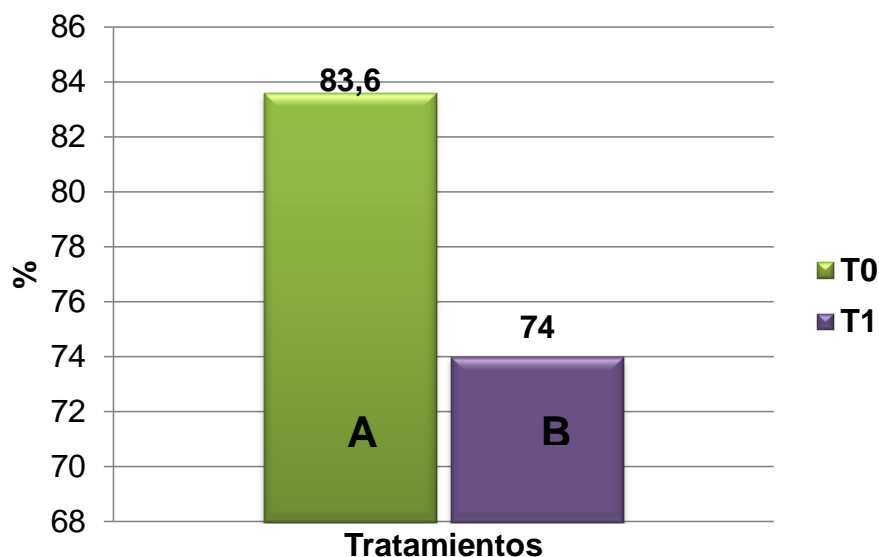
3.2.6 Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado. Al realizar el análisis de varianza para la digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado (DAENN), se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > F=0,05$; CV 3,11), entre la dieta control y la dieta con 20% de inclusión de harina de forraje de *Vigna unguiculata* Figura 16.

Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan arrojó dos grupos para la

media estadística de la DAENN, presentando mayor digestibilidad el tratamiento T0 con 83,6%, frente a 74,0% del tratamiento T1

Las investigaciones reportadas en la literatura, no registran valores para la DAENN, en dietas con inclusión de forrajes. No obstante se considera que la inclusión de harina de forraje de Caupí disminuye la digestibilidad aparente de los carbohidratos de bajo peso molecular y de fácil asimilación, debido posiblemente a la composición de la fibra dietética, que como la lignina, al encontrarse envolviendo a la celulosa y hemicelulosa, restringe al acceso a los carbohidratos, que sí pueden ser digeribles (Cho *et al.*, 1997, citado por Carvajal, 2010).

Figura 16. Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado.

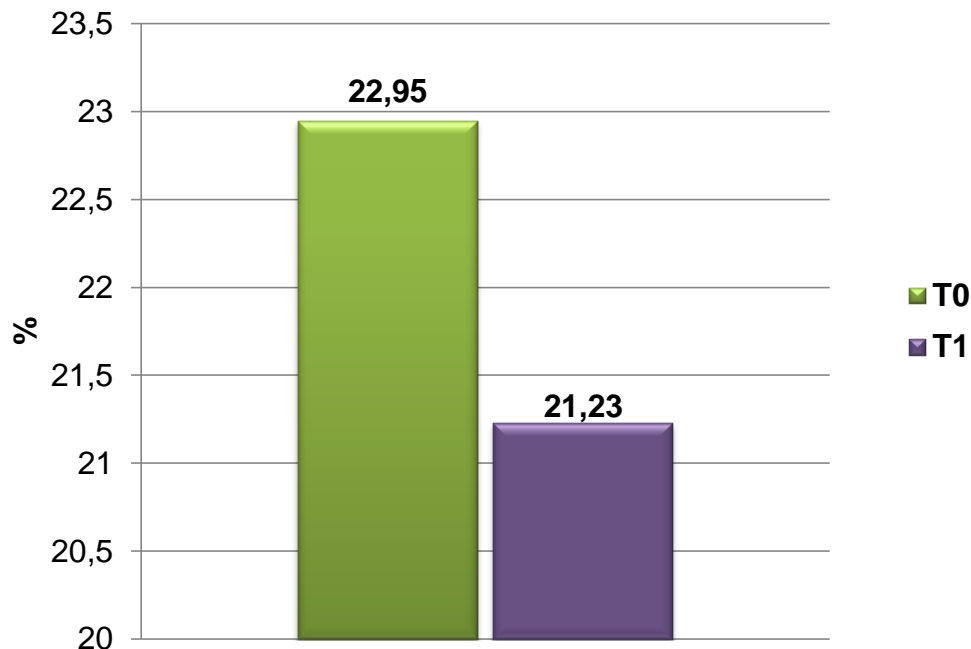


3.2.7 Digestibilidad aparente de las cenizas. El análisis de varianza para la digestibilidad aparente de las cenizas no mostro diferencias estadísticas significativas ($Pr > F=0,05$; CV 33,55) para los tratamientos T0 y T1, Figura 17. Encontrándose que la inclusión de harina de forraje de caupí no afecta la digestibilidad de las cenizas, con respecto a los pollos alimentados sin caupí.

Contrario a lo encontrado por Leiva, *et al.* (s.f.), en determinación de digestibilidad aparente en cerdos de preceba alimentados con 0 y 14% de inclusión de harina de morera, donde la digestibilidad aparente de las cenizas fue de 74,72 y 63,87%; al compararla con los resultado obtenidos para los tratamientos T0 (22,95%) y T1

(21.93%), son menores. Esto se puede deber al alto contenido de cenizas en las dietas (T0: 8,34% y T1: 9,24%) que a su vez fue menos digestible, afectando los índices de digestibilidad de la dieta con inclusión del 20% de harina de forraje de caupí.

Figura 17. Digestibilidad aparente de las cenizas.

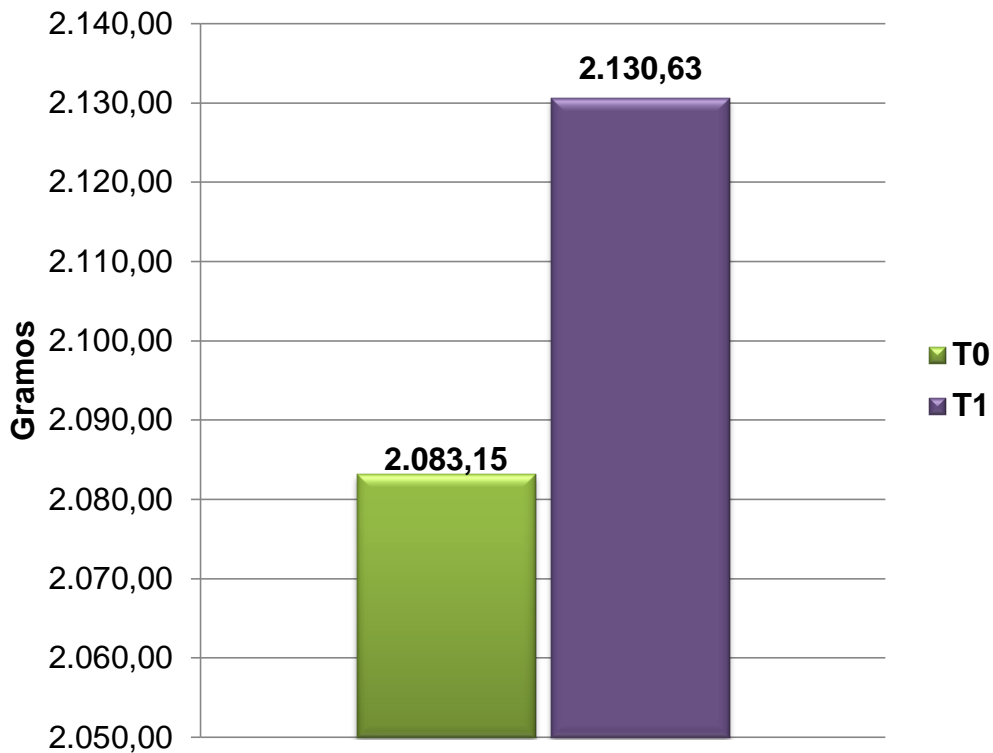


3.3 CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo por pollo en la etapa de finalización (día 28 al 39), no presento diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,05$; CV 3,45) entre la dieta control (T0: 2.083,15g) y la dieta experimental (T1: 2.130,63g) Figura 18. Considerándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de caupí, no altero el consumo en la etapa de finalización de pollos de engorde.

