

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD *in-vivo* DE LA HARINA DE FORRAJE
DE CANAVALLA (*Canavalia brasiliensis*) CRUDO EN LA ETAPA DE
FINALIZACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE**

**MAURICIO EFREN SOTELO CABRERA
EDWIN ARLEY VIVAS OROZCO**



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

**EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD *in-vivo* DE LA HARINA DE FORRAJE
DE CANAVALIA (*Canavalia brasiliensis*) EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN
DE POLLOS DE ENGORDE**

**MAURICIO EFREN SOTELO CABRERA
EDWIN ARLEY VIVAS OROZCO**

**Trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**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 Director y los Jurados han leído el presente documento, han escuchado la sustentación del mismo por sus Autores, y lo encuentran satisfactorio.

M. Sc. NELSON JOSE VIVAS QUILA

Presidente Jurado

Jurado

Popayán, 31 de Agosto de 2011.

Dedico mi triunfo a Dios Todo Poderoso por permitir en mí toda destreza que llevara a culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Milena Orozco y Jairo Vivas por su paciencia, amor incondicional y enseñanzas durante toda mi vida.

A mis hermanos, sobrinos y familiares fundamentales en mi crecimiento como persona.

A Fran y la razón de mi vida: Ma Pau por su amor y apoyo incondicional.

EDWIN ARLEY VIVAS OROZCO

Dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de culminar esta etapa tan importante de mi vida

A mis padres Efrén y Ángela por ser parte fundamental en mi educación y formación como persona, a mis hermanos Viviana y Juan Camilo por su apoyo incondicional, a María Lucía Paz Medina por ser un pilar en los inicios de mi carrera como estudiante,

A mis compañeros y demás personas por su colaboración y todos aquellos buenos momentos vividos.

MAURICIO EFREN SOTELO CABRERA

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darnos la vida y brindarnos unas familias extraordinarias, que nos han apoyado durante el desarrollo de nuestra vida.

Al grupo de investigación NUTRICION AGROPECUARIA “Nutrifaca”, por su receptividad y apoyo a la investigación. En especial a nuestros directores de investigación. M.Sc. SANDRA MORALES VELASCO y M.Sc. NELSON JOSE VIVAS QUILA; por su amistad, valiosa orientación, ayuda y constante apoyo durante nuestro paso por el alma mater y La presente investigación.

Al Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT) Palmira, Programa de forrajes, sus investigadores, por su apoyo y aporte brindado durante la realización de la investigación.

A la Universidad del Cauca y docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por los conocimientos, tiempo, dedicación, experiencia y ayuda brindada durante nuestra estadía y prepararnos para ser parte de una gala de profesionales triunfadores y gente productiva para el país.

A los Docentes M.Sc. Fredy J. López y Miryan Grijalba Jurados evaluadores por la revisión y las sugerencias realizadas a nuestra investigación.

A él Ing. Elkin Rendón y La administradora Beatriz Benítez, por su amistad, y ayuda en la realización de esta investigación.

A nuestros compañeros y amigos que hicieron agradable el paso por este largo proceso de crecimiento y enseñanza

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	2
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1 EL SECTOR AVÍCOLA EN COLOMBIA	4
1.2 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVIAR	5
1.3 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL AVE	6
1.4 ASPECTOS GENERALES DEL POLLO DEL ENGORDE	8
1.4.1 Pollo de engorde línea Cobb 500.	8
1.4.2 Requerimientos nutricionales.	10
1.4.3 Consumo de Agua.	11
1.4.4 Consumo de Alimento.	12
1.4.5 Manejo.	12
1.4.6 Instalaciones y equipos.	12
1.5. Canavalia brasiliensis Mart. ex Benth.	13
1.5.1 Descripción botánica.	13
1.5.2 Origen y distribución.	14
1.5.3 Taxonomía	15
1.5.4 Factores Agronómicos de la <i>Canavalia brasiliensis</i>	15
1.5.5 Composición nutricional de la <i>Canavalia brasiliensis</i> .	15
1.6 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD	16
1.6.1 Definición de digestibilidad.	16
1.6.2 Tipos de digestibilidad.	17
1.6.3 Formas de medición de la digestibilidad.	18
1.6.4 Digestibilidad de proteínas y carbohidratos.	22
2. METODOLOGÍA	27
2.1 LOCALIZACIÓN	27
2.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS	27

2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL	28
2.3.1 Animales.	28
2.3.2 Alimento.	28
2.3.3 Materiales e insumos:	28
2.4 PROCEDIMIENTO	29
2.4.1 Obtención de la harina del follaje <i>Canavalia brasiliensis</i> .	29
2.4.2 Desinfección y alistamiento del galpón y equipos.	29
2.4.3 Recibimiento de pollos.	29
2.4.4 Dietas experimentales.	29
2.4.5 Acostumbramiento a las dietas.	31
2.4.6 Suministro de alimento.	31
2.4.7 Pesajes.	31
2.4.8 Pesaje de alimento consumido y rechazado.	31
2.4.9 Recolección de heces.	32
2.5 VARIABLES EVALUADAS	32
2.5.1 Alimento consumido.	32
2.5.2 Calidad del alimento y heces.	32
2.5.3 Cantidad de alimento y heces.	32
2.5.3 Conversión alimenticia.	33
2.5.4 Mortalidad.	33
2.6 CÁLCULOS ESPECÍFICOS	33
2.6.1 Coeficiente de la digestibilidad fecal aparente.	33
2.6.2 Digestibilidad del nitrógeno (DN): Para determinar la digestibilidad del nitrógeno, se utilizó la siguiente fórmula:	34
2.6.3 Digestibilidad de mezcla (DM).	34
2.6.4 Digestibilidad del forraje de <i>Canavalia brasiliensis</i> .	34
2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	36
3. RESULTADOS Y DISCUSION	37
3.1 DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE <i>Canavalia brasiliensis</i>.	37
3.2. DIGESTIBILIDAD DE LA MEZCLA	38
3.2.1 Digestibilidad de la proteína cruda.	39
3.2.2 Digestibilidad de cenizas.	39
3.2.3 Digestibilidad de la energía bruta.	40
3.2.4 Digestibilidad de la fibra cruda.	41
3.2.5 Digestibilidad del extracto no nitrogenado.	43

3.2.6. Digestibilidad del extracto etéreo	43
3.4 GANANCIA DE PESO	45
3.5 CONVERSIÓN ALIMENTICIA	46
3.6 CANTIDAD DE HECES POR POLLO	47
3.7 COSTOS DE PRODUCCION	48
4. CONCLUSIONES	50
5. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según su etapa de desarrollo.	11
Tabla 3. Composición nutricional de la <i>Canavalia brasiliensis</i> , como % de la M.S	16
Tabla 4. Digestibilidad de hojas de árboles forrajeros en porcentaje de materia seca.	25
Tabla 5. Digestibilidad fecal y contenido de nutrimentos de follaje de <i>Thitonia diversifolia</i> en conejos de engorde.	26
Tabla 6. Digestibilidad <i>in vitro</i> (pepsina/pancreatina) de harina follaje de morera	26
Tabla 7. Cantidad de materias primas para las dietas utilizadas.	29
Tabla 8. Composición Química de las Dietas.	31
Tabla 9. Acostumbramiento a las dietas.	31
Tabla 10. Método para determinar análisis químico de alimento y heces.	33
Tabla 11. Costo para producir 1 kg de carne de pollo con las dietas evaluadas.	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Aparato digestivo del pollo.	6
Figura 2. Peso y conversión alimenticia de la línea Cobb 500 frente a otras líneas	9
Figura 3. Uniformidad del pollo mixto.	9
Figura 4. <i>Canavalia brasiliensis</i>	14
Figura 5. Galpón utilizado para el desarrollo del trabajo	27
Figura 6. Apariencia de las dietas utilizadas.	28
Figura 7. Proceso para la preparación de las dietas experimentales.	30
Figura 8. Distribución de los tratamientos y repeticiones.	35
Figura 9. Digestibilidad de las dietas con y sin inclusión de <i>Canavalia brasiliensis</i>	40
Figura 10. Digestibilidad de la energía bruta.	41
Figura 11. Digestibilidad de la fibra cruda.	42
Figura 12. Consumo de alimento y ganancia de peso del pollo de engorde Cobb 500 en etapa de finalización.	45
Figura 13. Conversión Alimenticia	46
Figura 14. Cantidad Heces Pollo	48

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de varianza	59
Anexo B. Costos de producción de las dos dietas evaluadas	60

RESUMEN

A partir del año 2008, el pollo encabeza la lista de proteínas preferidas que se consumen en los hogares colombianos, con un consumo per cápita de 24 kg/año, mostrándose por encima de la carne de res y de cerdo las cuales reportan un consumo per cápita de 22 y 23 kg/año respectivamente. No obstante una de las grandes limitantes en la producción avícola son los insumos externos, como los concentrados, que representan el mayor costo de producción.

Se trabajó con 120 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, distribuidos en 10 jaulas metabólicas, bajo un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones. Los dos tratamientos evaluados fueron: T₀ (tratamiento testigo) y el T₁ (tratamiento experimental con inclusión del 20 % de *Canavalia brasiliensis*). La duración de la evaluación fue de 8 días.

En el grupo alimentado con el tratamiento testigo (T₀) se obtuvo mayor conversión alimenticia (2,52) comparado con el tratamiento experimental (T₁ 3,65), pero se encontró que el costo de producir 1 kilogramo de concentrado experimental (725,87) es más bajo frente al concentrado testigo (969,88). En cuanto a digestibilidad “*in vivo*” se presentaron diferencias estadísticas significativas (P=0.05) entre el T₀ y T₁ para la mezcla, la proteína cruda, las cenizas, el extracto etéreo, el extracto no nitrogenado, la ganancia de peso, la conversión alimenticia, las heces por pollo. La inclusión de forraje de *Canavalia brasiliensis* posiblemente es la causante de la diferencia estadística significativa (P=0.05), entre la dieta control (T₀: 422,33g) y la dieta experimental (T₁: 466,98g) en la etapa de evaluación (día 33 al 40) para la cantidad de heces por pollo, sin embargo, en la etapa de finalización (día 28 al 40) no se encontraron diferencias estadísticas significativas (P=0.05), para las variables de consumo de alimento (1813 g).

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

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a diferentes reportes que indican el crecimiento en el consumo de carne de aves de corral, se muestra que, desde el 2008, este lidera la preferencia de proteína animal en los hogares colombianos, con 24 kg/año; mientras que la carne de res y cerdo permanecen entre 22 y 23 kg per cápita respectivamente. Sin embargo, los productores deben actuar con prudencia a la hora de establecer sus explotaciones avícolas, no solo por las fluctuaciones que pueda tener el precio de las principales materias primas energéticas y proteicas (maíz amarillo y soya), sino por la demanda. Una mirada al comportamiento del alimento comercial para aves, permite establecer algo interesante: que últimamente, más productores grandes (incluso medianos), estarían optando por elaborar su propia comida. No de otra manera se explicaría el hecho de que en el 2010 el volumen de alimento comercial haya sido inferior al correspondiente a los años 2007 y 2008, aunque hay que advertir que creció 5,1% con relación al 2009 (FENAVI, 2011).

Haciendo alusión de los costos de producción que ascienden al 70 % de los costos totales, por el uso del concentrado se hace necesario la utilización de forrajes multipropósito, los cuales se han evaluado en recuperación de suelos y alimentación de poligástricos, arrojando muy buenos resultados en ambos estudios; actualmente se prueba en la nutrición de monogástricos, en los cuales se han hecho investigaciones con diferentes niveles de inclusión. Lo que hace que este trabajo sea atractivo, es la evaluación del efecto causado por el reemplazo de las principales materias primas, utilizadas como fuente de proteína convencional sobre la digestibilidad, entre ellas la torta de soya y la harina de pescado, por una especie adaptada y muy promisoría para nuestro medio, *C. brasiliensis*, que, debido a sus características agronómicas, nutricionales, y económicas, permitió utilizarse como excelente alternativa en estrategias de disminución de costos de producción, y, por ende, en el precio que el consumidor final debe asumir.

En éste estudio se analizó el efecto sobre la digestibilidad del follaje de *C. brasiliensis* en pollos de engorda en etapa de finalización, valorando la sustitución del 20% de concentrado por harina de follaje de *C. brasiliensis*, comparado con un concentrado formulado sin reemplazo de la torta de soya. Mediante la metodología de sustitución peso a peso de la dieta, así mismo se midió el consumo de alimento, así como la cantidad recolectada de heces, con el fin de cuantificar y calificar su contenido, y deducir la proporción nutricional digerida por el animal.

Esta investigación hizo 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, financiado por Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) y ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) donde la Universidad del Cauca y la Universidad Nacional participan como instituciones colaboradoras; así mismo hace parte del proyecto de tesis doctoral “caupi (*Vigna unguiculata*) y canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materia prima no convencional en la alimentación de pollos de engorde.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 EL SECTOR AVÍCOLA EN COLOMBIA

El sector avícola colombiano representa aproximadamente el 28% del PIB pecuario, el 11% del PIB agropecuario y el 2% del PIB nacional. Éste ha experimentado complicadas situaciones en los años 2008 y 2009, principalmente por el incremento de los precios de las materias primas en el año 2008, los cuales se estabilizaron en el 2009, lo cual se refleja en los resultados de cierre de el mismo año, donde las empresas pasaron de tener un margen neto promedio de 1.1% en 2008 a 2.4% en 2009; en promedio, sus ingresos crecieron un 8% mientras sus gastos sólo se incrementaron a un 4%, situación que genera un mejor resultado operacional, por ende, mejores rentabilidades.

Por otro lado, el mercado venezolano representaba cerca de USD 50 millones, el cual no ha podido ser sustituido aun; finalmente, la avicultura informal, que son, básicamente, una gran cantidad de productores a precios bajos, con productos de baja especificación que no tienen la infraestructura para cumplir las normas sanitarias y ambientales exigidas actualmente por el Ica y por Invima, y que no se adaptan a los requerimientos internacionales de normas de calidad, lo cual pone en desventaja a todo un sector potencialmente exportador.

De acuerdo al último censo avícola en Colombia, hay aproximadamente 3010 granjas avícolas, de las cuales 1883 están dedicadas al engorde de pollo, 961 a la producción de huevo, y 166 reproductoras; del total de granjas existentes, Cundinamarca tiene el mayor número, seguido por Santander, Valle y Antioquia; sin embargo, en cuanto a capacidad ocupada de las granjas y las plantas, es Santander quien ocupa el primer lugar, seguido por Cundinamarca. (DANE, 2002).

A pesar que el sector avícola se constituye como uno de los más fuertes a nivel de la economía colombiana, por su 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, sobre todo, de materias primas, lo que podría ayudar a un mejor posicionamiento a nivel mundial del sector. Según un ensayo del centro regional de estudios económicos de Bucaramanga, en la actualidad, el sector avícola abarca casi 240.000 empleos en Colombia, ya sea directa o indirectamente, debido a la importante relación de la cadena productiva avícola con otras industrias a nivel nacional, como la de alimentos concentrados, la farmacéutica, y el sector agroindustrial.

El proceso avicultor se fortaleció hacia el año 1983, la Federación Nacional de Avicultores de Colombia –FENAVI- fue creada como una organización gremial, así mismo, el gobierno nacional decide impulsar el desarrollo de esta industria creando el 9 de febrero de 1994, por medio de la ley 117, el Fondo Nacional Avícola -FONAV- cuya administración fue encomendada a FENAVI.

