



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) Y CANAVALIA (*Canavalia brasiliensis*) COMO MATERIAS PRIMAS NO CONVENCIONALES EN ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE

NELSON JOSÉ VIVAS QUILA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
POSGRADOS
2014**

**CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) Y CANAVALIA (*Canavalia brasiliensis*) COMO
MATERIAS PRIMAS NO CONVENCIONALES EN ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE
ENGORDE**

NELSON JOSÉ VIVAS QUILA

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Doctor en Ciencias Agropecuarias
Producción Animal Tropical**

**Directora
D.Sc. Luz Stella Muñoz Arboleda**

**Codirectora
Dr. Agr. Siriwan Martens**

**Línea de Investigación:
Producción animal tropical**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
POSGRADOS
2014**

Dedico a:

Soraya y Juan Diego

Sin su amor, apoyo y comprensión no hubiese sido posible

Mis Padres Luis y Flor de María

Ejemplos de vida y luz de faro en todos los propósitos

Agradecimientos a:

Dios. Guía espiritual, me da la vida y muestra el camino

La Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira; sus Profesores, guías académicos y científicos.

La Universidad del Cauca, Facultad de ciencias Agropecuarias me permitieron la posibilidad de adelantar los estudios.

Programa de forrajes tropicales del Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT, su talento humano me permitió fortalecer los conocimientos y habilidades en los procesos de investigación aplicada y fueron apoyo incondicional, de ese que pocas veces se encuentra en la vida. Su confianza y amistad me hacen sentir que entre ellos estoy en casa.

Grupo de investigación “Nutrición Agropecuaria”; mis amigos y compañeros, quienes vivieron conmigo todo el esfuerzo, desde la planeación hasta el término de la investigación, en los momentos difíciles supieron dar ánimo y es con quienes se continuará la fase de aplicación de las tecnologías desarrolladas.

Las Doctoras Luz Stella y Siriwan, quienes gracias a su confianza dieron el impulso para iniciar el proceso y me acompañaron hasta el final.

Los doctores Michael Peters, Arnobio López y Mario Cuchillo, por sus valiosos aportes en todo el proceso de la investigación.

Las comunidades de Mercaderes y El Patía, ASOGAMER, COOAGROUSUARIOS, ASOGAPA, y demás actores de la comunidad, quienes participaron activamente y hoy demandan continuidad de los procesos, su acogida nos impulsa a continuar.

Un ramillete de 22 estudiantes, hoy Ingenieros Agropecuarios egresados de la Universidad del Cauca, que culminaron su proceso de formación con fundamentación en Investigación bajo mi tutoría desarrollando diferentes trabajos que condujeron al logro de los objetivos de esta investigación, sin ellos hubiese sido difícil llegar a término.

Resumen

Se evaluó el potencial forrajero de *Vigna unguiculata* (Caupí) y *Canavalia brasiliensis* y su uso en alimentación de pollos de engorde y la evaluación agronómica de las especies, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas desde los 600 hasta los 1700 m.s.n.m., en la región centro y sur del Departamento del Cauca – Colombia. Se destaca la adaptación de las accesiones de *C. brasiliensis* CIAT 17009 y CIAT 905 quienes alcanzaron producción de hasta 32 toneladas de materia seca por hectárea al año, igualmente la Accesoión CIAT 4555 de *V. unguiculata* produjo hasta 2, 1 ton/MS/ha/año de forraje y hasta 2,4 ton/semilla/ha/año. Estos forrajes fueron adicionados a dietas de finalización de pollos, en donde la digestibilidad fecal fue 66,95% y 73,68% para grano de Caupí crudo y cocido respectivamente, mientras que para el forraje fue 33,3%; el forraje de *Canavalia* fue digerido en un 39,3%. La conversión alimenticia estuvo entre 2,2 y 3,6, más baja que la óptima. El uso de estas tecnologías en alimentación de pollos es posible en sistemas de producción campesina.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, *Canavalia brasiliensis*, Caupí, digestibilidad de forrajes en pollos, Adaptación agronómica.

Abstract

Forage potential of *Vigna unguiculata* (Cowpea) and *Canavalia brasiliensis*, its use in broiler feed and agronomic evaluation of species under different soil and climatic conditions from 600 to 1700 m, in the central and southern region Department of Cauca - Colombia was evaluated. Adaptation of *C. brasiliensis* accessions CIAT 17009 and CIAT 905 who reached production up to 32 tonnes of dry matter per hectare per year, also the Accession of *V. unguiculata* CIAT 4555 produced forage up to 2,1 ton/DM/hectare/year, and up to 2.4 ton/seed/hectare/year. These forages were added to chickens finishing diets where faecal digestibility was 66.95% and 73.68% for grain raw and cooked Cowpea respectively, while forage Cowpea 33.3% and *Canavalia* forage was digested by 39.3%. Feed conversion was between 2.2 and 3.6, lower than optimal. The use of these technologies in chicken feed may be feasible in smallholder systems.

Keywords: *Vigna unguiculata*, *Canavalia brasiliensis*, cowpea, forage digestibility in chickens, agronomic adaptation.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
CAPITULO 1	22
ESTADO DEL ARTE	22
1.1 Avicultura en Colombia	22
1.2 Requerimientos nutricionales para pollos de engorde	23
1.2.1 Consumo de agua	24
1.3 Digestibilidad	24
1.4 Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>)	25
1.4.1 Origen	25
1.4.2 Clasificación taxonómica	25
1.4.3 Ecología	25
1.4.4 Producción de forraje	26
1.4.5 Características agronómicas	26
1.4.5 Composición nutricional	26
1.5 <i>Canavalia brasiliensis</i> (Mart. Ex Benth.)	28
1.5.1 Origen	28
1.5.2 Clasificación taxonómica (UNIBIO: Colecciones Biológicas, 2008)	29
1.5.3 Ecología	29
1.5.4 Producción de forraje	29
1.5.5 Características agronómicas	29
1.5.6 Composición nutricional	29
1.6 Uso de leguminosas en alimentación animal	31
1.7 Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales	34
CAPITULO 2	35
EVALUACION AGRONOMICA DE <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Canavalia brasiliensis</i> EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA - COLOMBIA	35
2.1 METODOLOGIA	35
2.1.2 Diseño Estadístico	36
2.1.3 Evaluación participativa	36
2.1.4 Abanico de opciones forrajeras	36
Los abanicos se establecieron con todos estos materiales forrajeros con el ánimo de determinar los más promisorios para la utilización en alimentación animal.	37
2.1.5 Genotipo ambiente	37
2.1.6 Variables evaluadas	37