Al comparar el consumo observado en los tratamientos T0 y T1 con el consumo de la línea Cobb 500 (2.254,5gr.), se presenta que el tratamiento T0 y T1 es menor en 171,35 y 123,87g, respectivamente, al reportado por Cobb 500 para una etapa similar al periodo de evaluación. Así mismo el consumo promedio general para T0 y T1 (2.106,892g) fue menor al reportado por Cobb 500 en 147,608g.

Figura 18. Consumo de alimento promedio en la etapa de finalización



Itzá *et al.* (s.f.), registran que el consumo de harina de hoja de *M. alba*, se incrementó a medida que aumenta el porcentaje de inclusión (0%: 1.047,24g; 4%: 2.953,65g; 8%: 3.211,80g y 12%: 3.145,45g). Por su parte Bernal y Guerrero (2005), en evaluación de tres dietas: T1 Concentrado comercial, las otras dietas diferían por contener hojas y tubérculos de achín (*Colocasia esculenta*) en T2; bore (*Alocasia macrorrhiza*) en T3 y rascadera (*Xanthosoma sagittifolium*) en T4, encontraron que el consumo no presentó diferencias significativas durante todo el ciclo, entre T1 (4.902g), T2 (4.400g) y T3 (4.967,55g), pero sí con T4 (4.186,67g). Así mismo Aristizabal y Manzano (2008), reportan que el consumo en la etapa de finalización de pollos de engorde, no se vio afectado por ninguno de los tratamientos con inclusión de 0; 2,5; 5 y 7,5% de *D vt.* Villamizar (1991) y Chacón *et al.* (1994) reportan que inclusiones moderadas de *Symphytum peregrinum* y *Gliricidia sepium*, respectivamente, no presentaron problemas de consumo en pollos de engorde; sin embargo León *et al.* (1991) obtuvieron con un 30% de inclusión de *Canavalia ensiformis* una reducción del 50% en el consumo. Igualmente, Alegría y Caicedo (2008), encontraron con un 15% de inclusión de harina de hoja de bore y con una fibra no mayor de 4,21%, un consumo de 2.198,5g. ligeramente mayor al del ensayo, aludiendo el bajo consumo a la cantidad de fibra de la dieta.

Según Savón (s.f.), la inclusión de fibra en las raciones de aves generalmente produce un incremento en el consumo de alimento para mantener el consumo de energía digestible, sin embargo, el conocido efecto de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye a la voluminosidad de la ración y a la capacidad de retención de agua de las porciones solubles de la fibra. Esto último pudiera alterar los estímulos que regulan el consumo de alimento, sin embargo los datos obtenidos muestra que el contenido de FB (7,62%) en T1 no afectó el consumo respecto a T0.

Uno de los factores a los que se alude el bajo consumo es la presentación del alimento suministrado, el cual fue en pellets de diferentes tamaños. Según Gernat (2006), la eficacia del consumo de alimento depende en gran medida del tamaño y la forma de las partículas, presentando dificultad el consumo de alimento demasiado grande o demasiado pequeño; las aves no tienen dientes, por lo que las partículas grandes no se pueden “morder” y dividir en más pequeñas. Aunque las aves pueden tomar alimentos finos, no los pueden hacer eficazmente sin un desperdicio significativo de alimento. El efecto depresivo es proporcional a la reducción en el diámetro medio de la partícula; en promedio cada reducción de 100 micrones, se asocia con una disminución en el consumo del 4%.

3.4 GANANCIA DE PESO

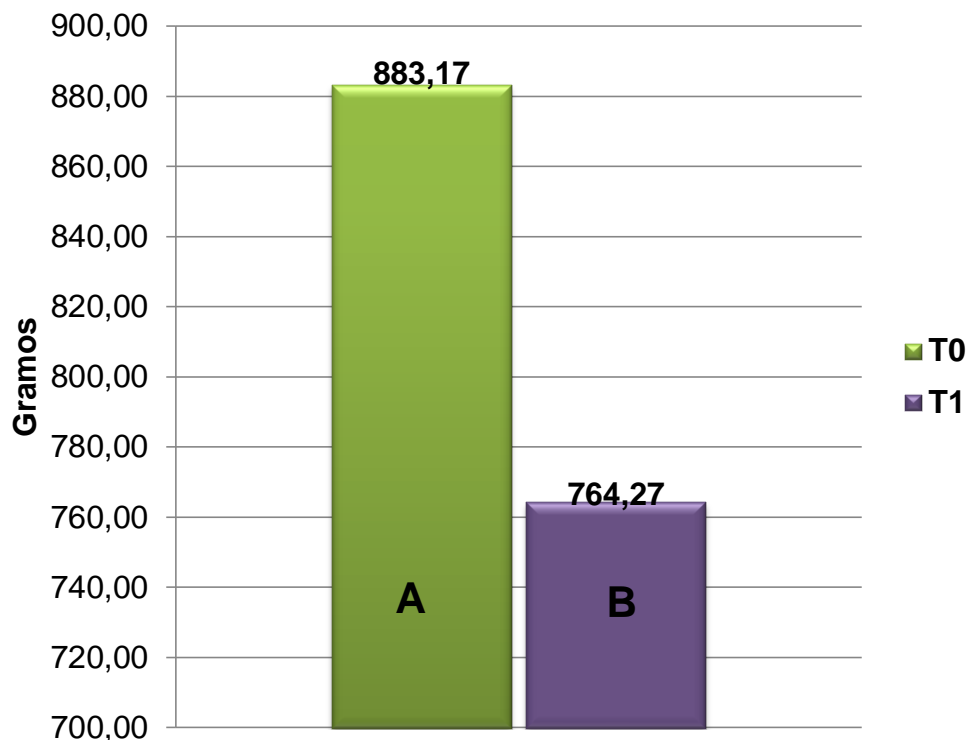
Para el análisis de esta variable se tuvo en cuenta el peso alcanzado por los animales en cada tratamiento, durante la etapa de finalización (día 28 al 39). No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > F = 0,05$; CV 14,13), entre los tratamientos T0 (883,17g) y T1 (764,27g). Figura 19 respectivamente, considerándose que los tratamientos evaluados son similares en cuanto a la ganancia de peso en la etapa de evaluación; por lo que la inclusión del 20% de harina de forraje de caupí no afectó el desarrollo de los pollos respecto a los que consumieron sin forraje.

Contrario al análisis estadístico, se observó una mayor ganancia de peso promedio para el tratamiento testigo (T0) frente al tratamiento experimental (T1), representado en 118,9g. Esto posiblemente se deba al contenido de la FB (4.83%) de T0. Al comparar los resultados obtenidos con la ganancia de peso (822g) para el periodo de finalización (28 a 39 días) de la línea Cobb 500, se encuentra que T0 es mayor en 61,17g y T1 menor en 57,73g.

Aristizabal y Manzano (2008) en evaluación de ganancia de peso en etapa de finalización de pollos de engorde, con diferentes niveles de inclusión de *D vt*.

reportan para el tratamiento testigo 716,8g, valor menor a T0 (883,17g) y con un nivel de inclusión del 5% una ganancia de 915g. superior al tratamiento T1. Así mismo Acosta y Quiñones 2008 reportan ganancias de peso en la etapa de finalización de 567 y 825gr, para el tratamiento con inclusión del 15% de harina de grano de caupí y el testigo, respectivamente, valores menores a los encontrados en la evaluación.