En cuanto a la infraestructura física el sector avícola en Colombia, inició sus procesos industriales en la década de los sesenta, realizando, con el transcurrir de los años, una serie de inversiones orientadas a modernizar y ajustar los procesos teniendo en cuenta 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, así, la red vial y la facilidad con que se transportan las materias primas importadas representa un reto, sobretodo porque la industria avícola se concentra en la región andina del país (FENAVI, 2001).

1.2 EVOLUCIÓN DE LA NUTRICIÓN AVIAR

La industria avícola del mundo ha cambiado en los últimos 50 años más que cualquier otro sector de la producción animal.

El consumo mundial de los productos avícolas ha ido creciendo más allá del ritmo de incrementación en cuanto a la población mundial, y continua dando signos de crecimiento aun en las economías más débiles del planeta. El desarrollo que se ha dado ha venido por una serie de circunstancias que describen bien el fenómeno:

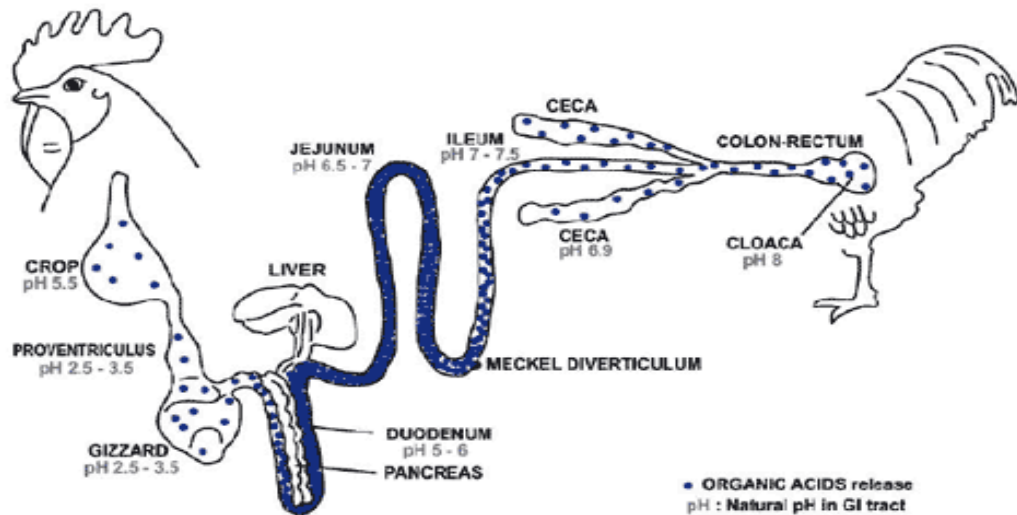
Insumos tecnológicos: La producción avícola ha evolucionado más que la bovina, gracias al mayor desempeño y repunte tecnológico, y a una mejor utilización de la economía de escala, intensificando la actividad a través de una mayor capacidad de albergue en los galpones, la reducción en el tiempo de levante y engorde, y a que no está sujeto a períodos extensos de desarrollo, como otros animales (ganado) (Mann y Aguirre 2002).

El sector cuenta con avanzados sistemas de sacrificio, desprese, empaque, enfriamiento, y elaboración de embutidos; así mismo, en la producción de huevo, los equipos automatizados incluyen baterías por niveles, transporte automático de alimento para las aves, recolección y clasificación del huevo, entre otros (Pastrana, 2011).

1.3 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL AVE

Los órganos digestivos de las aves son diferentes a los órganos digestivos de los mamíferos. En las aves (Figura 1), los dientes están ausentes, a su vez, están presente: un buche bien desarrollado y una molleja; el ciego es doble y falta el colon. Tales diferencias anatómicas significan diferencias en los procesos digestivos.

Figura 1. Aparato digestivo del pollo.



Adapted and redrawn from Riis & Jokobsen, 1969 Hill, 1971, Simcn & Versteeg, 1989 and Herpol and Van Grembergen, 1967

Fuente: Ergomix, 2010

Se encuentra que el pico es la principal estructura prensil. En las aves, este hace las veces de las mandíbulas, los labios, y, en parte, los carrillos; su fundamento es óseo y está revestido por una vaina córnea de dureza, la cual varía según la especie de ave. La mayor parte de las terminaciones nerviosas se encuentran en la punta del pico. No existe separación neta entre la boca y la faringe; en las paredes de la cavidad bucal se hallan numerosas glándulas salivares; las cuales segregan en promedio en una gallina adulta, en ayunas, de 7 a 25 ml. en 24 horas; siendo el promedio de 12 ml.

Encontramos una lengua que es mucho menos móvil que la de los mamíferos. Los músculos linguales propiamente dichos, que constituyen la base del órgano de referencia, son rudimentarios, de ahí que su movilidad sea escasa. En la mucosa lingual hay, corpúsculos nerviosos terminales, que sirven para la percepción táctil. La actividad funcional de la lengua consiste en la prensión, selección y deglución de los alimentos.

Posteriormente se encuentra el esófago, es algo amplio y dilatado, sirviendo así para acomodar los voluminosos alimentos sin masticar. Luego está el buche, Este cumple distintas funciones, entre las más importantes están: el almacenamiento de alimento para el remojo, humectación, y maceración de los mismos; y la regulación de la repleción gástrica. Además, contribuye, junto con la saliva y la secreción esofágica, al reblandecimiento e inhibición de los alimentos, todo esto gracias a la secreción de moco. Seguido del buche encontramos el estómago que en las aves domésticas, consta de dos porciones o cavidades, claramente distinguibles en el exterior, éstas son: el estómago glandular y el estómago muscular.

El estómago glandular es un órgano ovoide. Constituye, en gran parte, un conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y que se dirigen hacia la molleja. Está recubierto externamente por el peritoneo. Le sigue la túnica muscular, compuesta de una capa externa, muy fina, de fibras longitudinales; y de otra interna, de fibras circulares: y el estómago muscular o molleja el cual es desproporcionadamente grande, y ocupa la mayor parte de la mitad izquierda de la cavidad abdominal. En esta parte no se segrega jugo digestivo. Ésta, Está recubierta interiormente de una mucosa de abundantes pliegues, cuyas glándulas se asemejan a las glándulas pilóricas de los mamíferos.

Un órgano importante en la digestión y absorción de grasas es el Hígado, que posee, unos conductos que secretan bilis cerca al duodeno (Cuca, Ávila y Pro 1996). La bilis posee una acción emulsificante, y un efecto de activación de la lipasa pancreática para llevar a cabo la absorción de las grasas (Sturkie, 1981).

Las aves poseen un Intestino Delgado el cual se extiende desde la molleja al origen de los ciegos. Es comparativamente largo y de tamaño casi uniforme por todas partes. Este se subdivide en Duodeno, Yeyuno e Íleon. En el Duodeno se encuentra el Asa Duodenal, en forma de "U", cuyas dos ramas están unidas por restos de mesenterio. Entre ambos tramos de dicha asa se encuentra el páncreas o glándula salivar abdominal cuya función es secretar el jugo pancreático, el cual contiene enzimas como amilasa, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasas y lipasa; este consta de tres largos lóbulos. Presenta un pH de 6,31, por lo que posiblemente el jugo gástrico ejerce aquí la mayor parte de su acción.

En cuanto al Yeyuno de la gallina este consta de unas diez asas pequeñas, dispuestas como una guirnalda y suspendidas de una parte del mesenterio. Presenta un pH de 7,04. El Íleon presenta una estructura estirada, y se encuentra en el centro de la cavidad abdominal. Tiene un pH de 7,59.

En el sitio en que desembocan los ciegos, empieza en el Intestino Grueso, este se subdivide también en Ciego y Colon Recto. Las aves poseen dos ciegos, que son tubos con extremidades ciegas, se originan en la unión del intestino delgado y el recto, y se extienden oralmente hacia el hígado. El pH del ciego derecho es de 7,08, mientras que el pH del ciego izquierdo es de 7,12. Se cree que la función de los ciegos es de absorción, que están relacionados con la digestión de celulosa. En cuanto al Colon Recto, en este es donde se realiza la absorción de agua y proteínas de los alimentos que allí llegan.

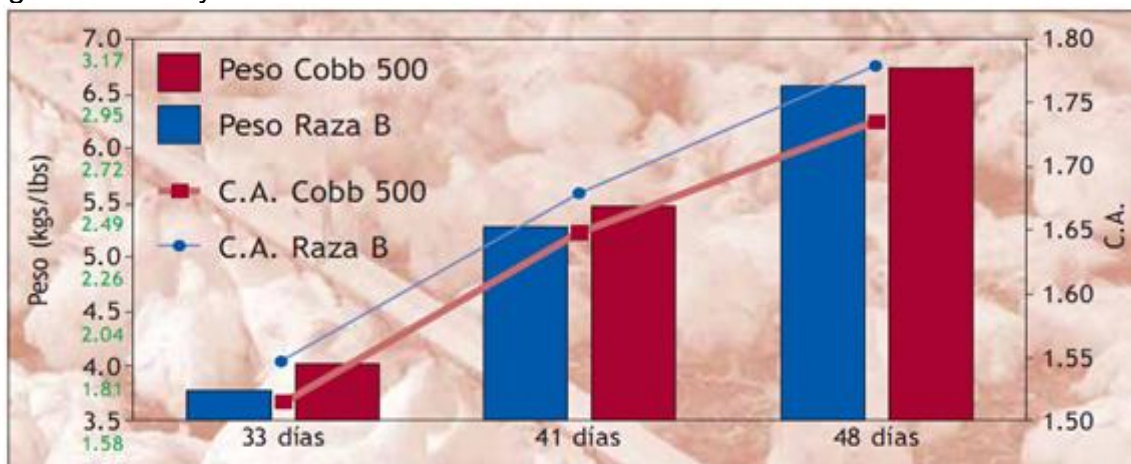
Posteriormente se encuentra la Cloaca la cual es una cavidad común a los sistemas digestivo, urinario y genital. Junto con el colon, la cloaca es el órgano encargado de la excreción y el balance de agua y minerales (Cuca, Ávila y Pro 1996).

1.4 ASPECTOS GENERALES DEL POLLO DEL ENGORDE

1.4.1 Pollo de engorde línea Cobb 500. El alimento representa el 60% del costo total de la inversión para producir un pollo de engorde. La eficiencia de utilización del alimento es el factor más importante para el manejo de costos de producción avícola.

Los programas de selección de Cobb le han dado mucho énfasis a la eficiencia y a la conversión alimenticia, y éstas características son una prioridad en el desarrollo del Cobb 500. En los mercados mundiales, Cobb logra el costo más bajo en producción de un kilogramo o una libra de carne (Figura 2).

Figura 2. Peso y conversión alimenticia de la línea Cobb 500 frente a otras líneas



Fuente Cobb 500, el más eficiente del mundo (2008).

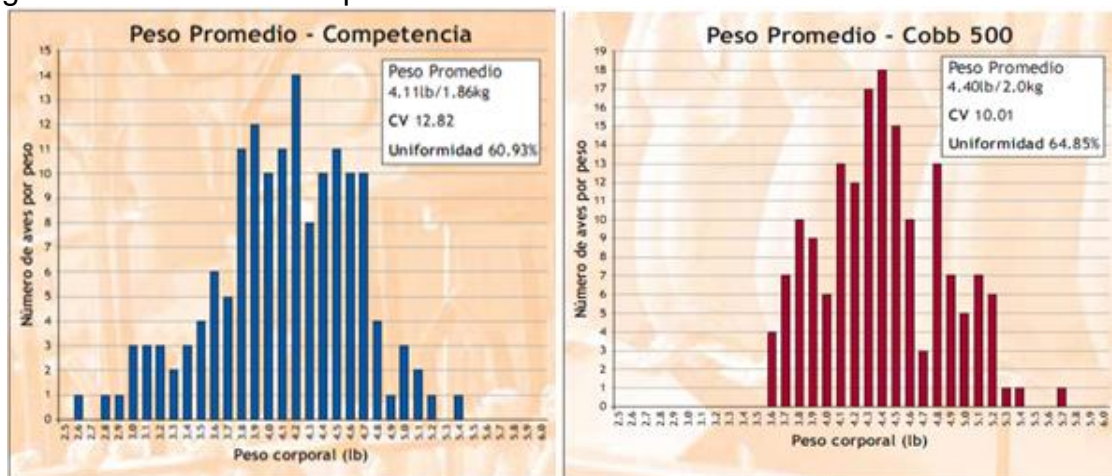
Una eficiente conversión alimenticia y una excelente tasa de crecimiento apoyan el objetivo del cliente de lograr un peso esperado con la ventaja competitiva de mantener el costo más bajo. Cobb combina ambas características en el pollo más exitoso del mundo, el Cobb 500.

Una conversión alimenticia más baja combinada con la capacidad de Cobb 500 para crecer con una dieta de baja densidad y una dieta más económica, reduce el costo de producción de carne de pollo. Cuando se alimenta el Cobb 500 con una dieta de baja densidad con niveles reducidos de nutrientes, se disminuyen los costos del alimento sin tener un efecto en el desempeño.

El Pollo Cobb 500 tiene la mejor uniformidad en el mercado. (Figura 3) Mayor uniformidad permite que la planta de procesamiento reciba mayor cantidad de aves dentro del peso esperado especificado por el cliente.

Mayor número de pollos dentro del peso esperado produce mayor número de aves aptas para la venta, lo que por ende incrementa la ganancia de ventas y optimiza la ganancia y la rentabilidad para el cliente (Cobb 500, 2008).

Figura 3. Uniformidad del pollo mixto.



Fuente Cobb 500, el más eficiente del mundo (2008).

En conclusión las ventajas del COBB 500 frente a los demás son: El costo más bajo de peso vivo producido, desempeño superior con dietas de menor costo, la conversión alimenticia más eficiente, la mejor uniformidad de pollo para procesamiento y excelente tasa de crecimiento

1.4.2 Requerimientos nutricionales. Los animales tienen necesidades nutricionales concretas muy diferentes dependiendo de la especie y en una misma especie (Tabla 1) 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, las vitaminas esenciales que no sintetiza el organismo.

En cuanto a los requerimiento de proteína de los pollos de engorde refleja los requerimientos de amino ácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas, que a su vez, son unidades estructurales dentro de los tejidos del ave (Guía de manejo del pollo de engorde, 2008).

Además las proteínas hacen parte de la sangre, hormonas y anticuerpos. Actualmente su participación en las dietas se realiza teniendo en cuenta los requerimientos específicos de aminoácidos (Ceniceros, 1997 citado por Rebollar, 2002).

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

Los lípidos se absorben en forma de ácidos grasos y su digestibilidad depende de la longitud y solubilidad de las cadenas de carbonos que lo componen (Turner et al., 1999 citado por Rebollar, 2002).

Los pollos pueden obtener energía a partir de carbohidratos simples, de algunos carbohidratos complejos, de proteínas, aceites y grasas. La energía es la necesaria en cantidades variables para todos los procesos metabólicos, por lo que una deficiencia de energía influye sobre la mayoría de los procesos metabólicos, y sobre la mayoría de los aspectos del rendimiento productivo de las aves, el rendimiento de las aves comerciales es máximo si tienen libre acceso al alimento, cualquiera que sea su concentración de energía (Rose 1997 citado por Caceres, J., C. y Cedeño, J., L).