2.2 RESULTADOS	38
2.2.1 Evaluación participativa	39
2.2.2 Abanico de opciones forrajeras	39
2.2.3 Producción de grano de <i>Vigna unguiculata</i>	43
2.2.5 Comportamiento genotipo ambiente de <i>Canavalia brasiliensis</i>	44
2.3 DISCUSIÓN	45
2.4 CONCLUSIONES	48
CAPITULO 3	49
EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Canavalia brasiliensis</i> en pollos de engorde	49
3.1 METODOLOGIA	49
3.1.5 Diseño experimental	50
3.1.6 Plan de alimentación	51
3.1.7 Ensayo No 1	51
3.1.8 Ensayo No 2	53
3.1.9 Ensayo No 3	53
3.1.11 Variables evaluadas	54
3.1.12 Cálculos específicos para las variables digestibilidad	55
3.2 RESULTADOS	55
3.2.3 Digestibilidad de los componentes de la dieta en pruebas de digestibilidad	56
3.3 DISCUSIÓN	57
3.4 CONCLUSIONES	61
CAPITULO 4	64
PRUEBAS DE DESEMPEÑO ZOOTECNICO	64
4.1 METODOLOGIA	64
4.1.1 Dietas	65
4.1.2 Ensayo No. 4	66
4.1.3 Ensayo No. 5	67
4.1.4 Ensayo No. 6	67
4.1.5 Ensayo No. 7	67
4.1.6 Variables evaluadas en pruebas de desempeño productivo	68
4.2 RESULTADOS	68
4.2.1 Consumo de alimento	69
4.2.2 Ganancia de peso	71
4.2.3 Conversión alimenticia	72
4.3 DISCUSIÓN	73
CAPITULO 5	78
Análisis Económico de la producción y utilización de <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Canavalia brasiliensis</i> en alimentación de pollos de engorde	78
5.1 METODOLOGIA	78

7.2 RESULTADOS	79
7.2.1 Costos de producción de las materias primas	79
7.2.2 Análisis económico de utilización de <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Canavalia brasiliensis</i> en pollos de engorde	81
7.3 DISCUSION	82
7.4 CONCLUSIONES	83
DISCUSIÓN GENERAL	85
CONCLUSIÓN GENERAL	87
BIBLIOGRAFIA	89
	101

TABLAS

Tabla 1. 1 Producción de pollo en Toneladas por Regiones en Colombia	23
Tabla 1. 2 Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según edad (nutrientes en % de la MS de la dieta total)	23
Tabla 1. 3 Composición nutricional del grano y forraje de Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>) accesión CIAT 4555.....	27
Tabla 1. 4 Concentración de nutrientes y taninos (g/Kg de MS) en <i>V. unguiculata</i> y <i>C. brasiliensis</i>	27
Tabla 1. 5 Concentración de aminoácidos (g/kg MS).....	28
Tabla 1. 6 Calidad nutricional del forraje de <i>Canavalia brasiliensis</i>	30
Tabla 1. 7 Composición nutricional del grano de <i>Canavalia brasiliensis</i>	30
Tabla 2. 1 Localidades donde se desarrolló la investigación en adaptación agronómica de <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Canavalia brasiliensis</i>	35
Tabla 2. 2 Evaluación de Leguminosas en el Valle del Patía, a ocho semanas de rebrote (medias de dos cortes en época seca y tres en lluvias)	40
Tabla 2. 3 Evaluación de Leguminosas en Rosas y La sierra, a ocho semanas de rebrote	42
Tabla 2. 4 Evaluación de Leguminosas en Popayán a ocho semanas de rebrote	43
Tabla 2.5 Evaluación multilocal de <i>Canavalia brasiliensis</i> en el Valle del Patía, Cauca. Cobertura y producción a las 8 semanas de rebrote en época de lluvias (promedio de tres cortes) y época Seca (promedio de dos cortes).....	44
Tabla 3.1 Dieta utilizadas para todos los ensayos y Composición Nutricional Calculada	52
Tabla 3.2 Tratamientos experimentales de los ensayos de digestibilidad in vivo.....	54
Tabla 3.3 Composición nutricional de las dietas en los tratamientos para las pruebas de digestibilidad (Análisis de Wendee).....	54
Tabla 3. 4 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 1.....	56
Tabla 3. 5 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 2.....	56
Tabla 3. 6 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 3.....	57
Tabla 4. 1 Composición de las dietas para las pruebas de crecimiento de los ensayos 4, 5, 6 y 7	66
Tabla 4. 2 Composición nutricional de las dietas para las pruebas de crecimiento con grano de Caupí, ensayos 4 y 5...667	667
Tabla 4. 3 Composición nutricional de las dietas para las pruebas de crecimiento con forrajes, ensayos 6 y 7	667
Tabla 4. 2 Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorde al reemplazar el 20% de la dieta por forraje de Caupí y <i>Canavalia</i>	69
Tabla 4. 3 Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorde al reemplazar el 30% y 60% de la proteína de la torta de soya con proteína del grano de caupí crudo	71
Tabla 5. 1 Costos de establecimiento en sistemas de economía campesina del valle del Patía y Peniplano de Popayán de un cultivo de <i>Vigna unguiculata</i> y de <i>Canavalia brasiliensis</i> año 2014.	79
Tabla 5. 2 Utilidad neta obtenida en sistemas de economía campesina del valle del Patía y Peniplano de Popayán de un cultivo de <i>Vigna unguiculata</i> y de <i>Canavalia brasiliensis</i> año 2014.	80
Tabla 5. 3 Beneficio bruto de campo al reemplazar parcialmente la dieta control con grano y forraje de Caupí y forraje de <i>Canavalia</i>	81
Tabla 5. 4 Beneficio bruto de campo en dietas experimentales para sustitución de proteína de Torta de Soya	82

ANEXOS

ANEXO A: TRABAJO PRESENTADO EN ENCUENTRO NACIONAL DE INVESTIGADORES DE LAS CIENCIAS PECUARIAS, ENICIP, MEDELLÍN - COLOMBIA. 2011

ANEXO B: TRABAJO PRESENTADO EN EL IX CONGRESO INTERNACIONAL DE PASTIZALES, ROSARIO – ARGENTINA. 2011

ANEXO C: TRABAJO PRESENTADO EN EL IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA, SOCLA, LIMA, PERÚ. 2013

ANEXO D: TRABAJO PRESENTADO EN TROPENTAG, BONN – ALEMANIA, 2011

INTRODUCCIÓN

Los procesos de desarrollo de las comunidades rurales de Colombia y en particular, los del departamento del Cauca, se ven alterados por diversas causas de orden social, político, técnico y económico. En el plan de vida de las comunidades, se involucran los esfuerzos institucionales que desde diferentes puntos de vista influyen en el desarrollo y/o estancamiento, e inclusive retraso de los planes de vida de las comunidades.