Figura 19. Ganancia de peso promedio en la etapa de finalización.



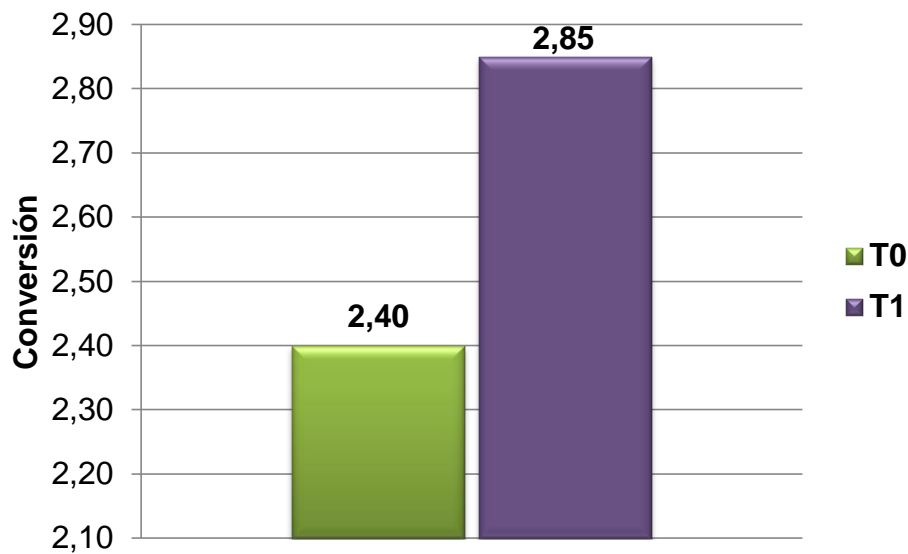
3.5 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En la etapa de finalización la conversión alimenticia (CA) del tratamiento T0 fue de 2,4 y para el tratamiento T1 de 2,85, Figura 20, con un promedio general de 2,68. Esta variable no presento diferencias estadísticas significativas ($Pr > F=0,05$; CV 16,15), considerándose que la inclusión del 20% de forraje de Caupí en la dieta, no afecto el desarrollo de los pollos respecto a los que se alimentaron sin forraje.

Al comparar el promedio de los tratamientos obtenido para la CA (2.68) con la reportada por Cobb 500 (1.66), se encuentra una diferencia de 1.02, que se puede

aludir a la calidad de las materias primas, al posible estrés de los animales al momento de la recolección de las heces, la continua manipulación tanto para el pesaje como para la repartición del alimento así como también las condiciones medioambientales, disminuyendo el consumo, la ganancia de peso y el consecuente incremento de la conversión alimenticia y, Itzá *et al.* (2010), reportan una CA para el tratamiento testigo (M0: 1,92) en un rango aceptable y por debajo de T0 (2,4) del ensayo; mientras que los niveles de inclusión (M0: 0%, M4:4%, M8: 8% y M12: 12%) de harina de hoja de morera, la CA fue incrementando a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión, siendo M12 (2,85) muy similar a la obtenida en la presente investigación con el 20% de inclusión de harina de forraje de Caupí (T1: 2,85). Por su lado Morales *et al.* (1994) con 0, 5 y 15% de inclusión harina de ramio, en dieta para pollos de engorde, encontraron que el índice de conversión mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) con valores mínimos y máximos de 2,06 para el 0% y 2,23 para el 15% respectivamente.

Figura 20. Conversión alimenticia en la etapa de finalización.



3.6 CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS HECES

La composición química de las heces producto de la dieta control (T0) y la dieta experimental con 20% de inclusión de forraje de *V. unguiculata* se presenta en la Tabla 13.

De acuerdo a la composición química de las heces la diferencia entre los tratamientos se puede deber al alto contenido de fibra excretada por T1 (12,12%)

frente a T0 (4,9%), lo que puede explicar la voluminosidad del T1 al momento de la recolección de las heces y teniendo en cuenta que la materia seca de los tratamientos es similar T0 (19,538) y T1 (18,028).

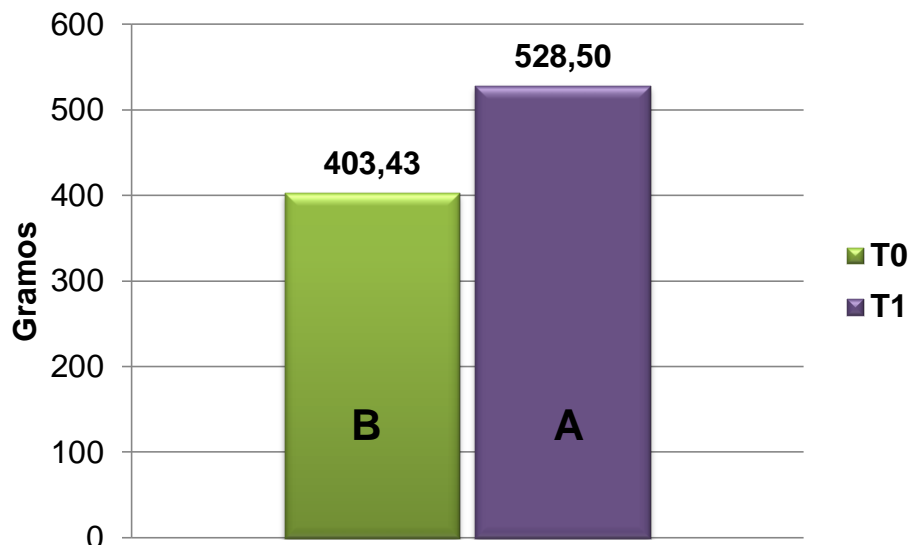
Tabla 13. Composición química de las heces.

HECES	M.S. TOTAL	% CENIZA	ENERGÍA BRUTA cal/g	% NITRÓGENO	% FIBRA CRUDA	% E. E
T0	19,538	23,397	3015,045	4,6861	4,905	6,5433
T1	18,028	20,582	3115,75	3,8741	12,1167	5,7117

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal , Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2010

La cantidad de heces en la etapa de evaluación (día 33 al 41) presentó diferencias estadísticas significativas ($P > F = 0,05$; CV 9,41) entre la dieta control (T0: 403,43g) y la dieta experimental (T1: 528,50g), Figura 21. Considerándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de Caupí, altera la cantidad de heces, frente a los pollos de engorde que no se alimentaron con Caupí.

Figura 21. Cantidad de heces promedio en la etapa de evaluación.



Los pollos son muy susceptibles a la calidad del alimento ofrecido, esto debido a

que su metabolismo se ha modificado con base al mejoramiento genético para un rápido crecimiento (NRC, 1994); además cuando su dieta incluye sustratos voluminosos, se afecta el consumo de nutrientes y se requiere dar un período de adaptación para aumentar su capacidad fermentativa, con lo que se incrementa la disponibilidad de nutrientes y su absorción a nivel intestinal (Maynard *et al.*, 1981; Duke 1997; Hernández *et al.*, 2006); sin embargo, esta absorción se ve limitada debido a las características anatómicas y fisiológicas del tracto digestivo de las aves.

El incremento de la velocidad de pasaje de la fase líquida, pudo favorecer la salida de nutrientes del tracto digestivo reduciendo la digestibilidad por el incremento en su excreción (Donkoh, *et al.*, 1991; Hien y Hung, 1996).

En estudio realizado por Itzá *et al.* (2010), sobre la digestibilidad verdadera de la materia seca y de la proteína de la harina de hoja de morera, reportan 63,67g/día de heces frescas, valor mayor al encontrado para T0 y T1 con 44,82 y 58,72g/día respectivamente.