La calidad ósea es vital y mucho más sensible a los cambios en los niveles de inclusión de los minerales que al crecimiento del ave. Con la importancia y los relativamente bajos índices de inclusión en las raciones de pollo de engorde, y la importancia de evitar una cantidad excesiva de fósforo para reducir al mínimo la contaminación del medioambiente, es fundamental en la formulación que los niveles sean adecuados para apoyar las altas tasas de crecimiento del pollo moderno y así evitar problemas en el desarrollo de las aves. La suplementación con Vitamina D puede ayudar a prevenir ciertos problemas de patas/piernas, en particular en el pollo de engorde moderno han elevado las necesidades de este nutriente por su alta capacidad de crecimiento.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según su etapa de desarrollo.

Nutrientes	Edad en días			
	22-33 ¹	34-42 ¹	22-33 ²	34-42 ²
E.M. Kcal/Kg	3050	3100	3100	3150
Proteína cruda	19.10	17.74	19.41	18.03
Acido 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
Treonina	0.787	0.744	0.804	0.762
Arginina	1.180	1.116	1.207	1.143

¹ Desempeño regular ² Desempeño medio

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

1.4.3 Consumo de Agua. El agua es un elemento esencial que forma parte de un 65 a un 78% de la composición corporal de un ave, dependiendo de su edad. Su consumo está influenciado por la temperatura, humedad relativa, composición de la dieta y la tasa de ganancia de peso (Cobb-Vantress, 2008).

El consumo de agua tiene una relación directa a la regulación del calor. Este es el factor principal de control cuando se trata del estrés calórico, es más importante que cualquier otro factor. El agua afecta a todas las reacciones metabólicas y fisiológicas que ocurren en el cuerpo. Bajo condiciones normales y por promedio, las aves consumen el doble de agua que de alimento. Pero esta diferencia puede ser mucho más cuando la temperatura se incrementa de 75 a 90°F (de 24 a 32°C) (NILIPOUR, 2004).

1.4.4 Consumo de Alimento. A continuación se presenta en la tabla 2 el comportamiento del pollo de engorde frente al consumo de alimento por semana, peso, ganancia de peso y conversión alimenticia.

Tabla 2. Comportamiento del pollo de engord

Edad	Consumo ave/día	Consumo Acumulado	Peso	Ganancia	Conversión
1	20	140	160	23	0,87
2	45	455	380-400	27-28	1,13-1,16
3	80	1015	740-780	35-37	1,34
4	110	1785	1160-1260	41-45	1,47
5	135	2730	1640-1800	46-51	1,59
6	160	3850	2080-2290	52-54	1,76
7	170	5040	2390-2640	54-59	1,85

Fuente: Itacol, 2008

1.4.5 Manejo. El mejoramiento genético de la línea Cobb sigue incrementando el potencial de desempeño general del pollo de engorde y de la producción de las reproductoras. Sin embargo, para obtener tanto el potencial genético como una producción consistente del lote, es importante que el encargado de la granja tenga un programa de manejo adecuado.

La línea Cobb a nivel mundial ha brindado mucha experiencia de las razas de pollos de engorde en un amplio rango de situaciones tales como climas cálidos y fríos, galpones de ambiente controlado y abiertos (Cobb-Vantress, 2008). Dentro del manejo se deben tener en cuenta aspectos tales como el diseño del galpón, la orientación del mismo, desinfección, equipos, ventilación, calefacción, selección del material (avícola procedente), uniformidad del lote, brindar una dieta balanceada, registros, entre otros.

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 aprovechamiento del material genético, esto enmarcado en unas buenas prácticas de manejo agropecuario combinadas con factores determinantes en la producción (genética + nutrición + sanidad + manejo) para así permitir a la línea de pollo seleccionada expresar su máximo potencial genético.

1.4.6 Instalaciones y equipos. Para la selección del terreno y los galpones se tuvo en cuenta las siguientes características: Contar con agua potable, de fácil

acceso a rutas o caminos, de dimensiones tales que permitan una buena disposición de los galpones y futuras ampliaciones, a nivel del terreno, buena ventilación y manejo de cortinas para controlar humedad y mantener bajos los niveles de dióxido de carbono y amoníaco.

También se tuvo en cuenta el número de bebederos y comederos por jaula necesarios para garantizar el buen desarrollo de las aves. Con estas características lo que se busca es minimizar al máximo la interacción del medio ambiente con el desarrollo normal de los pollos, garantizando confort, evitando hacinamiento, acumulación de gases, competencia por agua y/o comida, entre otras. Para la disposición de jaulas en el galpón se tuvo en cuenta que facilitarían la limpieza e higiene del mismo, con el objetivo de evitar la presencia y proliferación de enfermedades.

1.5. *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth.

1.5.1 Descripción botánica. Leguminosa herbácea, presenta un ciclo vegetativo que varía de anual a perenne, posee un crecimiento de enredadera a postrada. Las hojas son trifoliadas, ovales con ápice agudo, 12-15 cm de largo y 8-11 cm de ancho casi glabras. Las inflorescencias son racimos axilares, 20-26 cm de largo, con flores púrpura (Figura 4), 2-2,5 cm de largo. Tiene vainas glabras, de 12-20 cm de largo y aprox. 1 cm de ancho, de color marrón a marrón oscuro, dehiscentes con un promedio de 12 semillas (Peters, et al, 2003). Las semillas son de color café claro, miden aprox. 11 mm de largo y 8 mm de ancho, con un hilo negro de 6 mm de largo. El Peso de 1000 semillas es 590-730 gr. Existe un alto nivel de dureza en las semillas y en consecuencia la latencia de estas. El número de cromosomas encontrado en *C. brasiliensis* es $2n = 22$ (Lackey, 1981, citado por Matos; et al, 2004).

Se adapta tanto a suelos arcillosos como a arenosos de baja fertilidad y desde ácidos hasta alcalinos con pH de 4.3 – 8.0. No tolera las inundaciones, y soporta bien las épocas de sequía. Su establecimiento es moderadamente rápido, produce de 5 – 10 ton de MS/ha Por año. Se puede utilizar para abono verde y cobertura, con una distancia de siembra de 50 cm entre surcos y 20 cm entre plantas. Para producción de semilla se debe manejar una distancia de siembra de 1 – 1,5 mt entre surcos y 30 – 50 cm entre plantas. La profundidad de siembra que se recomienda es de 2 – 5 cm para favorecer la emergencia de la plántula.

La *Canavalia brasiliensis* posee un gran valor nutritivo, ya que se puede encontrar en su follaje 15% de proteína, y en el grano proteína cruda de 20 – 28%, con alto

contenido de lisina (uso como concentrado para cerdos y aves) (Ciat, 2011). Dentro de los usos que se le dan a la *Canavalia brasiliensis* esta: Abono verde, Cobertura, Forraje, Concentrado, Mejoramiento de rastrojo.

1.5.2 Origen y distribución. *Canavalia brasiliensis* es una especie con una distribución natural amplia, que se extiende desde el norte del trópico de cáncer en Sinaloa, México, a 27° S hasta NE Argentina. Existen tres centros de distribución importantes: (a) América Central, México y el Caribe, (b) Paraguay, NE argentina, S Brasil y (c) NE Brasil. El género *Canavalia brasiliensis*, comprende aproximadamente 40 especies distribuidas en regiones tropicales y subtropicales. Cerca de 25 especies se encuentran en América del Sur, entre las cuales están *Canavalia brasiliensis*, Mart. (Feijao bravo do ceara), *Canavalia obtusifolia* D.C (Feijao de Praia), *Canavalia gladiata* D.C (Feijao espada) y *Canavalia ensiformes* D.C (Feijao de porco), entre otras (Gomes et al, 1988, citado por Matos, et al. 2004).

Se tienen pocas referencias bibliográficas respecto a esta leguminosa. A lo largo del continente americano se conoce con diferentes nombres como “Haba” en Colombia y en Guatemala. Choncho, en el salvador. Barbicou bean, en Leeward y Windwars Island (Howard). Feijao bravo do ceara (Judia silvestre), en Brasil (Alvarez, 1997).

Figura 4. Hojas, flore y vaina de *Canavalia brasiliensis*.



1.5.3 Taxonomía

Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Tribu: Phaseoleae
Subtribu: Diocleinae
Clase: Magnoliopsida
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Subfamilia: Papilionoideae
Género: *Canavalia*
Especie: *C. brasiliensis*
Fuente: Torres, et al., s.f.

1.5.4 Factores Agronómicos de la *Canavalia brasiliensis*. Se establece rápidamente, aunque no tan rápido como *C. ensiformes*. desarrolla un denso y extenso sistema de raíces con muchas raíces finas las cuales llegan más profundamente que las de *C. ensiformes* y rápidamente llega al subsuelo, garantizando una mayor captación de las aguas subterráneas y los nutrientes (Álvarez, 2007). Como abono verde, el promedio de materia seca (MS) de producción es de 5000 a 10000 kg/ha/año, con extremos que van desde 1700 a 14200 kg/ha/año, comparado con el *C. ensiformes* la productividad de *C. brasiliensis* es menor pero más estable y menos afectada por los factores ambientales adversos (Gonzales, et al., 2008).

1.5.5 Composición nutricional de la *Canavalia brasiliensis*. Hay poca información sobre la calidad de plantas *C. brasiliensis*. el contenido de minerales es similar a otras leguminosas forrajeras tropicales, con la excepción del alto contenido de Ca (1,5%) en *C. brasiliensis* (Alvarenga et al., 1995; Cobo et al., 2002). Aunque no se dispone de datos concretos se presentaron, taninos y saponinas, según se informa su contenido de flavonoides y flavans son bajos (Pessanha et al., 1995). Como forraje de corte, es bien aceptada por cabras y ovejas en Nicaragua (Caballero et al., 1995. Citado por Carvajal, 2010).

La principal proteína de almacenamiento de la *C. brasiliensis*, es análoga a la canavalin que se encuentra en *C. ensiformes* (Barcellos et al, 1993). Posee una limitación de los aminoácidos como metionina, cisteína y triptófano (Gomes et al., 1988). Además de la baja concentración de azufre que contiene aminoácidos, la calidad nutricional de las semillas se reduce aún más por los compuestos anti nutricionales, estos incluyen los inhibidores de la tripsina, concanavalin Br, canavanin y canatoxin. La Concanavalin lectina Br forma alrededor del 20% de la proteína Total. Tiene una similar secuencia de aminoácidos a la lectina que se

encuentra en *C. ensiformes*, pero tiene una mayor reactividad; esta condujo al aumento de las reacciones biológicas en los ensayos con ratas. (Gomes *et al.*, 1988; Barcellos *et al.*, 1993).

En la Tabla 3 se presenta varios estudios realizados por Carvalho *et al.*, 2000, Carvajal 2010 y Gomes *et al.*, 1988, en el que se indica el contenido de la biomasa de la *Canavalia brasiliensis*.

Tabla 2. Composición nutricional de la *Canavalia brasiliensis*, como % de la M.S

Componente	% de M.S		
	1.	2.	3.
Proteína cruda		23,6	31,9- 41,6
Carbohidratos			52,3
Fibra cruda			12,3
FDN	44,1	34,3	
FDA	33,5	15,5	
Hemicelulosa	10,6	18,8	
Celulosa		12,6	
LDA	6,52	2,9	
Cenizas		14,4	2,8
Aceite			1,2
Nitrógeno no Proteico	23,2		35
Carbono	44,5		
Digestibilidad In Vitro de la M.S	69,6		
Polifenoles	8,42		

1. Carvalho *et al.*, 2000 (hoja), 2. Carvajal, 2010 (hoja), 3. Gomes *et al.*, 1988 (grano).

1.6 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD

Uno de los parámetros importantes dentro del proceso del pollo es la alimentación, ya que constituye mínimo el 70 % del costo de producción y por ende es el factor primordial a considerar (Avipunta, 2011).

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).

Se expresa como un porcentaje:

$$D = \frac{\text{consumo} - \text{excreción fecal}}{\text{consumo}} \times 100$$

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 descamación. Cuando dichos valores son corregidos se obtiene la digestibilidad verdadera (Maynard, *et al.*, 1986).

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 (Ly., Lemus., 2007).

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal. Las pruebas de digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo quedando disponibles para el animal.

La digestibilidad depende mayormente de la composición nutritiva de la ración en estudio, siendo a su vez afectada por el hecho de que las heces contienen cantidades importantes de materiales de origen no dietético. Éstas, constituyen una importante vía de excreción de compuestos nitrogenados, grasos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno, encontrándose reportes que indican que no hay secreción de carbohidratos a nivel intestinal. A esto se debe que los coeficientes de digestibilidad determinados por diferentes métodos se denominan aparentes.

Es difícil cuantificar con exactitud las cantidades de origen endógeno de un determinado elemento presente en las heces, ocasionando la subestimación de su digestibilidad verdadera. Los valores estimados de digestibilidad aparente de las fracciones correspondientes a proteínas y lípidos, sin incluir los aportes de compuestos endógenos de la misma naturaleza, son siempre menores a los coeficientes de digestibilidad verdadera.

Por lo que un dato de gran utilidad al trabajar con rumiantes es que el aporte de nitrógeno endógeno se encuentra alrededor de 0,5 a 0,6 % de materia seca consumida (aproximadamente un 4% de la proteína de la ración), por lo que los coeficientes de digestibilidad aparente en raciones con un contenido de proteína inferior al 4%, son negativos (Bondi, 1989, Citado por Lachmann., Febres, 1993).

En dietas basadas en el consumo de forrajes, la digestibilidad in vivo es afectada por aquellos elementos que tienen efecto sobre el consumo, como la capacidad de selección del animal en función de la oferta de material, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento, la eficiencia metabólica de los animales y hasta las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa), lo que trae como consecuencia, que difícilmente la técnica in vitro pueda reproducir las transformaciones ocurridas en la digestibilidad in vivo (Cochran et al., 1986). Aún cuando la digestibilidad aparente, constituye una expresión muy simplificada del valor nutritivo, los datos que se generan de esta determinación son de gran utilidad (Lachmann, M., Febres, 1993).

1.6.3 Formas de medición de la digestibilidad.

1.6.3.1 Método de colección total de heces. La colección total de heces (CTH) es el método más confiable para medir digestibilidad, ya que involucra directamente factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido.

Las muestras del material ofrecido, al igual que las del rechazado, cuando se proporciona alimento ad libitum, muestras de orina y las heces, son analizadas en el laboratorio, para controlar el balance de nutrientes ingeridos y excretados, como base de la determinación de la digestibilidad de los nutrientes en estudio. Esta es normalmente representada por un coeficiente de digestibilidad, expresado en forma porcentual que se calcula mediante la siguiente fórmula (Bondi, 1989 Citado por Lachmann., Febres., 1993):

$$\text{Coeficiente de digestibilidad (\%)} = \left[\frac{\text{NI} - \text{NH}}{\text{NI}} \right] \times 100$$

Donde:

NI = Nutriente ingerido

NH = Nutriente en heces

1.6.3.2 Uso de marcadores para ensayos de digestibilidad. Los marcadores son compuestos de referencia usados para monitorear aspectos físicos, como la tasa de pasaje, y químicos, como hidrólisis y síntesis, haciendo estimaciones cuantitativas o cualitativas de la fisiología nutricional. Estos materiales también han sido denominados como indicadores, trazadores, sustancias de referencia o sustancias indicadoras, y se ha denotado de manera especial, como marcadores de las dietas, a aquellos que pueden ser colocados en ella, pueden ser constituyentes naturales de la misma o ser administrados de forma oral.