No ajenos a este proceso, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia - sede Palmira y la Universidad del Cauca; después de un proceso de diagnóstico de la producción de pequeños animales y el manejo nutricional de los mismos (CIAT 2006), planteó el proyecto “More chicken and pork in the pot, and money in pocket: Improving forages for monogastric animals with low incom farmers” (Mas pollo y cerdo en el plato y dinero en el bolsillo: mediante uso de forrajes en animales monogástricos con pequeños productores), el cual se ejecutó en Colombia, Nicaragua y la República Democrática del Congo, y fue financiado por el Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) de Alemania. Dicho proyecto concentró esfuerzos en la búsqueda de alternativas a la torta de soya en la alimentación de cerdos y pollos, mediante la producción de forrajes de alta calidad y su adaptación en los sistemas agropecuarios de los pequeños y medianos productores de los tres países antes mencionados.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2009) asegura que los alimentos balanceados para animales representan más del 60% de los costos directos en la producción avícola, mientras en los departamentos del Cauca y Nariño, el 68.9% de los costos de producción corresponden a los costos de alimentación (FINAGRO 2012). Según FENAVI (2012), reducir los costos por alimentación es difícil ya que este rubro tiene mayor impacto en la economía de la producción. No obstante, en la búsqueda de alimentos que hagan parte de un sistema integrado de producción agropecuaria, se ha explorado el uso de forrajes como fuente de proteína en alimentación de especies no herbívoras (Martens et al., 2012; D’Mello, 1995), el grano de *Vigna unguiculata* y su forraje, así como el forraje de *Canavalia brasiliensis* se han evaluado en alimentación de aves de corral (Jabit et al., 2002; Lon Wo et al., 2005; Díaz et al., 2002; Bernal y Giraldo, 2005; Acosta y Quiñones, 2008)

Buscar alternativas de producción local a las fuentes proteicas en alimentación de pollos de engorde es un reto continuo entre los investigadores. En este orden de ideas, surgió la necesidad de realizar una investigación encaminada a profundizar en la producción de

forrajes multipropósito y su utilización como materia prima no convencional (Martens et al., 2012) que contribuya a disminuir los altos costos por concepto de alimentación en pollos de engorde, tanto por su probable calidad nutricional como por las posibilidades de producción en finca.

Es importante resaltar que el pollo de engorde es una de las especies animales con mayores requerimientos nutricionales para su desarrollo dada su alta capacidad de conversión y el corto ciclo productivo, además su sistema digestivo tiene poca capacidad de almacenamiento (Rostango et al., 2011), esto obliga a los nutricionistas a diseñar dietas más concentradas y poco voluminosas; aspectos que se convierten en los principales limitantes cuando se trata de utilizar materias primas no convencionales y en especial forrajes para la alimentación de monogástricos.

Utilizar grano y forraje de *V. unguiculata* y Forraje de *C. brasiliensis*, es una opción de alimentación de difícil aplicación en la avicultura comercial, no obstante de su apreciable valor nutricional (Aguirre, 2009; Heinritz et al, 2011; Carvalho y Sodré, 2000). Debido a los altos contenidos de fibra, bajo valor energético y la probable presencia de factores antitripsicos (Fatokun et al., 2002; Oliveira et al., 1994), existen otros compuestos que afectan la digestión de los mismos y de los demás componentes de la dieta (ej. Taninos), por lo que deben someterse a procesos para eliminar dichos metabolitos secundarios. Si se estima la necesidad de fortalecer la dieta para animales en sistemas de pequeña escala o producción campesina, las dos especies forrajeras se convierten en un potencial como plantas multipropósito (Schultze-Kraft y Peters, 1997; Savon, 2005) que podrían llegar a ser parte fundamental de la dieta de los animales que en condiciones normales son alimentados con dietas bajas en proteína y energía.

Es fundamental citar las características de ser forrajes multipropósito (Peters et al., 2011; D' Mello 1995), estos usos contemplan alimentación humana (Grano de Vigna), alimentación animal (sin llegar a competir con la alimentación humana), abonos verdes, plantas fijadoras de nitrógeno, utilización en recuperación de suelos y como cultivos de cobertura. Además, *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis*, son dos especies que se adaptan con facilidad a diversas condiciones edafoclimáticas (Alvarenga et al., 1995; Amabile et al., 1996; Schlecht et al., 1995), en especial se resalta su adaptabilidad a suelos pobres y la tolerancia a periodos largos de sequía y su buena producción tanto de grano como de forraje verde (Peters et al., 2011; Peters et al., 2013; Sánchez, 2006), además presentan aceptable consumo por parte de los animales debido a la buena palatabilidad de los mismos.

Este documento presenta los resultados de una serie de trabajos en donde se evaluaron aspectos de producción agronómica de *Vigna unguiculata* y de *Canavalia brasiliensis*, la producción de grano y forraje, su aporte proteico y la posibilidad de sustituir parcialmente la proteína de la torta de soya tradicionalmente empleada en la elaboración de

concentrados comerciales y no comerciales para alimentación de pollos de engorde. En razón a que muchas regiones de Colombia y el mundo, no es fácil la consecución de fuentes proteicas como la torta de soya para alimentación animal, se podrían establecer este tipo de opciones de alimentación con un bajo costo de producción y que generan alternativas de suplementación nutricional para aves de engorde en condiciones de producción tropical.

El presente trabajo comprende la secuencia de investigación que partió desde la evaluación de abanicos de opciones forrajeras con leguminosas tolerantes a suelos pobres y a largos periodos secos, en donde se seleccionaron el caupí y la Canavalia como las promisorias entre más de 10 especies; posteriormente se evaluó la interacción genotipo / ambiente de nueve accesiones de *C. brasiliensis* y cuatro de *V. unguiculata*, en donde se seleccionaron aquellas con mayor producción de follaje y grano. Las cuales fueron evaluadas como reemplazo parcial de la torta de soya como fuentes de proteína en alimentación de pollos de engorde.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el potencial de *Vigna unguiculata* (grano y forraje) y *Canavalia brasiliensis* (forraje) como materias primas que permitan el reemplazo parcial de la proteína de la torta de soya en alimentación de pollos de engorde.

Objetivos específicos

Evaluar la adaptación agronómica de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* bajo condiciones agroclimáticas en el Departamento del Cauca.

Determinar la digestibilidad *in vivo* del grano y forraje de *V. unguiculata* y del forraje de *C. brasiliensis*, en pollos de engorde de 28 a 42 días de edad.

Definir niveles de inclusión de grano y forraje de *V. unguiculata* y forraje de *C. brasiliensis* en dietas de finalización para pollos de engorde, que garanticen parámetros productivos comparables con la alimentación tradicional.

Calcular los costos de producción y utilización de *V. unguiculata* y *C. brasiliensis* en alimentación de pollos de engorde.

CAPITULO 1

ESTADO DEL ARTE

1.1 Avicultura en Colombia

Colombia se posiciona como la tercera industria avícola entre 20 países de América del Sur y Central, detrás de Brasil y México (Brasil 4.700 millones; México 1.600 millones y Colombia 535 millones). La producción de pollo en Colombia paso de 849.830 toneladas en el año 2006 a 1.074.987 en el 2011, así mismo el número de aves encasetadas que en 2004 fue de 424.320.997 ascendió a 614.976.600 en el 2011 (Tabla 1.1) constituyéndose los departamentos de Cundinamarca, Santander, Valle del Cauca y Antioquia como los de mayor producción de pollo de engorde para Colombia (FENAVI, 2012). No obstante, en el departamento del Cauca, la avicultura es limitada, su mayor desarrollo está en el norte del departamento; en la zona campesina se tiene la tradición de manejo de aves a pequeña escala, especialmente gallinas de postura y en menor proporción pollos de engorde, basando su dieta en maíz y residuos domésticos. La producción en su mayoría es para autoconsumo con generación de pocos excedentes comercializables.