3.7 MORTALIDAD

La mortalidad en la etapa de finalización para el tratamiento T0 fue de 26,67% y para T1 de 3,3%. Ello debido a las patologías presentadas durante el ensayo que presuntamente fueron ascitis y coccidiosis, según sintomatología.

El síndrome ascítico (SA) en los pollos de engorde, es una manifestación patológica, que está relacionado con diferentes agentes causales y su principal manifestación clínica consiste en la acumulación de fluido corporal a nivel de cavidad abdominal (Arce, *et al.*, 2002). La revisión bibliográfica muestra que existen diversas causas que provocan el SA en pollos de engorde, agrupados en factores genéticos, alimenticios, climatológicos y sanitarios; de acuerdo con ello se adjudica la presencia del síndrome durante la evaluación a: factores nutricionales, donde la mayor incidencia de SA la presentó T0, con una mayor de peso pero con un consumo igual a T1, lo cual coincide con lo reportado por Cortés, *et al.* (2006); factores climáticos como la exposición de las aves a bajas temperaturas ambientales lo que a su vez produce una sobre carga metabólica (Wang, *et al.*, 2007; Luger, *et al.*, 2002) y la altura ... ver Tabla 6 debido a que la presión parcial del oxígeno es menor que en zonas geográficas que se ubican a nivel del mar (Wideman, 2001 y Iqbal, *et al.*, 2001); factores sanitarios, relacionados con la presencia micoplasmosis en reproductoras, otra situación es que al momento del nacimiento, pueden ocurrir problemas de contacto con irritantes de las vías

aéreas, como es el caso de la inhalación de formol usado como desinfectante en las nacedoras, lo cual a la larga coadyuvará a la presentación de SA. (Paasch. 1991). El mejoramiento genético de las líneas actuales busca disminuir la incidencia de SA, y teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se concluye que posiblemente la presencia de SA en la etapa de finalización se debe a los factores nutricionales y sanitarios.

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria que afecta a diversas especies de aves y mamíferos y que ocasiona importantes pérdidas económicas. En aves se produce por la ingestión de ooquistes porulados de especies de *Eimeria* que se caracterizan por ser patógenas para especies aviares concretas y realizan su ciclo en un hospedador específico. Las especies de *Eimeria* que afectan a pollos y gallinas son: *Eimeria acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. mitis*, *E. necatrix*, *E. praecox* y *E. tenella*. La coccidiosis se presenta como un proceso intestinal que cursa con diarreas sanguinolentas o no, dependiendo de la especie de *Eimeria*, y que puede provocar la muerte de las aves afectadas. Las aves se muestran somnolientas, anoréxicas, deshidratadas y con las plumas erizadas por causa de la hipotermia. Las que superan la enfermedad adquieren un alto grado de inmunidad celular (Tovar, 2002)

Un porcentaje de la muerte de pollos puede deberse al Síndrome de Muerte Súbita (SMS), enfermedad también conocida como infarto cardíaco o muerte repentina, es más común en machos, donde alcanza hasta un 4% de la mortalidad, especialmente cuando el ritmo de crecimiento es óptimo y su pico se presenta, generalmente, hacia la 3 – 4 semana de vida (Lesson, *et al.*, 2000). Las aves no muestran signos previos; aparentemente son aves sanas y pueden estar alimentándose, haciendo fintas a otras aves, caminando o descansando, pero súbitamente extienden el cuello, jadean o claquean y mueren rápidamente con un periodo corto de aleteo y movimientos de las patas durante el cual frecuentemente quedan patas arriba, descansando sobre el lomo” El Manual MERCK de veterinaria (1988).

3.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis se realizó a partir de la conversión alimenticia promedio registrada para los tratamientos T0 y T1 en la etapa de finalización (día 28 al 39), y los valores de costo de producir un kilogramo de alimento para las dietas experimentales, como se registra en la Tabla 14

El costo de producción de un kilogramo de alimento para el tratamiento T1

(\$805,92) fue menor en \$171,09 moneda corriente, al tratamiento T0 (\$977,01), considerándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de caupí, disminuye el costo de producción en términos del alimento en 17,42%.

Tabla 14. Costo de producir un kilogramo de carne con las dietas experimentales.

TT	VALOR Kg DE LA DIETA	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	COSTO PRODUCIR 1KG CARNE
0	\$ 977,01	2,4	\$ 2.344,81
1	\$ 805,92	2,8	\$ 2.256,58

A pesar de tener una conversión alimenticia más alta el tratamiento T1(2,8), presenta el menor costo de producir un kilogramo de carne (\$2.256,58) que T0 (\$2.344,81), con una diferencia de 3,77%, equivalentes a \$88,23 moneda corriente por kilogramo de peso.

Los datos obtenidos, corroboran que el caupí es una alternativa en alimentación de pollos de engorde en etapa de finalización, para ser empleado a diferentes niveles de inclusión y en la disminución de insumos externos, sin afectar los parámetros productivos y la viabilidad económica principalmente en la producción parcelaria. Además de ser una especie de forrajera de fácil producción y transformación.

4 CONCLUSIONES

Los valores para la MS, EB, EE, FC y ENN, presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > F=0,05$) en la digestibilidad aparente de estos componentes, presentando la dieta control mejores resultados frente a la dieta que contenía 20% de inclusión de harina de forraje de *Vigna unguiculata*, exceptuando al EE, que fue mayor para T1. En cuanto a la digestibilidad aparente de la PC y las cenizas no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > F=0,05$). Los índices de digestibilidad encontrados no son bajos, si se tiene en cuenta la poca capacidad de los pollos de engorde para digerir la fibra del caupí (43,78%) y que con este nivel de inclusión se superó el límite recomendado para este tipo de aves.

El forraje de *Vigna unguiculata* reportó una digestibilidad “*in vivo*” de la materia seca (MS) en pollos de engorde, durante la etapa de evaluación de 33,27%, aludiéndose su baja digestibilidad a la poca capacidad de las aves para digerir la fibra.

La inclusión del 20% de harina de forraje de *Vigna unguiculata* en la dieta experimental, no afectó la conversión alimenticia comparada con los pollos alimentados sin forraje, a pesar que se obtuvo para la dieta control mayor ganancia de peso y menor en la dieta experimental, comparado con las tablas de rendimiento productivo de la línea Cobb 500, para pollos de engorde en la etapa de finalización (día 28 al 39).

El caupí es una fuente alterna de proteína en dietas de finalización de pollos de engorde, debido a que las proteínas de almacenamiento foliar y subunidades grandes de rubisco presente en el forraje le proporciona un alto contenido de aminoácidos esenciales disponibles. Con una inclusión del 20% de harina de forraje de caupí se obtuvo una DAPC de 57,18% frente a 62,35% de la dieta control, las cuales no presentaron diferencias significativas, constituyéndose en una alternativa alimentaria viable en monogástricos.

El uso de harina de forraje de *Vigna unguiculata* es una alternativa económicamente viable en la alimentación de pollos de engorde en la etapa de finalización, principalmente en la producción parcelaria, ya que disminuye el uso de insumos externos, sin afectar los parámetros productivos. Además de ser una especie de forrajera de fácil producción y transformación.

5 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda:

La realización de investigaciones en evaluación de parámetros productivos, incluida la calidad de la canal de pollos de engorde en etapa de finalización con diferentes niveles de inclusión de harina de caupí, teniendo en cuenta las condiciones agronómicas y edad de corte de las diferentes variedades.

En futuras investigaciones se sugiere realizar un análisis bromatológico de las materias primas a usar antes de la formulación de la dieta.

Emplear métodos alternativos para mejorar el valor nutricional de las especies forrajeras tropicales como los enzimáticos, químicos y físicos. Lo que le proporcionaría mayor competitividad a dichas especies.