Para ser considerada como marcador, una sustancia debe ser inerte y no tóxica, no tener efectos fisiológicos o psicológicos, no puede ser absorbida ni metabolizada en su paso por el tracto digestivo y debe ser recuperada completamente tanto de materias primas como de alimentos procesados, debe mezclarse íntimamente con el alimento y mantenerse uniformemente distribuida en la digesta, no tener influencia sobre las secreciones alimentarias, digestión, absorción, motilidad del tracto digestivo o sobre la excreción, no tener efecto sobre la micro flora del tracto digestivo de importancia para el hospedero; además, debe tener cualidades que permitan su medición precisa.

Para el cálculo de la digestibilidad con marcadores, según la técnica de las proporciones, se han descrito algunas fórmulas, en función de la relación de las concentraciones de los nutrientes y el marcador, tanto en la ración como en las heces. En el caso de la digestibilidad de la MS y cualquier otro nutriente se han propuesto la siguiente formulas:

$$\text{DMS\%} = (1 \text{ CMF/CMH}) \times 100 \text{ (2)}$$

Donde:

CMF = Concentración del marcador en el forraje (%)

CMH = Concentración del marcador en las heces (%) (Lascano *et al.*, 1990).

Para calcular la digestibilidad de cualquier nutriente (DN), se aplica alguna de estas fórmulas según su preferencia:

$$\text{DN,\%} = [1 \text{ (CMF} \times \text{NH)/(CMH} \times \text{NF)}] \times 100 \text{ (3)}$$

Donde:

CMF = Concentración del marcador en el forraje (%)

NH = Concentración del nutriente en las heces (%)

CMH = Concentración del marcador en las heces (%)

NF = Concentración del nutriente en el forraje (%)

Digestibilidad aparente, % = $100 \left[\frac{MA}{MH} \right] \left[\frac{NH}{NA} \right]$ (4)

Donde:

MA =% de marcador en el alimento

MH =% de marcador en las heces

NH =% de nutriente en las heces

NA =% de nutriente en el alimento

- **La Lignina como Marcador Interno para Ensayos de Digestibilidad.** La lignina es el único gran polímero de las plantas cuyos componentes no se encuentran claramente reconocidos (Van Soes, 1994). La lignina afecta la digestibilidad de los tejidos vegetales. Las estructuras condensadas que se conocen y sus modelos han sido sintetizados a partir de estudios in vitro, pero no sobre el material en su condición natural.

La determinación de la lignina es utilizada por muchos investigadores para monitorear estudios de digestión con rumiantes, principalmente en los Estados Unidos y típicamente medida mediante métodos gravimétricos. Algunos autores han sugerido que el detergente ácido y el detergente neutro remueven alguna lignina verdadera. Este punto de vista considera todos los fenoles de la pared celular, incluyendo los ésteres de ácido ferúlico y p-cumárico como lignina, lo que reitera la dificultad de hablar de ella como un término absoluto y universal.

La presencia de proteína cruda (PC) en la FDA puede complicar la correcta determinación de la lignina detergente ácido (LDA), ya que entre el 1.5 y el 18% del valor de la lignina puede estar representado por proteína y no por lignina, dependiendo básicamente de las alteraciones que sufran las proteínas presentes en la muestra por acción del proceso de FDA o por el ácido sulfúrico al 72% empleado para la determinación de la lignina. Se resalta que la composición de las preparaciones de lignina varían de acuerdo con el método de aislamiento y cada método presenta problemas específicos.

Las principales limitaciones para el uso de la lignina como marcador son su grado de digestibilidad y la necesidad de realizar colección total de las heces para la obtención de muestras representativas, aún cuando se han reportado variaciones en cuanto a la recuperación de la lignina determinada por este método.

- **El Óxido de Cromo como Marcador Externo para Ensayos de Digestibilidad.** El óxido de cromo en polvo es uno de los muchos compuestos con

cromo con características de indicador inerte destacado como el más antiguo y comúnmente empleado de los marcadores externos.

Es prácticamente insoluble en agua y no se asocia con los componentes de la ingesta viaja en la digesta en forma de suspensión, a una velocidad diferente a las correspondientes tanto a la fase líquida como a la fase sólida o particulada, pudiendo formar un sedimento en el retículo-rumen y ser transferido esporádicamente al tracto gastrointestinal lo que afecta directamente el patrón de excreción del marcador.

El óxido de cromo, ofrece la ventaja de tener una recuperación completa en las heces y, existen varios métodos analíticos confiables para su determinación, resultando de gran utilidad para pruebas de digestibilidad. Al empleo del óxido de cromo debe añadirse un especial cuidado en su manipulación, ya que se encuentra identificado como un elemento carcinógeno.

• **La Fibra Cromo Mordenteo como Marcador Externo para Ensayos de Digestibilidad.** El mordenteo con cromo ha sido ampliamente empleado. Este procedimiento fue desarrollado para atrapar el Cr en la fibra vegetal a través de la formación de enlaces coordinados, permaneciendo a lo largo del proceso digestivo en rumiantes. Por lo que tiene un alto valor como marcador tanto para estudios de digestibilidad como para determinación del avance de la ingesta.

Esta metodología, señala una adición de Cr entre el 12 y el 14% del peso de la fibra para su incubación. Sin embargo, se ha reportado un aumento de la densidad de la fibra marcada y en consecuencia la alteración de su tasa de pasaje en relación a la fibra original. Uno de los principales problemas que pueden presentarse con los marcadores es que su velocidad de pasaje a través del tracto gastrointestinal, sea diferente a la de la ingesta, lo que podría producir estimaciones erradas.

Se ha reportado que en la medida que aumenta la concentración de Cr en la solución empleada para el mordenteo de la fibra, aumenta el contenido de Cr fijado, al igual que la densidad de la fibra marcada, incrementando la tasa de pasaje de dichas partículas en el rumen, en relación con la tasa de pasaje de la fibra presente en la dieta (Ehle, 1984 Citado por Lachmann, M., febres, A).

1.6.4 Digestibilidad de proteínas y carbohidratos. Las proteínas son macromoléculas las cuales desempeñan el mayor número de funciones en las células de los seres vivos.

Las proteínas forman parte de la estructura básica de tejidos (músculos, tendones, piel, uñas, etc.), durante todos los procesos de crecimiento y desarrollo, crean, reparan y mantienen los tejidos corporales; además desempeñan funciones metabólicas (actúan como enzimas, hormonas, anticuerpos) y reguladoras a saber: asimilación de nutrientes, transporte de oxígeno y de grasas en la sangre, eliminación de materiales tóxicos, regulación de vitaminas liposolubles y minerales, etc. Las proteínas son moléculas de gran tamaño formadas por una larga cadena lineal de sus elementos constitutivos propios, los aminoácidos (aa). Éstos se encuentran formados de un *grupo amino* (NH_2) y un *grupo carboxilo* ($COOH$), enlazados al mismo carbono de la molécula. Los aminoácidos se encuentran unidos por un *enlace peptídico* (enlace de un grupo amino con otro carboxilo perteneciente a otro aminoácido).

Existen veinte aminoácidos distintos, codificados en el material genético de los organismos, pueden combinarse en cualquier orden y repetirse de cualquier manera para dar lugar a estas macromoléculas. Una proteína típica está formada por unos cien o doscientos aa, lo que da lugar a un número muy grande de combinaciones diferentes. Y por si esto fuera poco, según la configuración espacial que adopte una determinada secuencia de aminoácidos, sus propiedades pueden ser totalmente diferentes, como consecuencia, realizar diferentes funciones.

Tanto los carbohidratos como los lípidos tienen una estructura relativamente más simple comparada con la complejidad y diversidad de las proteínas. Las moléculas con menos de 50 aminoácidos en sus cadenas y pesos moleculares bajos se denominan péptidos, las que pesan entre varios miles y varios millones de daltones (Da) se denominan polipéptidos. Los términos proteínas y polipéptidos a menudo se usan indistintamente para referirse a las mismas moléculas (Torres, L. G. *et al.*, 2007).

1.6.4.1 Valor biológico de las proteínas. Como se mencionó anteriormente, el aprovechamiento de una proteína aislada no depende de su origen, intervienen muchos factores más, como son la combinación con otras proteínas, otras moléculas o nutrimentos, además de los procesos de digestión, absorción, o el hecho de que algunos aminoácidos puedan estar en formas químicas no utilizables, etc. El término “calidad proteica” se refiere a la capacidad de una

proteína de la dieta para incorporarse en las proteínas corporales y se puede estimar a través de varios indicadores, dentro de los que se destaca el valor biológico o “calificación química”.

El valor biológico está definido como la proporción en que se encuentra un aminoácido indispensable limitante con respecto al patrón de referencia. Por definición, se entiende como aminoácido limitante a aquel en el que el déficit es mayor comparado con la proteína de referencia, es decir, aquel que, una vez realizado el cálculo, da un valor químico más bajo. La “proteína de referencia” es una proteína teórica definida por la FAO la cual tiene la composición adecuada para satisfacer correctamente las necesidades proteicas.

La FAO ha propuesto a la proteína del huevo y la proteína de la leche humana como proteínas de referencia. Se han fijado distintas proteínas de referencia dependiendo de la edad, ya que las necesidades de aminoácidos esenciales son distintas en las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo humano.

Las proteínas de los cereales son en general severamente deficientes en lisina, mientras que las de las leguminosas lo son en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína). Las proteínas animales tienen en general composiciones más próximas a la considerada ideal (19, 20). En la dieta de los seres humanos se puede distinguir entre 2 tipos de proteínas, las de origen animal y las de origen vegetal.

Dentro de las primeras, las que provienen de huevo, leche y derivados lácteos son consideradas como de excelente calidad; otras carnes (tejido muscular) como el pescado, res y aves contienen proteínas de buena calidad. De las proteínas vegetales, la proteína del frijol de soya es considerada de buena calidad, la contenida en cereales, harinas y la mayor parte de tubérculos y raíces vegetales está clasificada como de mediana calidad, y la mayoría de las frutas y verduras contienen proteína de baja calidad. Las proteínas de origen vegetal, tomadas en conjunto, son menos complejas que las de origen animal.

Prácticamente todos los alimentos contienen proteínas, aunque no en la misma concentración. En el medio no especializado y hasta en muchos textos de nutrición existe la idea, la cual es errónea, de que es importante el origen de la proteína, es decir, animal o vegetal. Si bien, las proteínas de origen animal son de mejor calidad, esto no quiere decir que las vegetales no se puedan aprovechar, o que su calidad se vea desmerecida (Torres, L. G. *et al.*, 2007).

1.7 ANTECEDENTES

Carvajal, (2010) evaluó la digestibilidad “in vitro” prececal y cecal de plantas forrajeras tropicales para la nutrición en cerdos, reporto que las especies *C. molle*, *V. unguiculata*, *D. velutinum*, *X. saggitifolium* y *C. brasiliensis* reportaron DIVMS mayores a 60%.

Estos resultados posiblemente se puedan 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. Entre otras propiedades que se pueden citar es ramificación, metoxilación y melificación de las fibras, ya que por una parte impide el acceso de las enzimas al complejo, y por otra, forma enlaces muy fuertes y resistentes al ataque enzimático (Soler, L., 1998).

Así mismo 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 (316-347 g/KgMS) presentaron valores superiores en la digestibilidad de la materia seca como *C. molle*, *V. unguiculata* y *X. saggitifolium* (70,8; 69,6 y 61,8% respectivamente) y aquellas que mostraron valores menores de cenizas presentaron digestibilidad de la proteína alta como *C. molle*, *C. argentea* y *D. 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: Caupi (*V. unguiculata*); Centrosema (*C. molle*); *C. brasiliensis*, Desmodium (*D. velutinum*) y Cratylia (*C. argentea*). Por el contrario las especies *S. guianensis* y *C. brasilianum* presentaron bajas digestibilidades *in vitro* de la materia seca.

En cuanto al contenido de proteína los valores de los follajes oscilaron entre 144-240 g/kg MS. Las especies más promisorias por su mayor contenido de proteína fueron: *C. brasiliensis* y *D. velutinum*, así mismo las leguminosas forrajeras *C. brasiliensis*, *L. purpureus*, *C. molle*, *C. argentea*, *D. velutinum* y *X. saggitifolium* presentaron valores de proteína superiores a 200 g/kg MS, solamente superados

por la torta de soya (450 g/kg MS) Carvajal. (2010). Lo que indica que los follajes son una excelente alternativa como fuente de proteína en sustitución parcial o total dentro de la dieta de Monogástricos. El CIAT utiliza un enfoque integrado en su investigación, abarcando la evaluación de germoplasma, la investigación participativa y la extensión, y el análisis de sistemas pecuarios. Este enfoque ha tenido gran éxito. Más de 40,000 pequeños productores en el Sudeste Asiático adoptaron forrajes porque se estaban beneficiando de ingresos más altos, al igual que mayores retornos por la mano de obra. Se desarrollaron métodos de selección más eficaces y fiables para evaluar la adaptación a estrés biótico y abiótico, lo cual permitió el procesamiento de cientos de genotipos forrajeros en períodos muy cortos, facilitando, por tanto, el fitomejoramiento.

Canavalia brasiliensis fue seleccionada por el CIAT como una leguminosa forrajera que se adapta a diferentes condiciones climáticas y que fácilmente fija nitrógeno y mejora la fertilidad del suelo. El CIAT pudo aprovechar su alto potencial en ambientes marginales para aumentar la producción pecuaria y agrícola (Tropical Forages, 2011). En cuanto a la digestibilidad de forrajes, la torta de soya ha sido utilizada tradicionalmente para alimentación de animales Monogástricos, principalmente porque tiene un perfil de aminoácidos complementario al de los granos de cereales. Además, a la baja presencia de algunos factores antinutricionales.

La utilización de harinas de follajes, en sustitución parcial o total de las fuentes de proteína para la alimentación de los monogástricos, es una de las estrategias mas investigadas en la actualidad, debido a la ventaja que representa disponer de fuentes autóctonas de alimentos y poder reducir los costos (Savon, 2005). El análisis bromatológico solo del follaje de una planta no refleja el comportamiento de este en el cuerpo del animal. Para ello, es necesario tener un conocimiento de cada uno de sus componentes y su interacción con el tracto gastrointestinal, como la digestibilidad, composición de la fracción fibrosa, proteica y factores antinutricionales (FAN). En la tabla 4 se presenta la digestibilidad comparativa de 3 forrajeros de interés en la alimentación animal.

Tabla 3. Digestibilidad de hojas de árboles forrajeros en porcentaje de materia seca.

	Basal	Nacedero		Morera		Bore	
		Dieta	H sola	Dieta	H sola	Dieta	H sola
MS	85	71,8	47,4	74,7	55,5	75,1	56,9
PC	88	71,4	36,3	69,2	33	69,7	34,4
Energía	87	74,7	50,9	74,1	50,9	75,2	52,8

Fuente, Pascal *et al.*, 2005; citada por Carvajal, J. 2010

Nieves, et al; 2011, en estudios en conejos de engorde probaron la digestibilidad “*In vivo*” del forraje de la especie *Tithonia diversifolia* encontrando los siguientes resultados (tabla 5):

Tabla 4. Digestibilidad fecal y contenido de nutrimentos de follaje de *Thitonia diversifolia* en conejos de engorde.