Dentro de la estructura de costos, alrededor del 66% corresponde al alimento balanceado y un 14% al valor comercial que tiene el pollo de un día de nacido. En otros países como Estados Unidos y Europa, el alimento representa el 71% de los costos de producción del pollo y en Brasil y Tailandia, representa alrededor del 85% (AGRONET, 2012). Para muchos productores de pollo, principalmente pequeños y aún medianos (menos de 50.000 aves), según FENAVI (2012); reducir los costos por alimentación es difícil ya que este rubro tiene el mayor impacto en la economía de la producción, por consiguiente están en desventaja frente a las grandes empresas avícolas que tienen acceso al capital financiero. De igual manera, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2009) asegura que los alimentos balanceados para animales representan más del 60% de los costos directos en la producción avícola. Según el Sistema de Información de Precios de Insumos, en 2012, producir un kilo de carne de pollo en pie en los departamentos del Cauca y Nariño, fue de \$3160, de los cuales el 68,9% corresponden a los costos de alimentación (FINAGRO, 2012).

Tabla 1. 1 Producción de pollo en Toneladas por Regiones en Colombia

Año	Región Antioquia	Región Costa	Región Central	Región Eje Cafetero	Región Oriental	Región Santander	Región Valle	Total
2005	62.516	70.192	242.258	50.627	10.850	199.228	127.200	762.870
2006	75.948	77.090	265.722	53.071	13.784	226.867	137.349	849.830
2007	81.024	86.238	287.470	63.468	19.974	240.098	144.072	922.344
2008	85.066	97.448	305.444	75.682	25.533	266.379	155.108	1.010.659
2009	82.604	99.108	317.022	80.630	25.149	261.922	153.431	1.019.864
2010	77.266	98.883	334.380	93.413	26.469	275.925	160.605	1.066.943
2011	90.924	99.969	339.153	99.141	24.807	267.848	153.145	1.074.987
2012 hasta junio	44.110	52.886	171.653	49.545	12.701	137.150	83.175	551.219

Fuente: FENAVI, 2012

1.2 Requerimientos nutricionales para pollos de engorde

Según Rostango et al., (2011), existen varios factores que pueden alterar los requerimientos nutricionales de las aves, estos son: raza, genética, sexo, consumo de ración, nivel energético de la dieta, disponibilidad de los nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario, entre otros (Tabla 1.2).

Tabla 1. 2 Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde según edad (nutrientes en % de la MS de la dieta total).

Nutrientes	Edad días			
	22-33*	34-42 [†]	22-33**	34-42**
E.M. Kcal/Kg	3150	3200	3100	3150
Proteína cruda %	19.73	18.31	19.41	18.03
Calcio %	0.83	0.77	0.82	0.76
Fosforo disp. %	0.42	0.38	0.41	0.38
Sodio %	0.21	0.20	0.21	0.20
Lisina %	1.21	1.15	1.18	1.12
Metionina %	0.49	0.46	0.47	0.45
Met + cis %	0.87	0.83	0.85	0.81
Triptófano %	0.20	0.19	0.20	0.19
Arginina %	1.23	1.17	1.20	1.14
Treonina %	0.82	0.78	0.80	0.76

[†]Desempeño Superior. * Desempeño medio
Requerimientos de aminoácidos expresados como aminoácidos totales

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

1.2.1 Consumo de agua

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

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

1.3 Digestibilidad

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (glucosa, aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (González et al., 2007).

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

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

La digestibilidad ileal o fecal puede ser aparente, considerando que todo el nitrógeno que llega al final del íleon o en las heces es de origen alimenticio. En otros términos, el nitrógeno perdido puede ser compensado por un aporte similar en la dieta. La digestibilidad verdadera hace una corrección por las pérdidas endógenas basales (con la

ayuda de una dieta sin proteína) y considera que las últimas son constantes e independientes de la dieta (Leterme, 2002).

1.4 Caupí (*Vigna unguiculata*)

Planta herbácea anual, de habito de crecimiento erecta, semi erecta, rastrera. Materiales tipo granos, tipo forrajes y doble propósito. Hojas verdes trifoliadas y vigorosas. Flores racimosas, vainas largas de 10 a 23 cm, curvadas y de 10 a 15 semillas por vaina. Semillas de diferentes colores, blancos, rojos, marrón y crema.

1.4.1 Origen

El Caupí es una leguminosa originaria de África, proviene de una de las seis regiones de domesticación de cultivos agrícolas que han sido identificadas (Vaillancourt y Weeden, 1992; Gepts, 2002 citados por Jover, 2006). Es una planta de clima tropical o sub-tropical, por lo que se cultiva en estos ambientes en su continente de origen, siendo Nigeria el mayor productor mundial. Se cultiva además en Asia y América, en donde Brasil es el país de mayor superficie cultivada en su zona nordeste (FAO, 2002; Freire et al., 2000 citados por Jover, 2006). En Europa, se consumía Caupí antes del descubrimiento de América y la introducción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (Cubero, 2004 citado por Jover, 2006). El Caupí (*Vigna unguiculata*) es una planta autógama que pertenece al género *Vigna* (nombrado así en honor al médico y botánico italiano Doménico Vigna).

1.4.2 Clasificación taxonómica

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

Fuente: (UNIBIO: Colecciones Biológicas, 2008)

1.4.3 Ecología

El Caupí se adapta bien a diferentes suelos desde arenosos hasta pesados, que sean bien drenados, con preferencia por suelos livianos que permitan un buen enraizamiento

de la planta. Esta más adaptado a suelos ácidos que por ejemplo el *Lablab purpureus* o *Mucuna pruriens*. El Caupí es moderadamente tolerante a la sequía, pero suelos muy húmedos son dañinos para el cultivo reduciendo el crecimiento y favoreciendo las infecciones por hongos. Es muy susceptible a las heladas; pH de 4 a 8 aunque prefiere suelos un poco ácidos. Crece desde el nivel del mar hasta los 1600 m. Se desarrolla bien en épocas cálidas con temperaturas de 25°C a 35°C la cual es la temperatura óptima. Tiene una moderada adaptación a la sombra así que no es una planta que demande gran cantidad de horas luz/año y no tolera quemadas, inundaciones ni salinidad (Schlecht et al., 1995).

1.4.4 Producción de forraje

La producción de MS esta entre 3 y 8 t de MS/ha/ en los primeros 4 meses, dependiendo del tipo de suelo, clima, de la competencia con las malezas y de la variedad. Los contenidos de proteína en el forraje son del 14-21% y en el grano puede estar entre 18 y 26%. La digestibilidad en el forraje verde es hasta 80% en rumiantes y para los residuos después de la cosecha de grano es del 55-65% y su palatabilidad es alta. Puede llegar a producir de 500 kg hasta 3 t/ha de granos. Tiene alto valor como abono verde para cultivos siguientes como el maíz, reemplazando el equivalente a una aplicación de nitrógeno de 80 kg/ha, obteniéndose aumentos en el rendimiento de grano de maíz hasta el doble comparado con el testigo no fertilizado con nitrógeno (Peters et al., 2011; Sánchez, 2006).