Las investigaciones futuras deben ofrecer informaciones que permitan determinar las relaciones entre la composición química, las propiedades físicas y los efectos fisiológicos de los diferentes tipos de fibra para optimizar su utilización en la dieta de monogástricos.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, I., R. ROSALES, M. MÁRQUEZ, ARAQUE, J.A. y MONSALVE, D. Evaluación energética y digestibilidad del Ramio (*Boehmeria nivea*) en aves. 1997. En: revista de la facultad de agronomía universidad de Zulia. Maracaibo Venezuela. Vol. 14 517-523 p.[Citado 10 diciembre de 2010] Disponible en internet: http://www.revfacagronluz.org.ve/v14_5/v145z005.html.

ALEGRÍA, F., G.A. y CAICEDO, G., A.F. Evaluación de tres dietas a base de harina de hoja de bore (*Alocasia macrorrhiza*) en pollos de engorde. Trabajo de grado. Ingeniero Agropecuario. Popayán Cauca. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias, 2008.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) Official methods of analysis. Arlington 1990.

ARCE, M. J; ÁVILA. G. E. y LÓPEZ C. C. Edad de reproductora pesada y peso del huevo sobre los parámetros productivos y la incidencia del síndrome ascítico en la progenie. En: Revista Téc. Pec. México. 2002. Vol. 40 No.2. 149-155p.

----- . Temperatura ambiental en la crianza del pollo de engorda sobre los parámetros productivos y la mortalidad por el síndrome ascítico. En: Revista Téc Pec México. 2002. Vol. 40 No.2. 285-289p.

ARISTIZABAL, V., C.I. y MANZANO, S.D. Evaluación de *Desmodium velutinun* en la alimentación de pollos de engorde. Trabajo de grado ingeniero agropecuario. Popayán: Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agropecuarias programa ingeniería agropecuaria. 2008. 87 p.

BAKKER, G., C.; JONGBLOED, R., M.; VERSTEGEN, W., A. ; JONGBLOED, W. y BOSCH, M., W. Nutrient apparent digestibility and the performance of growing fattening pigs as affected by incremental additions of fat to starch or non starch polysaccharides. En:. Anim. Sci.1995.Vol. 60.325:335 p.

BALTASAR, Da COSTA, M.B. Adubacao verde no sul do Brasil. Río de Janeiro (AS-PTA). Asesoría y Servicio a Proyectos de Agricultura Alternativa. 1991.

BERNAL, L., C. y GUERRERO, J., E. Evaluación de dietas alternativas a partir de harina de *Colocasia esculenta*, *Xanthosoma sagittifolium*, *Alocasia macrorrhiza* y *Artocarpus altilis* para engorde de pollos. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Avicultura Vol. 18 No. 4, 2005. 354p.

BOTERO, M. Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Tesis. Maestría en Ciencia Agraria con énfasis en Producción animal tropical. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 2004.

BOURNE, A. Alimentación y manejo de pollo de engorda para Reducir costos y ser más eficientes. Cobb-Vantress. s.f.

CALEGARI, A. Leguminosas para adubacao verde da verao. En: No. Paraná. Circular No. 80. IAPAR. Instituto Agronómico do Paraná - Londrina-P. R. mayo1995.

CAMPABADAL, C.M. Alimentación eficiente de cerdos en desarrollo y engorde bajo condiciones tropicales. Documento No. 130. Asociación Americana de Soya. Distrito Federal de México1993 19 p.

CARVAJAL, T., J. Digestibilidad “*in vitro*” prececal y cecal de plantas forrajeras tropicales para la nutrición en cerdos. Trabajo de grado Magister en Ciencias Agrarias: Área Producción Animal Tropical. Palmira Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Coordinación General de Postgrados, 2010. 110 p.

CASAMACHIN, F, ML. y DÍAZ O. DF. Evaluación de tres niveles de inclusión de morera (*Morus alba*) en alimento para pollos de engorde. Trabajo de grado Agrozootecnista. Popayán Cauca. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias, 2007.

CHACÓN, ACOSTA, M. El mata ratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de pollos de engorde. 1994. [Citado 15 de enero de 2011]. Disponible en internet <http://www.aupa.ula.ve/docuPDFs/viiiicongreso/VIII_1.pdf>

COBB. Guía de manejo del pollo de engorde. [Citada 23 octubre de 2010] Disponible en internet: <URL: <http://www.cobb-vantress.com>>. 2008.

COBB-VANTRESS Inc. Cobb 500 Suplemento de Rendimiento y Nutrición para Pollos de Engorde. 2008 Arkansas 72761, US.

COLE, D., J.A. y VAN, L., T.A. Ideal amino acid patterns, in Amino Acids in Farm Animal Nutrition, JPF O'Malley. Ed., CAB international, 1994. 99 – 112.p.

COOK, B.; PENGELLY, B.; BROWN, S.; DONNELLY, J.; EAGLES, D.; FRANCO, A.; HANSON, J.; MULLEN, B.; PARTRIDGE, I.; PETERS, M. Y SCHULTZE-KRAFT, R. Tropical Forages, An interactive selection tool [CD-ROM]. CSIRO Sustainable Ecosystems (CSIRO), Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F Queensland), Centro Internacional de Agric. Tropical (CIAT) and Int. Livestock Research Inst. (ILRI).2005.

CORTÉS, C., A.; ESTRADA, C., A. y ÁVILA, G., E. Productividad y mortalidad por síndrome ascítico en pollos de engorda alimentados con dietas granuladas o en harina. En: Revista Téc Pec México. 2006. Vol. 44 No.2. 241-246p.

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

D'MELLO, J.P.F..Under utilized legume grains in no ruminant nutrition. Tropical Legumes in Animal Nutrition. Ed. J.P.F.D. Mello & C. Devendra, CAB Int. United Kingdom. 1995. 172p.

DE LA PEÑA, C. M. Evaluación experimental del funcionamiento intestinal en perros con síndrome de intestino corto mediante pruebas de digestibilidad. Tesis Licenciatura. Universidad Iberoamericana. México, D.F. 1993.

DECUYPERE, J.A., SPRIET, S.M. y VAN GILS, L.G..Influence of the water-holding-capacity (WHC) of the feed on the prececal and fecal apparent digestibility in pigs. In: VII International Symposium on Digestive Physiology in Pigs (W.B. Souffrant y H.Hagemeister, editors). BadDoberan, 1994.125-128 p.

DÍAZ, S. MF. Producción y caracterización de forrajes y granos de leguminosas temporales para la alimentación animal. Tesis doctoral en Ciencias Agrícola. Instituto de Ciencia Animal. Ministerio de Educación Superior. La Habana Cuba, 2000.

DÍAZ, M.F. y PADILLA, C. Avances en la evaluación de nuevos cultivos de leguminosas para la alimentación de animales monogástricos en Cuba. En: Seminario Científico Internacional Alimentación Alternativa para el Trópico. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba 1997.

-----, Utilización de nuevos cultivares como alternativa en la alimentación de animales monogástricos. En: I Taller Contribución de la Educación Superior a la Producción de Animales Monogástricos. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 1996.

-----, LON-WO, E., CINO, D.M. y AGUIRRE, L. Las vinas: una alternativa para la alimentación de aves. En: XIII Fórum Ciencia Técnica. La Habana. 1999.

DIHIGO, L.E.; SAVONA, L; ROSABAL, Y. Determinación de la digestibilidad in vitro de la materia seca y fibra neutro detergente de cinco plantas forrajera con la utilización del inóculo cecal de conejos. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 38 No 3 2004.

DOMÍNGUEZ. H.A; MACÍAS. M; DÍAZ. C; MARTÍNEZ. O; MARTÍN. G y LY, J. Procesos digestivos en cerdos alimentados con follaje de morera (*Morus alba*). digestibilidad rectal de nutrientes y balance de N. Revista computadorizada de Producción Porcina. Vol. 11 No 3. 2004.