Fracción	(X±DS)
Materia Seca (%)	53,80 ± 2,07
Materia Orgánica (%)	55,19 ± 2,49
Hemicelulosa (%)	39,18 ± 16,94
Energía Digestible (%)	2139,45 ± 170,15
Proteína Digestible (%)	109,6 ± 3,35

X= media; DS= Desviación estándar

Nieves, et al., 2011, reportan también que los valores de energía y proteína digestibles en el follaje de *T. diversifolia* son inferiores a los informados por Deshmukh *et al.* (1993), quienes encontraron 2580 kcal/kg de energía digestible y 163,8 g/kg de proteína digestible para follaje de morera. Sin embargo, están dentro del rango para leguminosas arbóreas tropicales en conejos.

Domínguez *et al.*, 2004 evaluaron los procesos digestivos de cerdos, sustituyendo el 30% de la proteína de la dieta con harina de follaje de diferentes variedades de morera e indicaron que la introducción del follaje de morera en las dietas determinó un notorio arrastre de agua en la materia fecal cuando fue evaluado la inclusión de éste forraje en la dieta, además evaluaron la digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca, la materia orgánica y el nitrógeno fue significativamente inferior al de la harina de soya, resultados representados en la tabla 6.

Tabla 5. Digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) de harina follaje de morera

Criterio	Harina de soya	de Morera tigreada	Morera acorazonada
Digestibilidad <i>in vitro</i> %			
Materia seca	77,7	35,1	36,2
Materia orgánica	75,7	35,3	35,2
Nitrógeno	79,8	37,3	35,9

Fuente: Domínguez et al., 2004

2. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo se llevo a cabo la siguiente metodología:

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, a una altitud de 1900 m.s.n.m, temperatura de 18 °C y una precipitación de 2000 mm/año. Una humedad relativa del 80 – 90% y con brillo solar de 6 h/día – 1825h/año. Los análisis de las dietas y heces fueron realizado por el Laboratorio Tecnología de Alimentos 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 4 mt. de ancho y 2,2 mt. de alto, (Figura 5). 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.

Figura 5. Galpón utilizado para el desarrollo del trabajo



Foto: Vivas, Nelson., 2010.

Se ubicaron 12 jaulas metabólicas en malla, 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, dos bebederos de niple con copa y dos bandejas de aluminio para la recolección de heces.

2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

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 las vacunas respectivas,

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 alimento. (Figura 6).

T₀: Testigo. Alimento no comercial sin harina de forraje de *Canavalia brasiliensis* elaborado para el ensayo.

T₁: Concentrado no comercial con el 20% de inclusión de harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*, elaborado para el ensayo.

Figura 6. Apariencia de las dietas utilizadas.



2.3.3 Materiales e insumos:

Balanza de resorte tipo reloj con capacidad de 100 Kg.

Gramera con capacidad de 6000g.

Bolsas plásticas herméticas.

4 Canecas plásticas capacidad 55Gal.

2 Canecas plásticas capacidad 20 Gal.

Nevera con enfriamiento de - 9 °C.

Peletizadora

1/2 bulto de cal viva

4 bultos, concentrado iniciación tipo comercial

14 bombillos de 200 watts

2.4 PROCEDIMIENTO

Cada una de las etapas de la investigación se describe a continuación:

2.4.1 Obtención de la harina del follaje *Canavalia brasiliensis*. La harina de *Canavalia brasiliensis* fue suministrada por el programa de pastos y forrajes tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), quienes seleccionaron la accesión (17009), de la cual se obtuvo el follaje destinado a el procesamiento para obtener la harina. El follaje se seco a 60°C por un periodo de tres días, periodo en el cual se logro disminuir la humedad del material hasta 8.7%, luego fue llevado a un molino de martillos con un tamiz de 5 mm. Para así obtener harina, la cual fue empacada, rotulada y almacenada a temperatura ambiente para su posterior aprovechamiento.

2.4.2 Desinfección y alistamiento del galpón y equipos. La limpieza y desinfección del galpón y los equipos, se inició con un lavado general con agua a presión y detergente. Posteriormente se procedió a flamear paredes, pisos, jaulas, comederos, luego se asperjaron con solución de formol al 0,5%, se dejo 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 dos bebederos niple con campana. La iluminación y calefacción se realizo con 14 bombillos de 200 watts.

2.4.3 Recibimiento de pollos. Los pollos se recibieron de 18 días de edad. El peso corporal promedio fue de 614g/pollo, se ubicaron en cada jaula 10 animales, con concentrado de iniciación y agua a voluntad.

2.4.4 Dietas experimentales. El balance nutricional, de las dietas experimentales, se realizó según los requerimientos nutricionales del pollo de engorde en la etapa de finalización (tablas brasileñas para aves y cerdos, 2005), listados en la Tabla 7, se presentan las materias primas y las cantidades utilizadas en la elaboración de las dietas experimentales.

Tabla 6. Cantidad de materias primas para las dietas utilizadas.

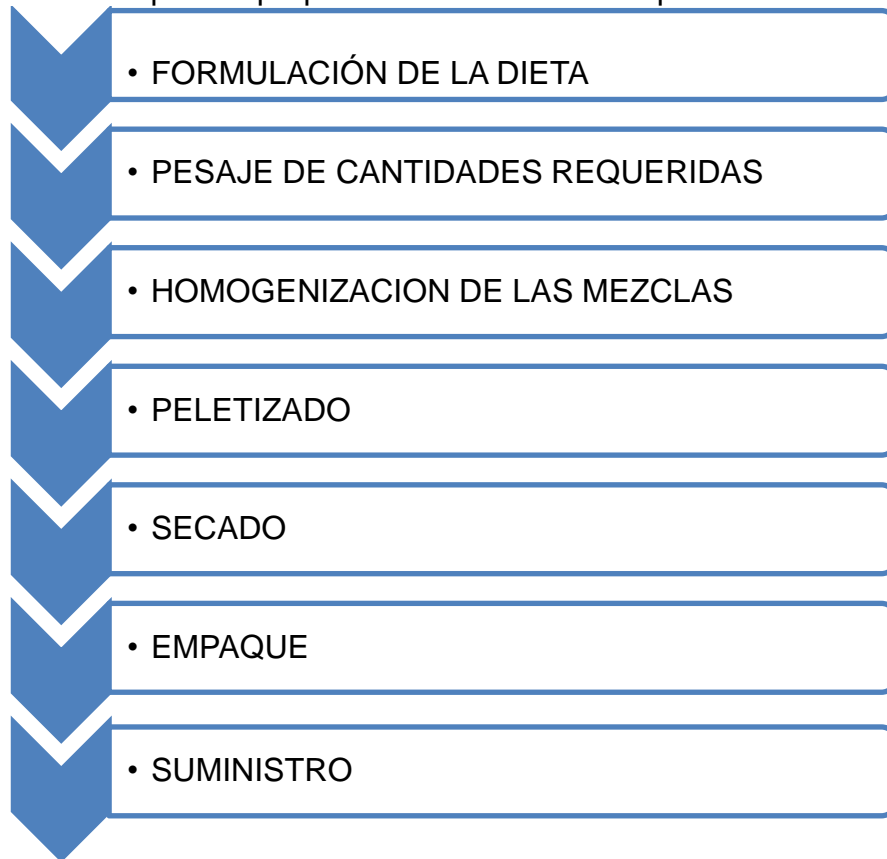
MATERIA PRIMA	CANTIDAD (Kg)		TOTAL
	*Dieta Experimental	**Dieta Control	
Harina de pescado	7.9	11,3	19.2
Torta de soya	34,7	49,5	84.2

Harina follaje Canavalia	66,6	0,0	66.6
Maíz	102,6	146,5	249.1
Biofos	1,6	2,2	3.8
L – lisina	0,2	0,2	0,4
DL – Metionina	0,2	0,2	0,4
Aceite de palma	1,6	2,2	3.8
Carbonato de calcio	1,7	2,4	4.1
Premezcla vitaminas y minerales	1,6	2,2	3.8
Sal común	0,6	0,9	1.5
Bentonita	3,0	4,2	7.2

* dieta 1: 80% concentrado finalización no comercial con 20% de inclusión de harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*. ** dieta 2: 100% concentrado finalización no comercial.

Las dietas fueron preparadas de manera convencional, mezclando las materias primas y posteriormente realizando el peletizado de cada una de ellas (Figura 7).

Figura 7. Proceso para la preparación de las dietas experimentales.



En la Tabla 8, se muestra la composición de las dietas experimentales usadas en el ensayo.

Tabla 7. Composición Química de las Dietas.

MATERIA PRIMA	%M.S TOTAL	% PROTEINA	% EE	% FC	%CEN	EM cal/gr
T₀	92,72	17,25	8,05	3,43	7,72	2187,6
T₁	91,61	18,59	6,12	5,62	8,52	2173,8

Fuente: Laboratorio Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2011

2.4.5 Acostumbramiento a las dietas. A continuación se describe la forma en que se realizó el acostumbramiento en rangos por día (tabla 9) y la actividad realizada en cada uno de ellos.

Tabla 8. Acostumbramiento a las dietas.

RANGO/DIA	ACTIVIDAD
18 – 24	Acostumbramiento al ambiente
25 – 28	Cambio de dieta
28 – 32	Acostumbramiento a la dieta experimental
33 – 40	Evaluación digestibilidad

2.4.6 Suministro de alimento. El alimento fue suministrado en tres raciones diarias (7:00a.m.; 12:00m. y 4:00p.m.) y según el consumo recomendado para la etapa de finalización comprendida entre los 21 y 42 días para los pollos de engorde Cobb 500.

2.4.7 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.

2.4.8 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 no fue necesario ya que no se encontró rechazo de ninguno de los tratamientos.

2.4.9 Recolección de heces. Se realizó durante la etapa de evaluación, de la siguiente manera:

En la mañana 7:00 am y en la tarde 4:00 p.m. antes de proporcionar el alimento; estas heces fueron desechadas en las zonas establecidas para tal fin. La toma de muestras se realizó luego de ser suministrada cada comida; se empacaron en bolsas herméticas debidamente marcadas para cada jaula, y así facilitar su identificación.

Inmediatamente se recogieron las muestras se llevaron a la nevera a una temperatura de -9 °C. El promedio de muestras tomadas fue de 200 gr/jaula/día, el peso final promedio por bolsa de cada jaula fue de 1362 gr. en materia fresca.

2.5 VARIABLES EVALUADAS

2.5.1 Alimento consumido. Se determinó mediante la fórmula: $AC = AS - AR$

Dónde:

CA: Alimento consumido

AS: Alimento suministrado

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.

2.5.2 Calidad del alimento y heces. Se realizó, tanto para las dietas como para las heces, por la metodología de Weende y Energía Bruta (Tabla 10) desarrollada por el Laboratorio Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira- Valle del Cauca.

2.5.3 Cantidad de alimento y heces. Se realizó pesaje diario del alimento y las heces, por replica de cada tratamiento, cabe anotar que el suministro de alimento se hizo según la recomendación de ITALCOL, 2009.

Tabla 9. 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
E.E.	Método Soxhlet	AOAC, 1990
PROTEÍNA	Kjeldahl	Kjeldahl, 1983
Energía	Bomba calorimétrica	Parr1341

2.5.3 Conversión alimenticia. Se estableció por medio de la relación de consumo y ganancia de peso.

$$CA. = \frac{AC}{GP}$$

Donde:

CA. Conversión alimenticia

AC: Alimento consumido

GP: Ganancia de peso

2.5.4 Mortalidad. Se determino 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

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

$$\%DMS = \frac{QA * AQ - (QH * AQ)}{QA * AQ} * 100$$

Donde:

DMS: digestibilidad materia seca en porcentaje

QA: cantidad de alimento

AQ: análisis químico

QH: cantidad de heces

2.6.2 Digestibilidad del nitrógeno (DN): Para determinar la digestibilidad del nitrógeno, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%DN = \frac{QA * N - (QH * N)}{QA * N} * 100$$

Donde: DN: digestibilidad del nitrógeno, QA: cantidad de alimento, N: nitrógeno, QH: cantidad de heces.

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

$$DM = DC * I + DDC * I$$

Donde: DM: digestibilidad de la mezcla; DC: digestibilidad de la *Canavalia brasiliensis*; I: porcentaje de inclusión de la harina de la *Canavalia brasiliensis* y DDC: digestibilidad de la dieta control

2.6.4 Digestibilidad del forraje de *Canavalia brasiliensis*. Para determinar el porcentaje de digestibilidad de la harina de forraje de la *Canavalia brasiliensis* se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde: DC: digestibilidad de la harina de forraje de la *Canavalia brasiliensis*; DDC: digestibilidad de la dieta control y I: inclusión de harina de forraje de la *Canavalia brasiliensis*.

2.7 Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa SAS v 9.0 (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 *Canavalia brasiliensis* fue completamente al azar con dos tratamientos y seis replicas (Figura 8), cada uno, con diez animales por unidad experimental, (figura 8); cuando el efecto del ANOVA fue significativo ($P= 0.05$), los valores medios de cada variable fueron comparados usando el test de Duncan. Los tratamientos consistieron en evaluar la digestibilidad del forraje de *Canavalia brasiliensis* entre los días 33 al 40 de la fase de finalización de pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, así:

Figura 8. Distribución de los tratamientos y repeticiones.

DEPOSITO DE CONCENTRADO	T₁R4	T₀R5	T₁R6	T₀R1	T₁R3	T₀R4
ENTRADA	PASILLO					
PELETIZADORA Y BANDEJAS	T₀R3	T₁R2	T₁R5	T₀R6	T₁R1	T₀R2

T₀: Dieta base control de finalización formulada sin follaje de *Canavalia brasiliensis*

T₁: Dieta base experimental de finalización formulada con 20% de inclusión de harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*.

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 réplica sometida a la 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. 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

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 DISCUSION

Todas las variables a continuación interpretadas y analizadas (Anexo A) están enmarcadas en la etapa productiva de finalización para pollos de engorde de la línea Cobb 500; dicha etapa tuvo una evaluación durante los días 28-40 de vida de los pollos, con especial análisis de los días 32 - 40 de vida de los mismos, días en los cuales se tomaron los datos de campo para ser analizados (Anexo A).

Bajo las condiciones de experimentación y manejo propio de los animales en jaulas metabólicas, los parámetros productivos obtenidos fueron:

3.1 DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE FORRAJE DE *Canavalia brasiliensis*.

La digestibilidad “In vivo” de la materia seca (MS) del forraje de *Canavalia brasiliensis* fue de 39,28%, resultado similar al obtenido por Ly, et al., 2001, citado por Carvajal, 2010 donde la digestibilidad “in vitro” de la materia seca para *Eucalyptus* spp fue de (33,2%) y para *T gigantea* de (30,4%), de igual manera Franco y Jurado, 2011 reportan digestibilidad “in vivo” en pollos durante similar periodo de evaluación con *V. unguiculata* de 33,27%. Lo anterior contrasta con lo reportado por Carvajal, J. 2010 donde especies como *C. brasiliensis*, *C. molle*, *V. unguiculata*, *D. velutinum*, *X. saggitifolium*, presentaron una digestibilidad “in vitro” para la MS mayor al 60% en evaluación “in vitro” para cerdos. Leterme et al., 2005, citado por Carvajal, 2010; concluyeron que a pesar del contenido en proteína del follaje de bore, nacedero y morera, (17 a 24 %) y aceptable contenido de aminoácidos esenciales, estos no son disponibles para el cerdo, debido a su baja digestibilidad (<36%), concepto que podría ser aplicable a pollos dado el resultado encontrado en la presente investigación.