1.4.5 Características agronómicas

Vigna unguiculata es de rápido crecimiento, aunque crece bien en suelos pobres, responde bien a fertilizaciones con fósforo y potasio, es hospedero de plagas del frijol aunque el daño que le causa a Caupí no afecta el cultivo. Es un cultivo anual que resiste cortes consecutivos cada ocho semanas, se siembra por semilla a una profundidad de 1 a 3 cm, en suelos bien preparados, necesitándose 20 Kg de semilla por hectárea, tolera sombra moderada y responde bien en periodos moderados de sequía (Peters et al., 2013). Es una planta que además de producir forraje, también produce grano para alimentación humana y/o animal.

1.4.5 Composición nutricional

El género *Vigna* tiene potencial como alternativa factible para la alimentación de aves en el trópico, el grano de diversas variedades contienen entre 22 y 25% de proteína cruda y alrededor de 60% de carbohidratos totales (Tabla 1.3), de los cuales gran parte es almidón (Belmar, 1998).

El Caupí no es tóxico para los monogástricos, aunque el Caupí contiene inhibidores de tripsina y contenido variable de taninos que deben ser tenidos en cuenta. Entre el 20-25% del grano en la dieta alimenticia sin ningún tipo de tratamiento no presenta ninguna clase de problema en alimentación de aves de corral. Los tratamientos térmicos reducen los inhibidores de tripsina en el grano (Fatokun et al., 2002)

Tabla 1. 3 Composición nutricional del grano y forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*) accesión CIAT 4555

NUTRIENTE	Grano ¹	Forraje ²
Materia seca%	87.8	33.9
Proteína cruda (N * 6.25)	21.6 - 22,5	24.3
Extracto etéreo (% de MS)	1.5	
Cenizas (% de MS)	3.8	14.0
FDN (% de MS)	26.0	36.5
FDA (% de MS)	17.4	23.4
Energía Bruta (Mcal/kg)	3.7	
Lisina (g/Kg de MS)	6,5	8.5
Metionina (g/Kg de MS)	14.0	2.5
Met + Cis(g/Kg de MS)	26.0	4.8
Triptófano (g/Kg de MS)	3.0	3.0
Arginina (g/Kg de MS)	57.0	9.7
Treonina (g/Kg de MS)		8.3

Fuente: ¹ Aguirre (2009); ²Heinritz et al., (2011)

En la tabla 1.4, se aprecia la composición nutricional de los forrajes de canavalia y Caupí (Heinritz et al., 2012), es de resaltar que estos materiales forrajeros corresponden exactamente a los empleados en la presente investigación ya que se obtuvieron las muestras de los mismos lotes de los materiales experimentales aquí evaluados. Se destaca el mayor aporte de proteína que tiene el forraje de Caupí así como menor cantidad de fibra y menor concentración de taninos.

Tabla 1. 4 Concentración de nutrientes y taninos (g/kg de MS) en *V. unguiculata* y *C. brasiliensis*

Especie	Ceniza bruta	Proteína Cruda	FDA	NDF	N-FDN de N total (g/kg)	PC no vinculada a la fibra	Taninos
<i>Canavalia brasiliensis</i>	81,4	181	367	500	183	148	8,4
<i>Vigna unguiculata</i>	141	243	235	365	240	185	1,8

MS: materia seca, FDA: fibra detergente ácido, FDN: fibra detergente neutro, N-FDN: nitrógeno unido a la FDN, PC: proteína cruda

Fuente: Heinritz et al., 2012

De igual manera dicha autora presenta la composición de aminoácidos de estos forrajes (tabla 1.5).

Tabla 1. 5 Concentración de aminoácidos (g/ kg MS)

AA	Lisina	Treonina	Metionina	Cistina	Met + Cys	Triptófano
<i>Canavalia brasiliensis</i>	6,7	5,6	2,3	1,7	4,1	1,7
<i>Vigna unguiculata</i>	8,5	8,3	2,5	2,3	4,8	3,1

Met + Cys, suma de metionina y de cistina

Fuente: Heinritz, et al., 2012

Igualmente, González et al., (2012), afirman que el grano de Caupí contiene 27,3% de materia seca, 6,3% de fibra cruda, 23% de Fibra detergente neutro (FDN), 15,5% de Fibra detergente ácido (FDA), 38,7% de almidones y 5% de cenizas.

1.5 *Canavalia brasiliensis* (Mart. Ex Benth.)

Es una leguminosa herbácea anual a perenne, enredadera a postrada. Ciclo de cultivo 2 a 3 años; flores vistosas; de color blanca, morada o morada violeta a azul. Vaina oblonga, glabrescente, color café, de 12 cm de larga por 10 mm de ancho y con alrededor de 12 semillas de café claro.

1.5.1 Origen

Canavalia brasiliensis es una especie con distribución natural amplia, se extiende del norte del trópico de cáncer en Sinaloa, México, a 27° S en 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*, 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* (Feijao bravo do ceara), *Canavalia obtusifolia* D.C (Feijao de Praia), *Canavalia gladiata* D.C (Feijao espada) y *Canavalia ensiformis* D.C (Feijao de porco), entre otras (Gomes et al., 1988). Se tienen pocas referencias bibliográficas respecto de 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, 1988), “Feijao bravo do ceara” (Judia silvestre) en Brasil (Vargas et al., 1993).

1.5.2 Clasificación taxonómica (UNIBIO: Colecciones Biológicas, 2008)

Reino: Plantae
Familia: Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia: Papilionoideae
Tribu: Phaseoleae
Subtribu: Diocleinae
Género: *Canavalia*
Epíteto específico: *brasiliensis*
Nombre Científico: *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth.
Autor del nombre: Mart. ex Benth.

1.5.3 Ecología

Crece hasta una altura de 1500 msnm, precipitación alrededor de 1000 mm. Tolera bien la sequía y la sombra. Se adapta tanto a suelos arcillosos como arenosos de baja fertilidad y desde ácidos hasta alcalinos con pH de 4.3-8.0

1.5.4 Producción de forraje

Establecimiento moderadamente rápido, crecimiento productivo alto, produce de 5 a 10 toneladas de MS/ha por año. La proteína cruda en el forraje es de 15% y en el grano de 20-28%, con alto contenido de lisina por lo cual se puede utilizar como componente de concentrados para aves y cerdos. Además puede mejorar la fertilidad del suelo (Peters et al., 2011; Sánchez, 2006).

1.5.5 Características agronómicas

Canavalia brasiliensis se establece rápidamente, aunque no tan rápido como *C. ensiformis*. Desarrolla un denso y extenso sistema de raíces con muchas raíces finas las cuales llegan más profundamente que las de *C. ensiformis* y rápidamente llega al subsuelo, garantizando una mayor captación de las aguas subterráneas y los nutrientes (Alvarenga et al, 1995). Como abono verde, el promedio de materia seca (MS) de producción es de 5000 a 7000 kg/ha/año, con extremos que van desde 1700 a 14200 kg/ha/año (Alvarenga et al., 1995), comparado con *Canavalia ensiformis*, la productividad de *C. brasiliensis* es menor pero más estable y menos afectada por factores ambientales adversos (Amabile et al., 1996).