DONKOH,, A., C. ATUAHENE, B. WILSON and D. ADOMAKO. Chemical composition of cocoa pod husk and its effect on growth and food efficiency in broiler chicks. Anim. Feed Sci. Technol 1991. Vol. 35 161- 169 p.

DUKE G. E. Gastrointestinal physiology and nutrition in wild birds. En: Proc. Nutr. Soc. 1997. Vol. 56. 1049-1053 p.

EL MANUAL MERCK DE VETERINARIA. Un manual de diagnóstico, tratamiento, prevención y control de las enfermedades, para el veterinario. 3 ed. Barcelona España. 1988. 1446 - 1447

FONTAINE J., HOERR J. Y SCHIRMER B.,. Near infrared reflectance spectroscopy enables the fast and accurate prediction of the essential amino acid contents in soy, rapeseed meal. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001.

Vol. 49 No.1.57-66 p.

GONZÁLEZ, T.L.; TÉLLEZ, V.A.; SAMPEDRO, G.J., y NAJERA, H. Las proteínas en la Nutrición. En: Revista salud pública y nutrición. 2007 Vol. 8, No. 2.

GUTIÉRREZ, G., K.L. Potencial de la planta acuática *Lemna gibba* en la alimentación de cerdos. Tesis maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México, 2000. 70p.

HERNÁNDEZ, F.; GARCÍA, V.; MADRID, J. ORENGO, J. y CATALÁ, P. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens.Br. Poult. Sci., 2006.Vol. 47.50–56 p.

HIEN, T., Q. y HUNG, N., D..The effect of Leucaena leaf meal on egg quality and growth of broiler chickens. Poult.Sci.1996.Vol. 75. 296-297 p.

HUERTA, RUIZ, S.; MAGAÑA, SEVILLA, H. y CAMACHO, ESCOBAR, M. Aplicación de la técnica de gas in vitro para estimar la digestibilidad de forrajes en aves. México. S.f. EN: II congreso internacional en ciencias veterinarias y zootecnia, nutrición animal.

IQBAL, M.; CAWTHON, D.; BEERS, R., F.; WIDEMAN J. y BOTTJE W., G. Lung mitochondrial dysfunction in pulmonary hypertension syndrome II. Oxidative stress and inability to improve function with repeated additions of adenosine diphosphate. En: Poult Sci 2001. Vol. 80. 656-665p.

ITZÁ ORTIZ, M. F.; LARA Y LARA, P. E.; MAGAÑA MAGAÑA, M. A.; SANGINÉS GARCÍA, J. R. Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. En: Zootecnia Trop., Vol. 28 No. 4: pág. 477-487. 2010.

JOVER, P.L. Poroto Caupí. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA Colonia Benítez (Chaco). [On line] [Citado 4 de junio de 2010]. Disponible en internet: <http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/horti/art/horti10.htm>.

----- Observación Personal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

(INTA). EEA Colonia Benítez (Chaco) 2004.

LE GOFF, G.; NOBLET, J. y VAN MILGEN, J. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. En: Anim. Sci. 2002. Vol. 74: 503-515 p.

LEESON, S.; SUMMERS, J. y DÍAZ, G. Nutrición Aviar Comercial. Santafé de Bogotá. 2000 113-120p.

-----, -----, Santafé de Bogotá. 2000 240-241p.

LEGEL, S. Tropical forage legumes and grasses. Duets her Land wirts – Chafits verlang. GDR - 1040. Berlin.1990.

LEIVA, L.; LÓPEZ, J.L. y LY J. La digestibilidad aparente de la harina de follaje de morera en cerdos de preceba. En: Revista Computadorizada de Producción Porcina. Vol. 13, No. 1, 2006.

LEÓN; ANGULO; JARAMILLO; CALABRASE; MADRIGAL y REQUERA. Valoración nutricional de materias primas alternativas utilizadas en la alimentación de aves. FONAIAP – Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias- Instituto de Investigaciones Zootécnicas. Maracay. Divulgación número 37 1991. [Citado 26 octubre de 2010]. Disponible en internet <http://www.angelfire.com/iaz/ingenieriaagricola/a/avicultura-engorde.htm>.

LETERME, P. y ESTRADA F. Análisis de los alimentos y forrajes destinados a los animales. Notas de Laboratorio. Manual Laboratorio de Nutrición Animal . Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 2006.

-----.; LONDOÑO, A; SOUFFRANT, W. y BULDGEN, A. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage and cocoyam in pigs. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. 2005.Vol85. 1725-1732p.

LLAMES, C. y FONTAINE, J. Determination of amino acids in feeds: collaborative study. En: Journal of AOAC international. Vol. 77, No. 6. 1362 – 1402 p.

LUGER, D.; SHINDER, D. y YAHAV, S. Hyper-or hypothyroidism its association with the development of ascites syndrome in fastgrowht chickens. En: Gen Comp. Endocrinol. Jul.; Vol.127, No. 3. 293-299p.

LY. J. Fisiología nutricional del cerdo. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia Maracaibo. 1999. 145 p.

------. Una reseña corta sobre avances en estudios de procesos digestivos en cerdos alimentados con dietas tropicales no convencionales. Revista computadorizada de producción porcina. 1996. Vol. 3 No 1 1-6 p.

LY, J.; ALLEN, J.D. y CASTRO, M. Evaluación de a digestibilidad de follaje arbóreo tropical en cerdos mediante el uso de la técnica de bolsa móvil. En: Revista computarizada de producción porcina. 2008 Vol. 15. No. 3. 271-276p.

MACK, O.N. Digestión y metabolismo cap. 24. Manual de producción avícola (traducción de la tercera edición). Ed. El manual moderno, México D.F. 1986. 525-529p.

MANN H., Aspectos de calidad de materias primas en la fabricación de alimentos terminados, una perspectiva del análisis de aminoácidos por medio de espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano. En: Congreso Centro Americano y del Caribe, La Habana Cuba, Octubre 2002.

------. El huevo en la alimentación y la salud, En: AMEVEA Quito Ecuador, Marzo 2002.

MANN H. y AGUIRRE V. En: Conferencia, Avances en el mejoramiento de la producción avícola. Memorias XI Congreso venezolano de producción e industria animal. Valera 22 al 26 de octubre. ULA – Trujillo 2002.

MARTÍNEZ, M.; SAVÓN, L. y DIHIGO, L.E. La digestibilidad de nutrientes in vitro de harina de forraje de *Vigna unguiculata* blanca en las aves. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Nota técnica, 2003. Vol. 37, No. 3.299 – 301 p.

MARRERO, A.I., 1997. Potencialidades de la Fibra Dietaria en la Alimentación

Aviar. *IV Encuentro sobre Nutrición de Animales Monogástricos.*. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 1997. 116 – 122p

MAYNARD L. A., J. K. LOOSLI, H. F. HINTZ y R. G. WARNER. 1981. *Nutrición Animal*. México. McGraw-Hill. Ed. 7640 p.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, K.J.; HINTZ, F.H. y WARNER, G.R. *Nutrición animal*. MacGraw-Hill. 4ª ED. México, D.F. 1986.

MONTOYA C. PS., YUSTI M L., OREJUELA I., GUEVARA M., CRUZ C.A., AREEDONDE J., LONDOÑO A. y PETERS M., Valor nutricional de la harina de caupí (*Vigna unguiculata (l) walp.*) en cerdos de crecimiento. Grupo de nutrición animal. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Proyecto forrajes mejorados multipropósito para el mundo en desarrollo, CIAT. En: *Livestock Research for Rural Development* 2010 Vol. 22, No. 6 [on line], [Citado 10 Diciembre de 2010]. Disponible en internet: <http://www.lrrd.org/lrrd22/6/sarr22110.htm>

MORALES, N.; ACOSTA, I. y MONSALVE UNET, D. El ramio (*Boehmeria nivea*) en la alimentación de pollos de engorde. En: VIII Congreso Venezolano de Zootecnia (16 al 19 de Noviembre de 1.994 San Juan de los Morros). Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales “Rómulo Gallegos”, Asociación Venezolana de Producción Animal, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central de Venezuela, Colegio Venezolano de Zootecnistas. [Citado 30 enero de 2011]. Disponible en internet: http://avpa.ula.ve/docuPDFs/viiicongreso/viii_congreso.pdf

MORALES, V. S. y VIVAS, Q. N.J. Evaluación de un sistema productivo con *Helix aspersa*, bajo las condiciones agroecológicas del altiplano de Popayán.