Las harinas foliares de leguminosas y de cultivos con alta producción de biomasa presentan una combinación diversa de factores anti-nutricionales FAN (Metabolitos secundarios); los taninos y saponinas son los más abundantes. Scull, 2004, determinó cualitativamente mediante el tamizaje fitoquímico la presencia de FAN en harinas de follajes de leguminosas tropicales y plantas arbóreas y arbustivas y encontró que el 100% de las plantas contenía polifenoles (taninos), alcaloides y azúcares reductores, y en el 75% de ellas hay presencia de saponinas y grupos alfa-amino.

Con relación al contenido de taninos condensado es de destacar su elevado contenido en la canavalia. Los taninos son los factores antinutricionales

más abundantes y de características indeseables en las fuentes fibrosas que pueden producir disminución en el consumo e interferir con los procesos digestivos, sobre todo con la utilización de la proteína (Martínez et al., 2000 citado por Scull y Savon, 2003).

En general, los FAN originan disminución en el consumo como efecto adverso principal, interfieren en el proceso digestivo con la utilización de los alimentos y los potenciales productivos. Las proteínas que se enlazan a los taninos alteran su metabolismo e incluso las interacciones posteriores enzimas-taninos inhiben la actividad de las enzimas digestivas; lo que puede reducir la digestibilidad.

La calidad de la fibra se modifica por sus propiedades físicas, las que pueden ser independientes de su composición química. Factores como tamaño de partículas, volumen, solubilidad y propiedades de superficie como la capacidad de absorción de agua, capacidad bufferante, capacidad de intercambio catiónico (CIC), viscosidad y fermentabilidad pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes. (Savon, 2007).

De acuerdo a lo anterior la baja digestibilidad (39,28%) de *C. brasiliensis*, puede ser debida en gran parte a su contenido de fibra y a los FAN que reportan los anteriores autores, los cuales interfieren en los procesos digestivos en animales monogástricos.

3.2. DIGESTIBILIDAD DE LA MEZCLA

Para esta variable, T₀ obtuvo una digestibilidad de 61,95% mientras que para T₁ fue de 57,40%(figura 9); el T₀ resultó mayormente digerible en el TGI del pollo en 4,55 puntos porcentuales. Existen diferencias estadísticas significativas (P=0,05) entre los 2 tratamientos (T₀ y T₁); mediante la utilización de la prueba de medios de Duncan se observaron las diferencias obtenidas.

Existen amplias diferencias en la digestibilidad de los nutrientes en los ingredientes utilizados en las formulaciones. La digestibilidad de las materias primas depende de varios factores, siendo los más comunes las condiciones de procesamiento, la presencia de compuestos antinutricionales, la composición química y física de la proteína y el nivel de fibra, los factores antinutricionales (FAN) en los alimentos reducen la disponibilidad de los aminoácidos al interferir con los procesos de absorción y digestión, entre los más comunes se encuentran: los inhibidores de tripsina, los taninos, el gopipol y el contenido de fósforo fitico.

Las harinas foliares de leguminosas y de cultivos con alta producción de biomasa presentan una combinación diversa de FAN; los taninos y saponinas son los más abundantes. Scull (2004) Citado por Carvajal, (2010) Este mismo autor cuantificó el contenido de polifenoles totales, taninos unidos a la fibra y a la proteína de harina de follaje de *Morus alba*, *Canavalia sp*, *Stizolobium aterrimum*, *mucuna sp* y *Trichanthera gigantea*, y observó que la fracción de menor contenido de taninos condensados está unida a la fibra y que las asociaciones que se presentan entre los taninos y la fibra dependen del tamaño de la molécula y de la conformación de los polifenoles, por lo que se requiere conocer los componentes que integran las diferentes fuentes fibrosas.

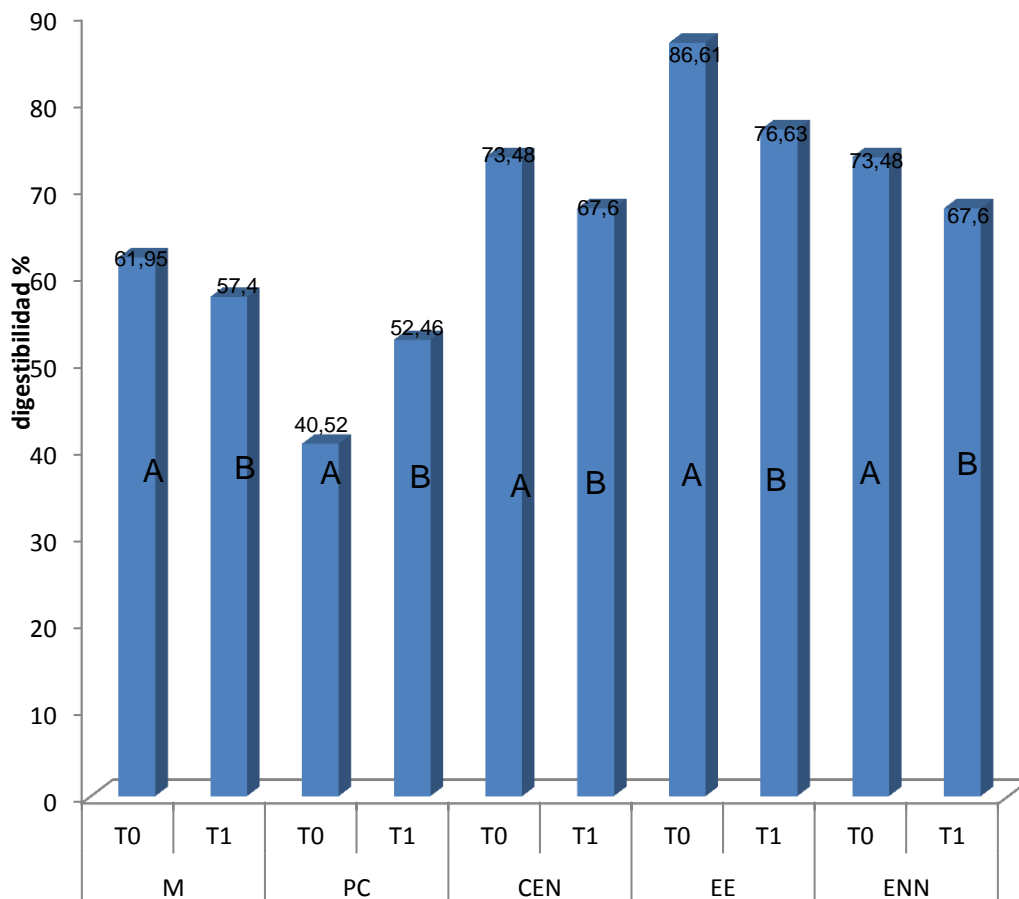
La digestibilidad ideal de cada tratamiento puede estar básicamente determinada por la baja o nula presencia de factores antinutricionales, antagonismo de nutrientes y a la baja presencia de fibra en la dieta, con esto último y las cifras que arrojaron los análisis de laboratorio respecto de la fibra cruda (T_0 : 3,43 y T_1 : 5,62), los 2,19 puntos porcentuales que tiene el T_1 sobre T_0 pueden ser causantes de una merma en la digestibilidad de la mezcla de cada tratamiento.

3.2.1 Digestibilidad de la proteína cruda. Para esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P=0,05$), para determinar dichas diferencias se realizó la prueba de medios de Duncan y se encontró que T_1 tuvo una digestibilidad de 52.46 %, siendo mayor a la encontrada en T_0 con 40.52% (figura 9). Según Carvajal (2010), respecto a la digestibilidad de la proteína “*in vitro*” en cerdos, el menor valor lo obtuvo la *Vigna unguiculata* (39,65%), siendo además menor a la digestibilidad de la proteína “*in vitro*” que presenta la torta de soya (82,3%). Osorio (2007) (citado por Carvajal, 2010), 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* con 65,9% de digestibilidad.

3.2.2 Digestibilidad de cenizas. Se encontraron diferencias significativas ($P=0,05$) entre los tratamientos T_0 y T_1 para la variable digestibilidad de las cenizas (DCEN), donde para el T_1 (tratamiento con 20% de inclusión de harina de forraje de *C. brasiliensis*), se obtuvo la menor digestibilidad encontrada en heces fecales, respecto de los 2 tratamientos en cuestión, así entonces T_1 67,60% y T_0 73,48 % (figura 9) siendo el reflejo de lo arrojado por análisis de laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional de Colombia donde, T_0 7,72% de cenizas en la dieta, mientras que T_1 8,52% de cenizas en la dieta. Resultado similar reporto Leiva, I, et al., 2006, en estudios en cerdos alimentados con harina de forraje de morera (*Morus alba*), con inclusión de 0% y 14%. Encontrando que para el 0% de inclusión: se obtuvo una DCEN del 74,72% y para el 14% de

inclusión 63,87 de DCEN. Una investigación con cerdos alimentados con niveles crecientes de saccharina concluyó que a medida que se incrementa la ceniza de la dieta se reduce su digestibilidad, así entonces, a niveles de 8% de cenizas en dieta la digestibilidad solo llegaba a 29,2% mientras que cuando los niveles de ceniza en la dieta eran del orden de 7%, la digestibilidad era de 40,2%.

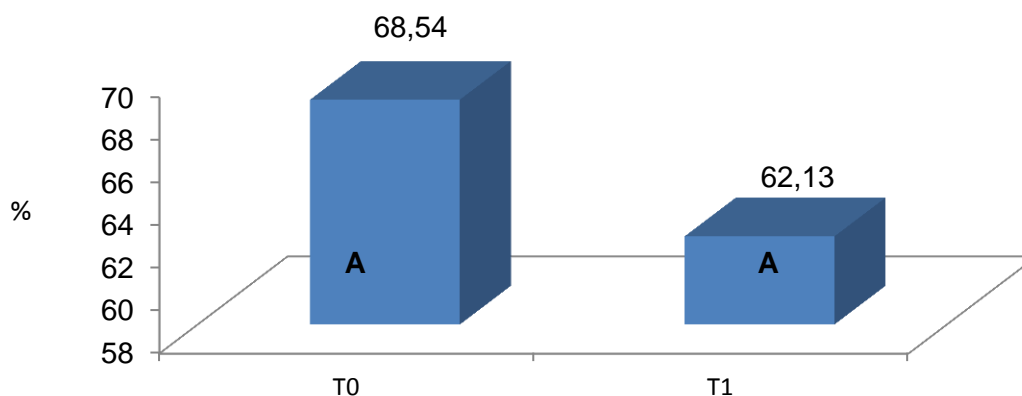
Figura 9. Digestibilidad de las dietas con y sin inclusión de *Canavalia brasiliensis*.



M: Mezcla, PC: Proteína cruda, CEN: Cenizas, EE: Extracto Etéreo, ENN: Extracto No Nitrogenado.

3.2.3 Digestibilidad de la energía bruta. Para el parámetro digestibilidad de la energía bruta DEB, T₀ presentó 68,54% de digestibilidad frente a T₁ con 62,13% de digestibilidad (figura 10), encontrándose mediante el uso la Anova, que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos. Resultado contrario al reportado por Franco y Jurado (2011), quienes evaluaron dos dietas: T₀ (tratamiento testigo) y T₁ (tratamiento experimental con 20% de harina de follaje de *V. unguiculata*) en el que se encontraron diferencias estadísticas significativas (P=0,05) entre T₀ 80,97% y T₁ 69,47% para la DEB.

Figura 10. Digestibilidad de la energía bruta.



La inclusión de dietas fibrosas disminuye el valor energético de las dietas, 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% (Noblet y Le Goff, 2001 citado por Carvajal, 2010). Por otra parte los datos sobre la utilización por las especies monogástricas de la energía de la porción fibrosa son escasos. Sin embargo, la eficacia de transformación de ácidos grasos de cadena corta, AGCC en energía mediante la fermentación de la fibra es menor que la eficacia de aprovechamiento de los carbohidratos solubles como la glucosa en el proceso de digestión enzimática. Según Carvajal, (2010) en los cerdos la primera representa el 75 % de la segunda.

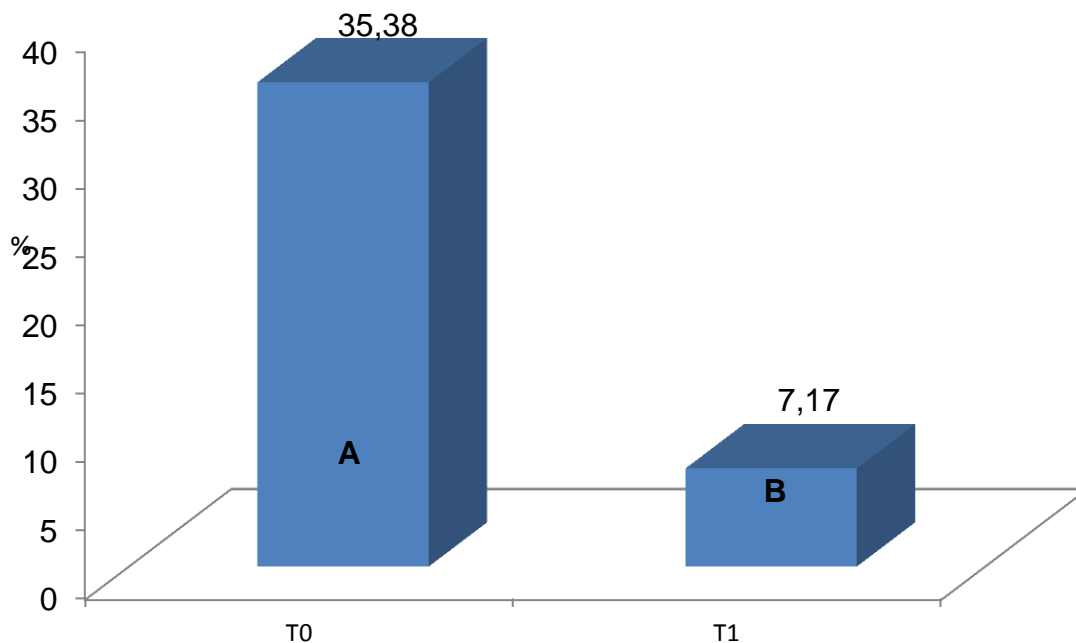
Esto puede explicar los resultados de Smith y Salis 1996, (Citado por Carvajal, 2010), quienes reportan que la producción de AGCC en los gansos no es significativa con respecto a la que se produce en los pollos, en los que la tasa de producción mayor es para acetato, mientras que la tasa de absorción mayor corresponde al butírico. En el avestruz el 70 % de la energía de mantenimiento se puede obtener de los AGCC. Tales aportes tienen importancia en los animales adultos alimentados con plano nutricional normal, ya que en los animales en crecimiento este aporte es menor.

3.2.4 Digestibilidad de la fibra cruda. Respecto de la variable digestibilidad de la fibra cruda DFC, T₀ tuvo una digestibilidad de 35,38% y T₁ una digestibilidad de 7,17%, (figura 11) entre los 2 tratamientos existen diferencias estadísticas significativas (P=0,05), para determinar dichas diferencias se realizó la prueba de medios de Duncan y se evidenció que T₀ fue superior en cuanto a digestibilidad de la FC en 28,21 puntos porcentuales Afirmandose con un 95% de probabilidad que la inclusión de harina de forraje de *C. brasiliensis* afecta la digestibilidad de la fibra bruta frente a los pollos que fueron alimentados con la dieta control.