1.5.6 Composición nutricional

Hay poca información sobre la calidad de plantas de *C. brasiliensis*. La biomasa en la fase de floración presenta el siguiente comportamiento en su composición química (Tabla 1.6)

Tabla 1. 6 Calidad nutricional del forraje de *Canavalia brasiliensis*

COMPONENTE	1*	2**
Proteína Cruda % (N x 6,25)	23,18	18,15
Fibra en Detergente Acido %	33,5	36,66
Fibra en Detergente Neutro %	44,1	50,0
Hemicelulosa %	10,6	
Lignina %	6,52	
Polifenoles %	8,42	
DIVMS %	69,6	
Energía bruta (Mcal/Kg)	3,75	
Lisina (g/Kg de MS)		6,71
Metionina (g/Kg de MS)		2,3
Met + Cis(g/Kg de MS)		4,10
Triptofano (g/Kg de MS)		1,75
Arginina (g/Kg de MS)		7,17
Treonina (g/Kg de MS)		5,68

DIVMS: Digestibilidad "in vitro" de la materia seca

Fuente: * Carvalho y Sodré Filho, 2000; **Heinritz et al., 2012

El contenido de minerales es similar a otras leguminosas forrajeras tropicales, con la excepción del alto contenido de Ca (1,5% en MS) en *C. brasiliensis* (Alvarenga et al., 1995; Cobo et al., 2002). Su contenido de flavonoides y flavonas son bajos. Como forraje de corte, es bien aceptada por cabras y ovejas en Nicaragua (Caballero et al., 1995). Sus semillas no son ampliamente utilizadas en alimentación animal por sus altos contenidos de factores antinutricionales, no obstante su apreciable valor nutricional (Tabla 1.7)

Tabla 1. 7 Composición nutricional del grano de *Canavalia brasiliensis*

COMPONENTE	% de MS
Proteína cruda	31,9-41,6
Carbohidratos	52,3
Fibra cruda	12,3
Cenizas	2,8
Aceite	1,2
Nitrógeno no proteico	35 % de N total

Fuente: Gomes et al., 1988 : Mayworm et al., 1998

Alrededor del 35% del total de nitrógeno es no proteico, con el aminoácido tóxico canavanina constituye la mayor parte (Gomes et al., 1988). La principal proteína de almacenamiento es análoga a la canavalin que se encuentra en *C. ensiformis* (Barcellos

et al., 1993). *C. brasiliensis* es limitante en metionina, cisteína y triptófano (Gomes et al., 1988).

Además de la baja concentración de aminoácidos azufrados, la calidad nutricional de las semillas se reduce aún más por los compuestos antinutricionales, estos incluyen los inhibidores de la tripsina, concaavalin Br, canavanin y canatoxin. La concaavalin lectina Br forma alrededor del 20% de la proteína total. Tiene una similar secuencia de aminoácidos a la lectina ConA que se encuentra en *C. ensiformis*, pero mayor reactividad. Afecta la digestibilidad a través de la inhibición de enzimas digestivas y a la unión a glicolípidos y glicoproteínas de membrana de la mucosa del tracto digestivo. Por otra parte, la lectina afecta el sistema inmunológico, el metabolismo de las proteínas y la regulación de hormonas. Los efectos tóxicos de Con Br han también sido probados para su uso contra plagas de insectos. La concentración del canavanin como aminoácido tóxico en las semillas es de alrededor del 5% de MS. El mecanismo de su efecto antinutricional aún no está claro, sin embargo se supone que canavanin actúa como un anti-metabolito a la arginina. Canotoxin se menciona a menudo en la literatura, pero sólo es tóxico cuando se inyecta y no a través de consumo oral, por lo que no puede considerarse realmente como un factor antinutricional (Gomes et al., 1988; Barcellos et al., 1993). Así mismo, en un ensayo de alimentación con ratas, las semillas no tratadas produjeron una alta reducción de la ingesta, de la digestibilidad y de la utilización de las proteínas; su peso corporal se redujo y la deficiencia de proteínas y los efectos directos de canavanin produjeron la hipertrofia de órganos internos (Oliveira et al., 1994).

Para desactivar los compuestos antinutricionales, las semillas necesitan ser trituradas, empapadas en agua durante 48 horas y posteriormente cocidas durante una hora (Udedibie, 2001). El uso del forraje tiene menos inconvenientes frente a factores antinutricionales para alimentación animal.

1.6 Uso de leguminosas en alimentación animal

La soya (*Glycine max*), es comúnmente utilizada en alimentación animal por su alto valor proteico y su aporte de energía; además de su excelente perfil de aminoácidos (Martens et al, 2012). Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en 2013 la Producción Mundial de Soya fue de 268.27 millones de Toneladas, de las cuales Estados Unidos produjo 89,507 millones de toneladas, Brasil 90 y Argentina 54. Se estima que para el 2014 la producción será de 287.69 millones de toneladas que podrían significar un incremento de 19.42 millones de toneladas o un 7.2% en la producción de soya alrededor del mundo (Agropanorama, 2014). No obstante la soya no siempre es asequible para los pequeños productores de aves y cerdos, razón por la que se necesita identificar alternativas de bajo costo y de producción en finca para sustituirla en la alimentación animal.

Los forrajes tropicales para la alimentación de animales monogástricos debe contribuir a mejorar la sostenibilidad de la producción animal (Schultze-Kraft y Peters, 1997; Savon, 2005). En la búsqueda de alimentos que hagan parte de un sistema integrado de producción agropecuaria, se ha explorado el uso forrajes como fuente de proteína en alimentación de especies no herbívoras (Martens et al., 2012), para ello deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Alta producción de biomasa entornos donde otros cultivos no pueden competir
- Que no exista competencia con necesidades de alimentos para los humanos
- Altos niveles de proteína con un perfil de aminoácido deseable, especialmente lisina, metionina y aminoácidos azufrados, especialmente para monogástricos.
- Altos niveles de vitaminas y minerales en comparación con las fuentes tradicionales de energía que se utilizan en la fabricación de concentrados
- Los beneficios adicionales de la integración de los forrajes en el sistema de cultivo, tales como producción de alimentos para los humanos, madera, fibra, goma, mejoramiento de suelos y la conservación del suelo.

El uso de leguminosas forrajeras en Latinoamérica hasta ahora está más orientado a la recuperación de suelos y a la alimentación de ganado bovino. Según D' Mello (1995) las leguminosas de granos en el área tropical no recibían la misma atención que las especies templadas en Europa. Sin embargo, con el incremento de la demanda de fuentes proteicas en el trópico, junto al relativo alto costo de las materias primas importadas, se ha dirigido la atención a la explotación de estas leguminosas como alternativas de alimentación animal.