NIEVES, D.; BARAJAS, A.; DELGADO, G.; GONZÁLEZ, C. y LY, J. Digestibilidad fecal de nutrientes en dieta con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre método directo e indirecto. En: *Bioagro: Nota Técnica*. Vol. 20, No. 1. 2008. pág. 67-72.

NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. Ed. Washington, DC: National Academy Press. 174p.

OPORTA, E.S., Y RIVAS, A.M. Efecto de la densidad poblacional y la época de siembra en el rendimiento y la calidad de la semilla de una población de caupí rojo [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en la finca el plantel. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal. 2006.

PAASCH, L. Desarrollo de algunas investigaciones sobre síndrome ascítico en México. En: Ciencia Veterinaria. México D.F. 199104 de mayo de 2010.

PAEK, C.N. Digestión in vivo e in vitro de Cuy Fe de fuentes minerales nacionales en la preceba porcina. Trabajo de Diploma, Universidad de La Habana, Cuba. 1995. 36 p.

PETERS, M., FRANCO, L.H., SCHMIDT, A. e HINCAPIÉ, B. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica. CIAT. Cali, 2003.

-----., SCHMIDT A., CRUZ FLORES H., ARGEL P., ÁVILA P. y RAMÍREZ, G. (CIAT) y SINGH B.B. (IITA, Nigeria). Evaluation of a corecollection of *Vigna unguiculata* for multipurpose uses in Colombia, Nicaragua, Honduras, and Costa Rica. En: Grass and legumes genotypes with superior adaptation to edaphic and climatic constrains are developed. 2002-2003. Pdf. Vol. 3 No 11, 112 – 117 p.

REBOLLAR S, M.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

ROMANO M. J.L. Fisiología digestiva de aves y cerdos. Centro Nacional de Investigación en fisiología animal –INIFAP.

RUBIO, L.A. y BRENES A. Utilización de las leguminosas-grano en alimentación animal. Problemas y perspectivas. En: XI congreso de especialización FEDNA. 1995. [Citado 7 diciembre de 2010]. Disponible en internet: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/95CAP_x.pdf

RUIZ, M.A. Desarrollo de una metodología in vitro para estimar la tasa de fermentación de los forrajes en el intestino grueso del cerdo Tesis. Maestría en Ciencia Agraria con énfasis en Producción animal tropical. Universidad Nacional

de Colombia. Sede Palmira.2004

SANGINÉS. Avances en los programas de investigación en morera (*Morus alba*), 2005. Centro de investigación y graduados agropecuarios, instituto tecnológico agropecuario. No. 2. Yucatán. [online]. [citado en 16 de enero de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/agap/frg/afris/espanol/document/morera/morera20.htm>

SARMIENTO F. I.; SANTOS, RICALDE R. y SEGURA CORREA, J. Alimentación no convencional para monogástricos. Experiencias en el trópico mexicano.[online] Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Mérida, Yucatán, México. S.f. [citado 13 noviembre 2010]Disponible en internet http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/luiss.htm.

SARMIENTO, F.L.; McNAB, J.M.: PEARSON, R.A. y BELMAR, C.F. Performance of broilers fed diets containing different amounts of chaya (*Cnidocolus aconitifolius*) leaf meal. En: Tropical animal health and production. 2002. Vol.34. 257-259p.

SAVÓN VALDÉS L. Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibra. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, La Habana, Cuba .s.f.

------. Producción y utilización de recursos foliares en la alimentación porcina. V Encuentro sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos.. Maracay, Venezuela. Noviembre, 1999. 38p

SCHLECHT, E.; MAHLER, F.; SANGARÉ, M.; SUSENBETH, A. y BECKER, K. Quantitative and qualitative estimation of nutrient intake and fecal excretion of Zebu cattle grazing natural pasture in semiarid Mali. En: 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. 85-97 p.

SCULL, I Y SAVÓN, L.Determinación de polifenoles totales y taninos condensados en harina de forraje de cuatro variedades de *Vigna unguiculata*. En: Revista cubana de ciencia agrícola 2003. Tomo 37 No 4. 403-407 p.

SKERMAN, P.L. Tropical Forage Legumes.FAO, 1991, [en cd] Rome, Italy.1977.

STURKIE. D.P. Digestión aviar. Fisiología de los animales domésticos. Dukes, H.H. y Swenson, M., J. (Eds.), L. Ed. Aguilar. México: D.F. 1981. 663-677p.
TAVERNARI, F.; SALGUERO, S.; ALBINO, L.F.T. y ROSTAGNO, H. S. Nutrición, patología y fisiología digestiva en pollos: Aspectos prácticos. En: XXIII Curso de especialización FEDNA. Madrid, España. 23 al 24 de octubre de 2008.

TELLES M. Evaluación del rayado en el pollo de engorde. Trabajo de grado. Zootecnista. Bogotá D.C. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. 2008. Pág. 22.

TOVAR, HERNÁNDEZ, M. Situación actual en la prevención de la coccidiosis y perspectivas de futuro. Jornadas Profesionales de Producción de Carne de Pollo, Lloret de Mar. 21-23 de mayo de 2002.En: Selecciones avícolas. 362 – 371p.

TROMPIZ, J; VENTURA, M.; ESPARZA, D.; ·ALVARADO, E.; BETANCOURT, E.; PADRÓN, I. Evaluación de la sustitución parcial del alimento balanceado por harina de grano de frijol (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. En: Revista Científica 2002. Vol. XII-Suplemento 2, 478-480p,

TROPICAL FORAGES [On line] [citado el 15 de junio de 2010] Disponible en internet:
http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Vigna_unguiculata.htm

TSARAS, L.N.; KYRIAZAKIS, I. y EMMANS, G.C. The prediction of the voluntary food intake of pigs on poor quality foods. En: Animal Science, 1998. Vol. 66. 713-723p.

VAN SOEST, P.J. Dietary fiber in monogastric nutrition. En: *Anim. Feed Sci. Technol.* Vol 23: 241. 1987

VIERA, L. y RAMIS, C. Manejo Agronómico de la Canavalia. En: II Encuentro Regional de Nutrición y Alimentación de Monogástricos. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.1994.

VILLAMIZAR, L. Evaluación del efecto de la incorporación de cuatro niveles de harina de hojas de comfrey (*Shymphytum peregrinum*) en dieta de pollo de engorde. 1991. [Citado 4 noviembre 2010]. Disponible en internet <<http://bibliofcv.veter.ucv.ve/cgiwin/bealex.exe?acceso=t040500003226/o&nombrebd=bibliofcv>>

WANG, J.; QIAO, J.; ZHAO, L, H.; LI, K.; WANG, H.; XU, T.; TIAN, Y.; GAO, M. y WANG, X. Proliferation of pulmonary artery smooth muscle cells in the development of ascites syndrome in broilers induced by low ambient temperature. En: Vet Med A Physiol Pathol Clin Med. 2007 Vol54, No. 10. 564-570p.

WHITEHEAD C.. Nutrition: the integrative science, En: British Poultry Science 2000. Vol. 41.5-13 p.

WIDEMAN, R., F.. Pathophysiology of Heart/lung disorders: pulmonary hipertensión syndrome in broiler chickens. En: World Poult Sci 2001 Vol. 57. 289-307p.