Según Savon, 2007 la calidad de la fibra se modifica por sus propiedades físicas, las que pueden ser independientes de su composición química. Factores como tamaño de partículas, volumen, solubilidad y propiedades de superficie como la capacidad de absorción de agua, capacidad bufferante, capacidad de intercambio catiónico (CIC), viscosidad y fermentabilidad pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes, esto podría explicar la menor digestibilidad de la dieta que contenía follaje versus la dieta control.

Otro aspecto importante que podría explicar las bajas digestibilidades de la fibra, es el alto contenido de FDN, lo que 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. También la celulosa de carácter insoluble y resistente a la degradación enzimática gracias a la estabilidad interna y las microfibrillas sujetas firmemente una a la otra por medio de uniones de hidrogeno (Maynard, 1981). Cuantitativamente representa del 10 al 30% de la materia seca (MS) de los forrajes (Savon, 2007).

Figura 11. Digestibilidad de la fibra cruda.



Igualmente, en estudios en cerdos en crecimiento se evidencio que las fuentes de fibra con pared celular lignificada son más resistentes a la actividad de los microorganismos y más efectivas en el incremento del volumen de heces y reducción en el tiempo de tránsito (Latymer et al., 1985 citado por Dung, 2002). La capacidad de los cerdos para digerir y utilizar la fibra es afectada por: la fuente de fibra (Ehle et al 1982 citado por Dung, 2002) y el contenido de lignina (Mitaru et al., 1984 citado por Dung 2002). Stanogias and Pearce (1985) citado por Dung (2002) demuestran que el grado de digestibilidad de la fibra depende principalmente del origen de la fibra y de la cantidad de fibra en la dieta. La hemicelulosa a menudo es más digestible que la celulosa en animales monogástricos debido al efecto de la hidrólisis de la hemicelulosa.

3.2.5 Digestibilidad del extracto no nitrogenado. Al realizar el análisis de varianza para la digestibilidad del extracto no nitrogenado (DENN), se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P=0,05$), entre T_0 (dieta testigo) y T_1 (dieta experimental con 20% de inclusión de harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*). Dichas diferencias se determinaron a través de la prueba de medios de Duncan, la cual arrojó dos grupos (figura 9) para la media estadística de la DENN, presentando mayor digestibilidad el tratamiento T_0 con 73,48%, frente a 67,6% del tratamiento T_1 . Resultados similares fueron reportados por Franco y Jurado 2011, quienes encontraron diferencias estadísticas significativas ($P=0,05$), entre la dieta control (T_0) y la dieta con 20% de inclusión de harina de forraje de *Vigna unguiculata* (T_1), presentando mayor digestibilidad el tratamiento T_0 con 83,6%, frente a 74,0% del tratamiento T_1 . En un estudio realizado por Cho *et al.*, 1997, citado por Carvajal, 2010 se considera que la inclusión de harina de forraje de Caupí disminuye la digestibilidad aparente de los carbohidratos de bajo peso molecular de fácil asimilación, debido posiblemente a la composición de la fibra dietética, y al hecho de que la lignina, al encontrarse envolviendo a la celulosa y hemicelulosa, restringe al acceso a los carbohidratos, que sí pueden ser digeribles.

3.2.6. Digestibilidad del extracto etéreo. Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0,05$) respecto de la variable digestibilidad del extracto etéreo, (DEE), dichas diferencias se determinaron a través de la prueba de medias de Duncan y se encontró que hubo una mayor digestibilidad (86,61%) del T_0 que fue superior en 9,96 puntos porcentuales a T_1 donde la DEE tuvo un valor de 76,63% (figura 9). Por tanto existe una probabilidad de al menos el 95%, de que la inclusión del 20% de harina de follaje de *Canavalia brasiliensis*, afecta la digestibilidad de EE comparado con los pollos que consumieron el tratamiento testigo.

Resultado contrario al reportado por Franco y Jurado, 2011, quienes encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos evaluados T_0 (tratamiento testigo) y T_1 (tratamiento con 20% de inclusión de *Vigna unguiculata*). 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, T_0 73,22% y T_1 84.5%, siendo mayor el tratamiento T_1 en 11,28 % que T_0 .

3.3 CONSUMO DE ALIMENTO

Para este parámetro en etapa de finalización, se determinó que las dietas: control, así como la experimental (con inclusión del 20% de harina de follaje de *C. brasiliensis*) no presentaron diferencia estadística significativa ($P=0,05$), con un consumo promedio para ambos tratamientos de 1813 g, un suministro equitativo de la ración y una aceptación de la misma (aludida al no rechazo) por parte de los pollos.

Resultado menor al reportado por López et al., 2007, quienes compararon el consumo de concentrado comercial registrado para la región (2250 g/ave en promedio), con los promedios obtenidos en su investigación con quinua (1904 g) para la misma etapa productiva.

Es claro que no hubo un comportamiento disímil en consumo de alimento (figura 10), a pesar de las diferencias en cuanto al contenido de fibra cruda (FC) en las raciones (T_0 ó tratamiento testigo, FC: 3,43% y T_1 ó tratamiento experimental, FC: 5,62%) es posible que la aceptación a la dieta experimental por parte de los pollos se deba en parte al estímulo que produce el color verde en el concentrado experimental a razón de la respuesta fisiológica del animal en presencia de estas tonalidades en su entorno (Vivas n, et al., 2008) en este sentido el bajo consumo encontrado en dietas con niveles altos de fibra puede incrementarse debido a la tonalidad, en especial verde, que las harinas de forrajes imprimen a la dieta.

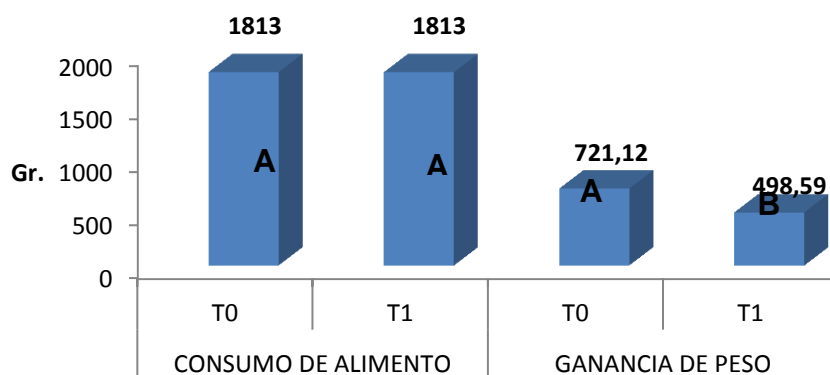
Respecto de la inclusión de fibra en la dieta, según Savón (s.f.), en raciones para aves, generalmente produce un incremento en el consumo de alimento para mantener el consumo de energía digestible. Sin embargo, el conocido efecto de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye 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 muestran que el contenido de FC (5,62%) en T_1 no afectó el consumo respecto a T_0 .

3.4 GANANCIA DE PESO

En el caso de esta variable para la etapa de finalización y para los 2 tratamientos, existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.05$). Para determinar dichas diferencias se realizó la prueba de medios de Duncan, y se evidencia que T_0 : ganó 721,12g en etapa de finalización, siendo superior en 222,5 g, al T_1 donde se obtuvo ganancia de peso para la misma etapa productiva de 498,59g (figura 10). Se considera que la menor ganancia de peso de los pollos bajo la dieta experimental (T_1) se debió al alto contenido de fibra en esta ración (FC T_1 : 5,62%, FC T_0 : 3,43%) lo que posiblemente afectó la digestibilidad de la misma.

Se considera que la diferencia entre las dos raciones se debió posiblemente a una mayor digestibilidad del tratamiento testigo (T_0) con relación a la ración experimental (T_1). Esto se debe a que los pollos tienen un aparato digestivo que carece de un reservorio que retenga el alimento, lo que hace que el mismo sea excretado entre 1 y 1,5 horas después de ser consumido, sin ser aprovechado en su totalidad, lo que hace necesario la utilización de alimentos de fácil digestibilidad y con un bajo contenido de fibra (Buxade, 1995, citado por: Cáceres, j.l, *et al*, 2006). Sin embargo investigaciones pasadas de Sarmiento, *et al* (2002), evaluaron la retención aparente de los nutrientes de una dieta utilizando niveles dietéticos crecientes de fibra cruda (5.4, 7.1 y 10.6 %) para alimentar pollos criollos de cuello desnudo y pollos comerciales de la línea Hubbard. Se observó en dicha investigación, una disminución en la retención aparente de los nutrimentos a medida que se incrementó el contenido de fibra cruda en las dietas y se concluye que las retenciones aparentes de materia seca y de materia orgánica fueron mayores en los pollos Hubbard que en los criollos. La menor eficiencia de los pollos criollos se atribuyó a que no han sido seleccionados para maximizar su eficiencia productiva.

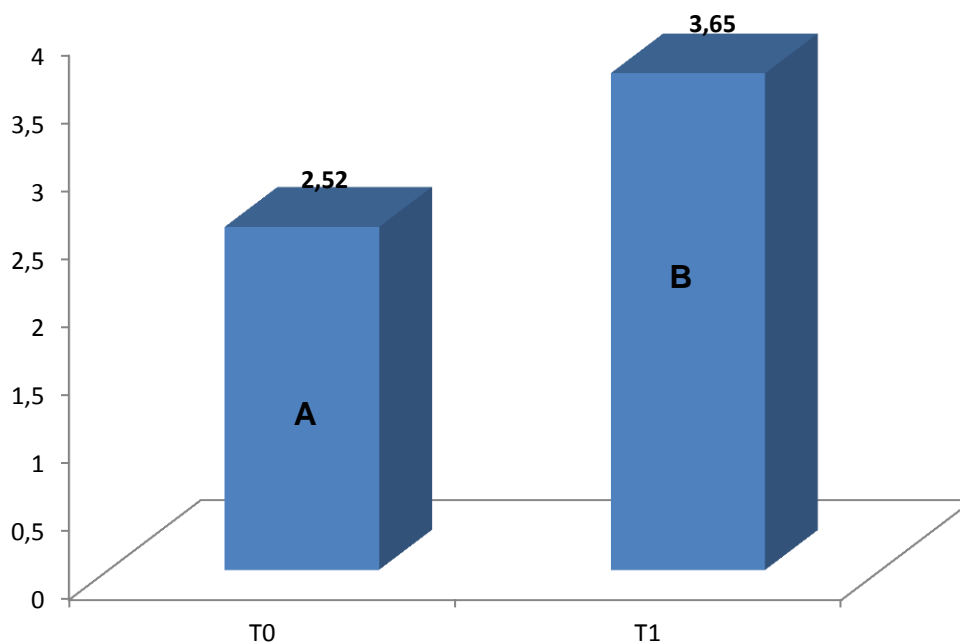
Figura 12. Consumo de alimento y ganancia de peso del pollo de engorde Cobb 500 en etapa de finalización.



3.5 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Respecto de la variable conversión alimenticia (CA), para los 2 tratamientos en cuestión (T_0 y T_1), existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.05$), tales diferencias se determinaron mediante la prueba de medios de Duncan, los siguientes datos muestran las diferencias: la CA del T_0 fue de 2,52 y la del T_1 de 3,65 (figura 11) evidenciándose un resultado favorable para cada individuo evaluado con el T_0 , que consumió 1,13 kg menos de la dieta en comparación con cada individuo del T_1 , para ganar en cuestión 1kg de peso vivo.

Figura 13. Conversión Alimenticia



En efecto las diferencias entre las fuentes alimentarias están condicionadas por la arquitectura de la fibra dietética y contenido de lignina. Las fuentes que presentan altos valores de lignina, posibilitan que ésta atrape gran cantidad de agua debido a la presencia de grupos polares que le aportan propiedades higroscópicas. Todas estas características influyen en el tiempo en que permanece la digesta a través de un efecto mecánico o laxativo del tracto gastro-intestinal (TGI) con un aumento de peso y volumen de las excretas. Tal efecto puede ocurrir con la dieta del T_1 donde los niveles de FC están por el orden de 5,62%, caso contrario a T_0 donde los niveles de FC alcanzan el 3,43% haciéndose entonces más digerible en el TGI lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de los nutrientes de la dieta y por consiguiente en una mejor CA respecto de la dieta experimental.

Cáceres et al., 2006 experimentaron con una dieta a base de morera en mayor proporción y otros componentes en menor, la cual se encontró que T₁ (concentrado comercial, "CC") tuvo una CA de 1,9 encontrándose dentro del rango aceptable para sistemas de producción avícola convencionales, mientras que el T₀ de la investigación en cuestión arrojó una CA de 2,52 acercándose por el límite superior al rango ideal; otro tratamiento evaluado en la citada experimentación fue el T₂ con inclusión de 50% de harina de hojas de morera (*Morus alba*), donde la CA fue de 3,8, mientras que en la actual investigación la CA fue de 3,65 saliendo ambas de los parámetros aceptables (1,8 a 2,2), para la etapa de finalización. En la misma experimentación con morera se sustituyó en peso de la dieta el 10% y el 20% por concentrado experimental (CE) y se dedujo que entre la inclusión de la dieta experimental y la CA hay una relación directamente proporcional y diferencias estadísticas significativas (P=0,05), así entonces T₁ (CC), T₂ (inclusión de 10% CE) y T₃ (inclusión de 20% CE) arrojaron respectivamente las siguientes CA: 1.8, 3.7, 4.3.

Para lo anterior se puede deducir que *Canavalia brasiliensis* (Cb) es más sensible a la digestión en el TGI del pollo especializado que *Morus alba* (Ma) puesto que comparando T₁ de la presente investigación donde la inclusión de (Cb) es del 20% con T₁ y T₂ de la investigación de Cáceres et al; 2006 donde la sustitución en peso de (Ma) fue de 5% y 10% respectivamente; 20% de inclusión de (Cb) tiene el índice de CA más bajo (3.65), que 5% y 10% de inclusión de (Ma) donde los índices de CA fueron (3.7) y (4.3) respectivamente.

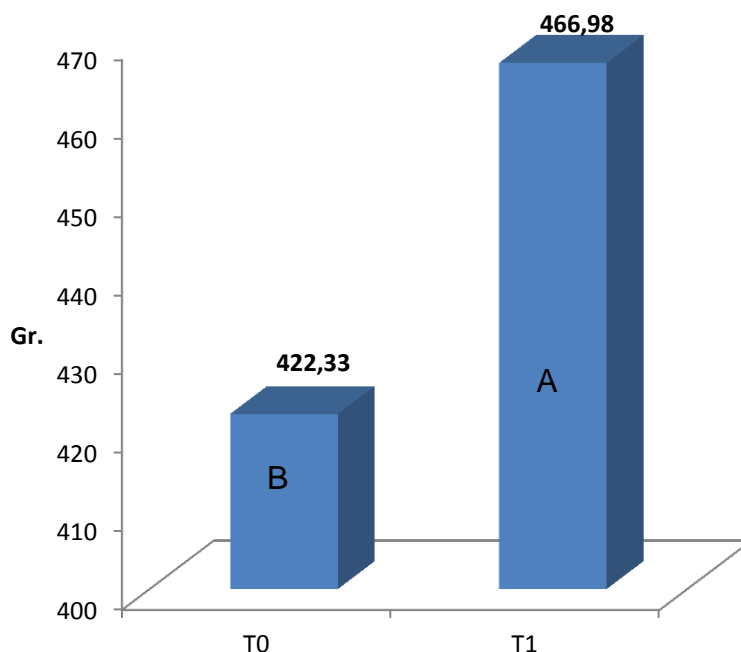
3.6 CANTIDAD DE HECES POR POLLO

Respecto a la variable heces por pollo (HP), entre los dos tratamientos (T₀ y T₁) existen diferencias estadísticas significativas (P=0,05). Para determinar dichas diferencias se realizó la prueba de medias de Duncan y se encontró que con T₀ cada individuo excretó en promedio 422,33 g y con T₁ 466,98 g (figura 12); la diferencia de 44,65 g que tiene T₁ sobre T₀ posiblemente se debe al contenido de fibra cruda (5,62%) que tiene la dieta del T₁, dicha fibra debido a su estructura y contenido (lignina) se torna en un medio ideal para la absorción y transporte de agua dentro del TGI del pollo, todo esto debido a grupos polares presentes en la lignina de la dieta, los cuales aportan propiedades higroscópicas. Por tal motivo la excreta se torna más voluminosa y pesada.