En Colombia, Venezuela y Cuba entre otros países, se han estudiado las leguminosas de granos para animales monogástricos, desde el punto de vista agronómico, productivo, fisiológico y económico (D' Mello, 1995). De las especies con mayor potencialidad se hizo un cálculo económico del costo de producción por hectárea. Respecto al índice óptimo de conversión alimenticia con una dieta convencional para pollos de asadero, se determinó en cuanto pudiera variar y aun así, ser factible su uso por el efecto económico a obtener. El estudio de sensibilidad fue favorable para *Vigna unguiculata*, lo cual unido a su bajo contenido de Factores Anti-Nutricionales (FAN) propició que se seleccionara para ser estudiada como la más promisoría. Lon Wo et al., (2001), al sustituir en dietas de maíz hasta el 50 % de la proteína que aportaba la harina de torta de soya por harina de granos de *Vigna unguiculata* secados al sol, encontraron similares resultados a la dieta control e incluso no adicionaron aminoácidos sintéticos (AAS) en la última semana de la ceba, lo que representó un ahorro aún más significativo.

En un estudio realizado por el Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, La Habana – Cuba, en el año 2001, se usaron dietas isoprotéicas con 0, 10, 15 y 20% de granos de *Vigna*. Los beneficios económicos favorables fueron obtenidos a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de las harinas de *Vigna*. La respuesta económica y biológica obtenida demuestra que esta fuente proteica alternativa puede emplearse

eficiente y competitivamente con los niveles de inclusión empleados hasta el momento. El hecho de que se formulara con niveles de proteína más bajos en la dieta base, pero que se suplementará con aminoácidos sintéticos según las recomendaciones del NRC (1994) pudiera haber influido en los resultados a favor del uso de las harinas de Vigna, esto corrobora que no se requieren suplementaciones adicionales como señalaron Lon Wo et al.,(2005) con dietas heteroproteicas. Como se ha expresado por D'Mello (1995) y posteriormente por Díaz et al.,(2002) la ventaja del uso de las Vignas y de otras leguminosas de granos tropicales deriva de su adaptación agronómica.

En el Instituto de Investigaciones del Pacífico, Bernal y Giraldo (2005), evaluaron en alimentación de pollos el achin (*Colocasia esculenta*), rascadera (*Xanthosoma sagittifolium*), bore (*Alocasia macrorrhiza*) y árbol del pan (*Artocarpus altilis*), nacedero (*Trichantera gigantea*), maíz (*Zea mays*), frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) y harina de bocachico seco (*Prochilodus reticulatus*). Ellos concluyeron que dentro del sistema de producción de las comunidades negras se puede incluir el suministro de dietas elaboradas con achín y bore obteniendo parámetros productivos similares, también afirman que no se recomienda el uso de *X. sagittifolium* como materia prima para alimentación de los pollos.

Igualmente, se evaluaron dietas elaboradas con recursos alimenticios locales ofrecidas a pollos Ross (Bernal y Guerrero, 2005), Se utilizó plátano primitivo (*Musa acuminata* AA), yuca (*Manihot esculenta*), nacedero (*Trichantera gigantea*), maíz (*Zea mays*), achín (*Colocasia esculenta*), frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) y harina de bocachico seco (*Prochilodus reticulatus*). Se concluye que estas dietas representan una alternativa de uso en el sistema de producción animal de las comunidades Afro, cuyos parámetros

sobrepasaron los valores de producción actual (Bernal y Giraldo, 2005).

En el Centro de Investigaciones Turipaná se evaluó el efecto de dos niveles de frijol Caupí (10 y 20%) en dos presentaciones (crudo y cocido) como ingrediente proteico en dietas para pollos de engorde. En este estudio no se encontraron diferencias entre niveles y/o presentación del frijol en ninguna de las variables estudiadas. El análisis económico, el tratamiento testigo mostró mayor rentabilidad, pero un análisis de sensibilidad de precios demostró que cuando ocurre una baja del 20% en el precio del frijol Caupí y es estable el precio de la torta de soya, es más rentable usar 20% de frijol Caupí crudo en la ración siempre que se acompañe de un antibiótico promotor de crecimiento (Jabib et al., 2002)

En la Universidad del Cauca, se evaluó el efecto de cuatro niveles de inclusión con harina de grano Caupí (*Vigna unguiculata*) para la alimentación de pollos de engorde. Los resultados obtenidos en el análisis económico, permiten recomendar el 15% de inclusión de Caupí en la alimentación de pollos de engorde por tener el menor costo (Acosta y Quiñones, 2008).

En otro trabajo de investigación se midió la capacidad de utilización de diversas leguminosas de grano incluidas en dietas de pollos boiler, el efecto del tratamiento térmico (120°C durante 30 min) y la incorporación de lisina y metionina. La inclusión de las leguminosas en la dieta redujo el crecimiento, el balance de N y la retención energética total, e incremento la producción de calor y deposición de grasa. El tratamiento térmico aumentó el contenido metabolizable de las dietas que contenían veza (*Vicia sativa*) y altramuz (*Lupinus albus L.*); la retención de N en pollos alimentados con la dieta que contenía veza. Se observó un aumento en la síntesis proteica con dietas suplementadas (Aguilera et al., 1984 citado por Morales, 2006).

1.7 Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales

Las evaluaciones agronómicas de adaptación de germoplasma de pastos tropicales, considera dos etapas: Ensayos regionales A (ERA) para evaluar la supervivencia de tales materiales en el ecosistema y Ensayos regionales B (ERB) para evaluar su adaptación, mediante mediciones de productividad estacional. Estas dos etapas están diseñadas para cubrir secuencialmente condiciones en ecosistemas y subecosistemas, respectivamente (Toledo, 1982).

Toledo (1982), afirma que la adaptación de germoplasma a las condiciones de climas, suelo, plagas y enfermedades de una región, área o localidad es el punto de partida lógico de cualquier programa de investigación en pastos. Para ello, la “Red Internacional de Pastos Tropicales” ha adoptado metodologías para la evaluación agronómica de pastos tropicales, buscando la posibilidad de obtener datos comparables y confiables, utilizando técnicas simples pero superiores de diseño, la cual proporcionará la información que permita escoger con más certeza el germoplasma promisorio para continuar con las evaluaciones agronómicas y con animales a fin de completar la secuencia de investigación en forma más rápida y eficiente.

CAPITULO 2

EVALUACION AGRONOMICA DE *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA - COLOMBIA

Con el ánimo de conocer las probabilidades de producción de forraje y grano de *Vigna unguiculata* así como del forraje de *Canavalia brasiliensis*, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas del Departamento del Cauca, se llevaron a cabo evaluaciones agronómicas en diferentes localidades (Municipios de Patía, Mercaderes, Rosas, La Sierra y Popayán) con un abanico de opciones forrajeras en donde se incluyeron los materiales objeto de esta investigación; de igual manera se realizó una prueba genotipo – ambiente de *C. brasiliensis* bajo cinco ambientes en el Valle del Patía y municipio de Mercaderes del departamento del Cauca.