ANEXO A: Composición química de alimento y heces

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Solicitado por: Nelson Vivas. Profesor Universidad Del Cauca
Muestra: Alimento y excretas de pollo (consumo forraje de caupí)
Origen: Universidad del Cauca (Popayán)
Análisis efectuado: Weende y Energía Bruta
Fecha de entrega: agosto 2010

MATERIA PRIMA	M.S. TOTAL	% CENIZA	ENERGIA cal/g	% PROTEÍNA	% FIBRA CRUDA	% E.E
Dieta T0	91,31	8,34	4342,57	21,39	4,83	6,74
Dieta T1	89,05	9,24	3604,09	19,99	7,62	13,02
Heces: T0R1	19,44	24,28	3027,54	28,62	4,24	6,86
Heces: T0R2	19,83	25,5	3101,46	28,05	4,14	5,94
Heces: T0R3	18,49	20,76	2711,37	26,73	4,86	6,61
Heces: T0R4	20,3	23,54	2918,07	32,11	4,36	6,56
Heces: T0R5	19,63	23,88	3376,2	30,98	5,21	6,23
Heces: T0R6	19,54	22,42	2955,63	29,24	6,62	7,06
Promedio T0	19,54	23,40	3015,05	29,29	4,91	6,54
Heces: T1R1	17,84	19,5	3007,62	22,27	12,84	4,92
Heces: T1R2	17,18	20,14	3342,49	25,06	11,91	5,85
Heces: T1R3	18,79	23,59	2886,25	27,02	11,99	4,82
Heces: T1R4	18,12	19,46	2921,34	25,87	11,92	6,43
Heces: T1R5	17,96	20,3	3219,45	23,91	11,07	6,27
Heces: T1R6	18,28	20,5	3317,35	21,15	12,97	5,98
Promedio T1	18,03	20,58	3115,75	24,21	12,12	5,71

ANEXO B: Datos de campo

Datos de campo tratamiento (TT) T0

TT	R	GPFIN	CPFIN	CA	CP	HP	DM	DCEN	DPC	DEB	DEE	DFC	DENN
0	1	874,60	2184,01	2,50	1560,61	422,04	72,96	21,27	63,82	81,15	72,48	76,26	75,29
0	2	1028,80	2053,30	2,00	1438,52	396,75	72,42	15,67	63,83	80,30	75,69	76,36	74,54
0	3	969,20	2212,00	2,28	1578,93	450,05	71,50	29,05	64,38	82,20	72,05	71,32	70,31
0	4	847,20	2015,05	2,38	1447,76	420,01	70,99	18,12	56,45	80,51	71,76	73,81	75,39
0	5	656,20	1966,20	3,00	1329,38	300,83	77,37	35,21	67,23	82,41	79,08	75,59	80,64
0	6	923,00	2068,44	2,24	1419,73	430,99	69,64	18,39	58,50	79,34	68,20	58,39	73,30
Prom		883,17	2083,17	2,40	1462,49	403,44	72,48	22,95	62,37	80,98	73,21	71,96	74,91

Datos de campo tratamiento (TT) T1

TT	R	GPFIN	CPFIN	CA	CP	HP	DM	DC	DCEN	DPC	DEB	DEE	DFC	DENN
1	1	852,80	2151,20	2,52	1538,34	559,64	69,64	28,19	23,22	59,47	69,64	86,25	38,70	62,63
1	2	603,60	2190,90	3,63	1542,88	489,96	63,62	51,30	30,78	60,19	70,55	85,73	50,37	70,15
1	3	868,60	2130,70	2,45	1503,61	535,80	68,24	31,91	9,03	51,83	71,46	86,81	43,93	70,53
1	4	888,80	2092,00	2,35	1477,07	532,46	64,37	29,84	24,08	53,35	70,78	82,20	43,61	66,77
1	5	690,80	2119,80	3,07	1510,73	562,60	63,95	23,88	18,18	55,46	66,73	82,07	45,90	63,66
1	6	681,00	2099,20	3,08	1397,01	490,54	62,76	34,51	22,10	62,85	67,68	83,87	40,23	64,89
Prom		764,27	2130,63	2,85	1494,94	528,50	65,43	33,27	21,23	57,19	69,47	84,49	43,79	66,44

GPFIN: Ganancia de Peso Finalización

CPFIN: Consumo por Pollo Fase Finalización

CA: Conversión Alimenticia

CP: Consumo por Pollo Periodo Evaluación

HP: Heces por Pollo Periodo Evaluación

DM: Digestibilidad de la Materia Seca

DC: Digestibilidad de la Harina de Forraje de Caupí

DCEN: Digestibilidad Cenizas

DPC: Digestibilidad de la Proteína Cruda

DEB: Digestibilidad de la Energía Bruta

DEE: Digestibilidad del Extracto Etéreo

DFC: Digestibilidad de la Fibra Cruda

DENN: Digestibilidad del Extracto No Nitrogenado

ANEXO C: Análisis de Varianza

VARIABLE	FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO DE LA MEDIA	F - VALOR	Pr > F	COEF. DE VARIACIÓN
Consumo alimento (etapa finalización día 28 al 39)	Modelo	1	6764,00083	6764,00083	1,28	0,2844	3,450694
	Error	10	52856,36833	5285,63683			
	Total	11	59620,36917				
Ganancia de peso	Modelo	1	42411,6300	42411,6300	2,73	0,1296	15,13646
	Error	10	155454,9667	15545,4967			
	Total	11	197866,5967				
Conversión alimenticia	Modelo	1	0,60750000	0,60750000	3,38	0,096	16,15795
	Error	10	1,79900000	0,17990000			
	Total	11	2,40650000				
Cantidad de heces	Modelo	1	46925,01333	46925,01333	24,38	0,0006	9,416046
	Error	10	19250,71333	1925,07133			
	Total	11	66175,72667				
Digestibilidad aparente de la materia seca	Modelo	1	184,4152083	184,4752083	34,46	0,0002	3,374951
	Error	10	53,5384833	5,3538483			
	Total	11	238,0136917				
Digestibilidad aparente de la proteína cruda	Modelo	1	80,0833333	80,0833333	4,57	0,0582	7,000653
	Error	10	175,0633333	17,5063333			
	Total	11	255,1466667				
Digestibilidad aparente de la energía bruta	Modelo	1	396,7500000	396,7500000	154,94	<,0001	2,093968
	Error	10	24,8066667	2,4806667			
	Total	11	421,5566667				
Digestibilidad aparente de la fibra cruda	Modelo	1	2382,900833	2382,900833	72,99	<,0001	9,872756
	Error	10	326,481667	32,648167			
	Total	11	2709,3825				
Digestibilidad aparente del extracto etéreo	Modelo	1	381,9408333	381,9408333	41,82	<,0001	3,832262
	Error	10	91,3283333	9,1328333			
	Total	11	473,2691667				
Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado	Modelo	1	274,5633333	274,5633333	46,15	<,0001	3,11
	Error	10	59,4933333	5,9493333			
	Total	11	334,0566677				
Digestibilidad aparente de las cenizas	Modelo	1	8,8408333	8,8408333	0,16	0,6967	33,55145
	Error	10	549,3883333	54,9388333			
	Total	11	558,2291667				

ANEXO D: Prueba de significancia de rango múltiple de Duncan

Variable	Grupo	Media	Tratamiento
Cantidad de heces (día 33 al 41)	A	528,50	T1
	B	403,43	T0
Digestibilidad aparente de la materia seca	A	72,48	T0
	B	64,64	T1
Digestibilidad aparente de la energía bruta	A	80,97	T0
	B	69,47	T1
Digestibilidad aparente de la fibra cruda	A	71,97	T0
	B	43,78	T1
Digestibilidad aparente del extracto etéreo	A	84,50	T1
	B	73,22	T0
Digestibilidad aparente del extracto no nitrogenado	A	83,17	T0
	B	74,60	T1