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.*, 1986; 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.

Figura 14. Cantidad Heces Pollo



El tiempo de permanencia del alimento en el tracto digestivo de las aves es muy breve, debido al relativamente pequeño intestino, y depende en primera línea de la calidad de la alimentación. Por ello, a fin de asegurar un óptimo resultado, hay que brindar a los animales un alimento de fácil digestión con bajo contenido de fibra cruda.

3.7 COSTOS DE PRODUCCION

El costo de producción de un kilogramo de concentrado para el tratamiento T₀ (\$969,88) fue mayor en \$244,01 moneda corriente, al tratamiento T₁ (\$725,87) (Anexo B), considerándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*, disminuye el costo de producción en términos de alimentación en un 25,16%, esto debido al bajo costo de la harina de forraje de *Canavalia brasiliensis*.

En cuanto al costo de producir un kilogramo de carne (Tabla 11) se encontró que es más costoso producirlo con la dieta experimental (T₁), que con la dieta testigo (T₀), esto debido a que la dieta testigo presenta mayor conversión alimenticia (T₀ 2,52) respecto a la dieta experimental (T₁ 3,65).

Tabla 10. Costo para producir 1 kg de carne de pollo con las dietas evaluadas.

TT	CANTIDAD ALIMENTO (Kg)	VALOR TOTAL ALIMENTO	VALOR KILOGRAMO ALIMENTO	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	COSTO PRODUCIR 1KG CARNE
0	221,8	\$ 215.120,00	\$ 969,88	2,52	\$ 2.444.1
1	222,3	\$ 161.361,00	\$ 725,87	3,65	\$ 2.649.42

4. CONCLUSIONES

El forraje de *Canavalia brasiliensis* reportó un digestibilidad “*in vivo*” de la (MS) 39,28%, aludiéndose su baja digestibilidad a la poca capacidad de las aves para digerir la fibra y los altos contenidos de fibra de esta especie forrajera.

A pesar de que la *Canavalia brasiliensis* es un fuente alternativa de proteína para la dieta en pollos en etapa de finalización, antes de recomendar o descartar su utilización se requiere mayor investigación en el desempeño de los animales con diferentes dietas que la contengan.

En razón al incremento de la fibra en dieta que contenía *Canavalia brasiliensis*, se sugiere su efecto en la disminución de la digestibilidad de la mayor parte de los componentes de la dieta, aspecto relevante en investigaciones futuras

5. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones el uso de diferentes niveles de inclusión de harina de forraje de *C. brasiliensis* para así determinar el nivel donde la relación costo-beneficio es favorable para la economía campesina.

Realizar una caracterización más detallada de los componentes nutricionales del forraje de *C. brasiliensis*, así como de los factores antinutricionales presentes en este para enriquecer la información presente hasta el momento.

Respecto de los componentes nutricionales del forraje de *C. brasiliensis* se sugiere un especial estudio de la fracción fibrosa para posteriores usos en especies monogástricas.

Se sugiere para posteriores estudios con inclusiones de forraje de *C. brasiliensis* en dietas para pollos de engorde, la utilización de métodos pre-digestión como los enzimáticos, químicos o físicos de tal modo que se potencialicen las bondades nutricionales en dicha especie.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, A., G. Cultivos de Cobertura como Opción de Manejo de Áreas de Pasturas Degradadas en el Ejido Municipal de Santa Ana, Pentén. Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 2007. CARLINI, C., R. Comparative Effects of Processing Methods on Hemagglutinating and Antitryptic Activities of *Canavalia ensiformis* and *Canavalia brasiliensis* Seeds. En. Journal of AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY. Brasil, 1997. 4372 – 4377 p.

AVIPUNTA. Manual Técnico Avipunta para la crianza de Pollos de Engorde. Disponible en internet: [http://www.avipunta.com/Pollos de engorde-avipunta.com CD.htm](http://www.avipunta.com/Pollos_de_engorde-avipunta.com_CD.htm). 2011.

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.

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.

CÁCERES, J.; CEDEÑO, J.; TAYLOR, R.; OKUMOTO, S. Elaboración Y evaluación de una Ración Alimentaria para Pollos de Engorde en un Sistema Bajo Pastoreo con Insumos del Trópico Húmedo. Universidad EARTH. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. EN: Tierra Tropical, 2006.

CIAT. From the new world to the whole world. annual report. Disponible en internet: < http://www.ciat.cgiar.org/Publicatios/Documents/annual_report_2010.pdf >. 2010.

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.

COBB-VANTRESS Inc. Cobb 500 El más eficiente del mundo. Disponible en internet:<URL:[http://www.cobb-vantress.com/Cobb500 Sales Brochure 2008 Spanish.pdf](http://www.cobb-vantress.com/Cobb500_Sales_Brochure_2008_Spanish.pdf)>2008.

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.

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

DANE. I CENSO NACIONAL DE AVICULTURA INDUSTRIAL .Disponible en internet en http://www.fenavi.org/fenavi/admin/uploaded/file/Censo_avicola.pdf. COLOMBIA. 2002

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.

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

DUNG, N.N.X; MANH, L.H; UNDÉN, P; 2002. Tropical fibre sources for pigs-digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. Animal Feed Science and Technology 102 pag. 109-124.

ERGOMIX. Aparato digestivo del pollo. Disponible en internet: <http://www.engormix.com/member_login.asp>. 2010

FENAVI-FONAVI. Estadísticas Del Pollo en Colombia. Disponible en internet: < URL: <http://www.fenavi.com>>.2001

FENAVI-FONAVI. Mas Avicultores Preparan su Alimento. EN: Revista Avicultores, No. 184: pág. 31. Disponible en internet: < URL: http://www.fenavi.org/fenavi/revista_v2.php?ed=58>. Mayo de 2011.

FRANCO. I; JURADO. J. Evaluación de la digestibilidad de la harina de forraje de caupí (*vigna unguiculata*) en la etapa de finalización de pollos de engorde. Popayán Cauca. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias, 2011.

GONZALES, J. A.; CHOW, L. R. Comportamiento Agronómico y Productivo de Nueve Leguminosas Herbáceas Forrajeras. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo Generalista. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Nicaragua, 2008. 99 p.

GUTIÉRREZ, G., K.L. Potencial de la planta acuática *Lemnagibba* 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.

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.

LACHMANN, M., FEBRES, A. La Estimación de la Digestibilidad en Ensayos con Rumiantes. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción e Industria Animal. Facultad de Agronomía, Departamento de Zootecnia. Disponible en internet: <http://avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf>. 1993.

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.

LETERME, P; LONDOÑO, A; ESTRADA, F, SOUFFRANT, W Y BULDGEN, A.. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage and cocoyam in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005.

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.

LOPEZ, F.; PORTILLA, S.; MOSQUERA, M. Evaluación del Efecto Nutricional de Quinoa (*Chenopodium quinoa willdenow*) con Diferentes Niveles de Inclusión en Dietas para Pollos de Engorde. EN: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 7 No. 1, Enero-Junio de 2009. Disponible en internet: < <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol7/.pdf>>.

LY, J., LEMUS, C. EN: Conferencia, Las Pruebas de Digestibilidad en la Evaluación de Nuevos Recursos Alimentarios para Cerdos. Memorias IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. Montevideo, Uruguay, 2007.

LY, J.; ALLEN, J.D. y CASTRO, M. Evaluación de la 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.

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.

MAPFRE, CREDISEGURO S.A. Informe Sector Cárnico Colombiano. Medellín, Colombia. 2010.

MATOS, A.,B.; ARTILES, G., R.; Hernandez, L.; HERRERA, P. revisión taxonómica del genero *Canavalia* DC. (Leguminoseae-Papilionoideae) en Cuba. En. Revista Colombiana de Ciencia. Vol. 28 No. 4, 2004.

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

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

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. 2011. pág. 67-72.

NILIPOUR, A., H. Manejo integral de pollos de engorde en climas tropicales de acuerdo a su genética actual. Quality Assurance and Investigation Grupo Melo, S.A. Disponible en internet: <http://www.gallospedragliofarm.com/manejointegraldepollos.html>. 2004.

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

PASTRANA, P. A. Producción y Comercialización del Hubo Marrón, Trabajando en Sistemas de Moducelda y con Alimentación Mixta. Sena. Risaralda, Colombia. 2011

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

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

ROSE, 1997. Citado por CACERES, J., C. y CEDEÑO, J.,. Elaboración y evaluación de una ración alimentaria para pollos de engorde en un sistema bajo pastoreo con insumos del trópico húmedo. Tesis de pregrado para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Earth. Guacimo, Costa rica. 2003

ROSTAGNO, H. S.; TEIXEIRA, L. F., DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA, A. S.; TOLEDO, S. L.; Tablas Brasileñas Para Aves y Cerdos-Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Universidad de Vicosa. Departamento de Zootecnia. 2ª ED. Brasil, 2005

SARMIENTO, F.L.; McNAB, J.M.: PEARSON, R.A. y BELMAR, C.F. Performance of broilers fed diets containing different amounts of chaya (*Cnidioscolus 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.

SAVON L, GUTIERREZ O, OJEDA F, SCULL I. Harinas de follajes tropicales: una alternativa potencial para la alimentación de especies monogástricas. Mesa redonda. Pastos y Forrajes. 2005. Vol 28 No 1: 69-79 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.

SOLER, L. La fibra alimentaria. Metabolismo implicaciones fisiológicas. Medicina clínica. 110:32-37. 1998.

STURKIE. D.P. Digestión aviar. Fisiología de los animales domésticos. Dukes, H.,H. y Swenson, M.,J. (Eds.), L . Editorial Aguilar. México: D.F. 1981. 663-677 p.

TORRES, M. A.; VÉLEZ, M. C.; CRUZ, G. Aspectos Morfológicos y Anatómicos de 5 Especies del Genero *Canavalia* (Fabaceae - Faboideae) y su Relación Filogénica para Colombia. Disponible en internet: http://www.reuna.unalmed.edu.co/temporales/memorias/especies/Vegetales/39 resumen/exposicion/spppromisorias_catalina.htm.

TORRES, L. G.; VALENCIA, A. T.; SAMPEDRO, J. G.; NÁJERA, H. Las Proteínas en la Nutrición. EN: Revista Salud Pública y Nutrición. Vol. 8 No. 2, Abril – Junio de 2007.

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

VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University. Second edition. 403-404 p. 1994.

VIVAS, N.; CERÓN, L.; GUACA, T. Efecto del Color del Alimento Sobre el Consumo en Pollos. EN: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 6 No. 1, marzo de 2008. Disponible en internet: < <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol6/2.pdf>>.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza

VARIABLE	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO DE LA MEDIA	F-VALOR	Pr> F	COEF. DE VARIACION
GANANCIA DE PESO	MODELO	1	148549.9594	148549.9594	60.98	<.0001	8.093276
	ERROR	10	24361.3929	2436.1393			
	TOTAL	11	172911.3523				
CONVERSION ALIMENTICIA	MODELO	1	3.79687500	3.79687500	64.18	<.0001	7.869454
	ERROR	10	0.59161667	0.05916167			
	TOTAL	11	4.38849167				
CANTIDAD DE HECES	MODELO	1	5980.86750	5980.86750	9.89	0.0104	5.530446
	ERROR	10	6047.46167	604.74617			
	TOTAL	11					
DIGESTIBILIDAD DE LA MEZCLA	MODELO	1	62.1075000	62.1075000	12.46	0.0055	3.741639
	ERROR	10	49.8550000	4.9855000			
	TOTAL	11	111.9625000				
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEINA CRUDA	MODELO	1	427.0940083	427.0940083	36.10	0.0001	7.398280
	ERROR	10	118.3200833	11.8320083			
	TOTAL	11	545.4140917				
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FIBRA CRUDA	MODELO	1	5038.491008	5038.491008	62.66	<.0001	60.21345
	ERROR	10	804.122617	80.412262			
	TOTAL	11	5842.613625				
DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL EXTRACTO ETereo	MODELO	1	299.0008333	299.0008333	31.70	0.0002	3.762815
	ERROR	10	94.3271333	9.4327133			
	TOTAL	11	393.3279667				
DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL EXTRACTO NO NITROGENADO	MODELO	1	103.6644083	103.6644083	32.43	0.0002	2.534372
	ERROR	10	31.9626167	3.1962617			
	TOTAL	11	135.6270250				
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS CENZAS	MODELO	1	103.8408333	103.8408333	32.67	0.0002	2.527483
	ERROR	10	31.7883333	3.1788333			
	TOTAL	11	135.6291667				

Anexo B. Costos de producción de las dos dietas evaluadas

MATERIA PRIMA	UNIDAD	CANTIDAD T ₀	CANTIDAD T ₁	V/UNITARIO	SUBTOTAL T ₀	SUBTOTAL T ₁
Harina de pescado	Kg	11,3	7,9	\$ 2.200,00	\$ 24.860,00	\$ 17.380,00
Torta de soya	Kg	49,5	34,7	\$ 1.100,00	\$ 54.450,00	\$ 38.170,00
Forraje molido de C. <i>brasilensis</i>	Kg		66,6	\$ 130,00	\$ 0,00	\$ 8.658,00
Maíz	Kg	146,5	102,6	\$ 680,00	\$ 99.620,00	\$ 69.768,00
Biofos	Kg	2,2	1,6	\$ 2.000,00	\$ 4.400,00	\$ 3.200,00
L – lisina	Kg	0,2	0,2	\$ 6.000,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
DL - Metionina	Kg	0,2	0,2	\$ 15.000,00	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
Aceite de palma	Kg	2,2	1,6	\$ 2.200,00	\$ 4.840,00	\$ 3.520,00
Carbonato de calcio	Kg	2,4	1,7	\$ 150,00	\$ 360,00	\$ 255,00
Premezcla vitaminas y minerales	Kg	2,2	1,6	\$ 8.500,00	\$ 18.700,00	\$ 13.600,00
Sal común	Kg	0,9	0,6	\$ 600,00	\$ 540,00	\$ 360,00
Bentonita	Kg	4,2	3	\$ 750,00	\$ 3.150,00	\$ 2.250,00
	TOTAL KG	221,8	222,3	TOTAL	\$ 215.120,00	\$ 161.361,00
		TRATAMIENTO			T ₀	T ₁
		VALOR TOTAL CONCENTRADO			\$215.120,00	\$161.361,00