2.1 METODOLOGIA

Los trabajos se realizaron en un amplio rango de localidades, ubicadas en cinco municipios del Departamento del Cauca, el cual está localizado al suroccidente del país, entre las coordenadas geográficas 00°58'54" y 03°19'04" de latitud Norte y 75°47'36" y 77°57'05" de longitud Oeste. Dichas localidades se muestran en la tabla 2.1.

En total se realizaron siete evaluaciones de producción de forraje de *V. unguiculata* y *C. brasiliensis* como parte de abanicos de opciones forrajeras; dos evaluaciones de producción de grano de *V. unguiculata* y cinco pruebas de genotipo ambiente de *C. brasiliensis*.

Tabla 2. 1 Localidades donde se desarrolló la investigación en adaptación agronómica de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis*

Municipio	Precipitación (mm/año)	Humedad Relativa (%)	Temp. °C	Finca	Suelo	Altura m.s.n.m.
Mercaderes	1857	78	24	El Porvenir	Franco Arcilloso	1104
				La Cocha	Franco Arcilloso	580
Patía	1372	72	25	El Limonar	Franco Arcilloso	650
				Punto de la I	Franco Arcillo Arenoso	910
				Versalles	Franco Arcillo Arenoso	622
Rosas	2200	80	20	La Sirena	Franco Arcilloso	1288
La Sierra	2200	80	20	Los Lagos	Franco Arcilloso	1182
Popayán	2023	80	19	Carrizal	Franco	1711

2.1.2 Diseño Estadístico

En todos los ensayos de campo se trabajó bajo un diseño de Bloques completos al azar, en donde el factor a bloquear fue la pendiente del terreno, dado el probable cambio de fertilidad que se puede presentar en el suelo a través de la pendiente. Se realizó análisis de varianza ($P=0.05$) y prueba de rangos medios de Duncan (SAS, 1999). El modelo estadístico corresponde a la siguiente ecuación:

$$\text{Modelo estadístico: } Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Respuesta de la j -ésima repetición sometida al i -ésimo tratamiento. μ = Media general; T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento y E_{ij} = Error experimental de la j réplica sometida a la i -ésimo tratamiento

2.1.3 Evaluación participativa

La metodología (Hernández, 2007) consintió en la presentación de los evaluadores, profesionales y técnicos responsables de la Evaluación Participativa de Tecnologías- (EPT), posteriormente se revisó de la forma de evaluación y preguntas clave para el manejo de los formatos (“formato de caritas” – evaluación absoluta y orden de preferencia) y se establecieron preguntas claves, La información fue sistematizada, mediante la construcción de tablas con criterios favorables y desfavorables. Criterios favorables = agrupación de criterios con “carita feliz”; criterios desfavorables= agrupación de criterios con “carita regular” y “carita malo”, para el posterior análisis de regresión e interpretación. Las evaluaciones se adelantaron con la participación de los productores de la zona en los sitios en donde se sembraron los abanicos de opciones forrajeras.

2.1.4 Abanico de opciones forrajeras

En cada sitio se sembró un ensayo con tres repeticiones usando un diseño de bloques al azar. La parcela fue de 3m x 3m para un área de 9m², la distancia entre bloques de 1m y 0,50m entre parcelas. Se sembró a una distancia de 1m entre plantas y 1,5m entre hileras, los tratamientos fueron:

Centrosema molle CIAT 15160, *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, *Clitoria ternatea* CIAT 20692, *Desmodium heterocarpon* CIAT13651, *Lablab purpureus* CIAT 22759, *Vigna unguiculata* CIAT 4555, *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995, *Arachis pintoi* CIAT 22160,

Centrosema brasilianum CIAT 5234, para los ensayos de Patía y Mercaderes (La Cocha, Versalles y Limonar).

En las fincas La Sirena y Los Lagos en el Municipio de Rosas; *Centrosema molle* CIAT 15160, *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, *Clitoria ternatea* CIAT 20692, *Desmodium heterocarpon* CIAT 13651, *Lablab purpureus* CIAT 22759,21603, *Vigna unguiculata* T95k52-34, IT97k1069-6, IT98k131-2, *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995.

Para el peniplano de Popayán (Finca El Tablón) las especies fueron *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, *Desmodium heterocarpon* CIAT 13651, *Stylosantes capitata* Vrs 0100/2009, *Vigna unguiculata* CIAT 4555, *Stylosantes guianensis* CIAT 11995, *Lablab purpureus* CIAT 21603.

Los abanicos se establecieron con todos estos materiales forrajeros con el ánimo de determinar los más promisorios para la utilización en alimentación animal.

2.1.5 Genotipo ambiente

En las fincas El Porvenir, La Cocha, El Limonar, “Punto de la I” y Versalles. Se sembraron 8 accesiones de *Canavalia brasiliensis* (CIAT 17462, 905, 7648, 7969, 7971, 19038, 21012 y 17009) provenientes de la evaluación de 54 accesiones en Santander de Quilichao (Schmidt et al., 2005); con alto rango de adaptación en diferentes ambientes, tolerancia a sequía (PC > 20% y digestibilidad superior a 80%), El diseño empleado fue bloques al azar con tres bloques, y las accesiones del material fueron los tratamientos.

2.1.6 Variables evaluadas

Las evaluaciones comprendieron la fase de establecimiento y producción.

Vigor. Expresado por el estado de la planta, color, crecimiento y sanidad en una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor. El patrón de comparación fue todo el ensayo (Toledo, 1982; Vivas, 2005).

Cobertura. Se registró en porcentaje por m². Durante el establecimiento se midió a las 12 y 16 semanas después de la siembra; durante la producción se midió de acuerdo con los periodos predeterminados de crecimiento 6 y 12 semanas (Toledo, 1982).

Altura de plantas. Fue tomada como la altura promedio de 5 puntos al azar en cada parcela experimental, en centímetros (cm), se tomó la distancia desde el piso hasta la parte más alta de cada planta en estado natural (Última hoja formada), excluyendo las inflorescencias

Incidencia de malezas. Medida como el porcentaje en área cubierta por las malezas en el momento de las evaluaciones (Adaptado de Toledo, 1982).

Presencia de plagas. (Toledo, 1982) Para la evaluación del daño causado por insectos comedores de follaje, la evaluación del daño se tomó una escala de 1 a 4, así:

- 1: Presencia de algunos insectos: la parcela no presenta áreas foliares consumidas.
- 2: Daño leve: se observa en la parcela de 1 a 10% del follaje consumido.
- 3: Daño moderado: el consumo del follaje en la parcela es del 11 al 20 %.
- 4: Ataque grave: más del 20 % del follaje de la parcela ha sido consumido por el insecto.

Presencia de enfermedades. (Toledo, 1982) Se procedió a recorrer las parcelas entre las hileras 2 y 3 y se tomaron en cuenta solamente las enfermedades de las plantas dentro de la parcela útil. Se consideraron plantas afectadas las que presentaron síntomas y se califican de 0 a 4 así:

- 0: Sin Evidencia Aparente de enfermedades.
- 1: Presencia de la enfermedad: 5%de plantas afectadas.
- 2: Daño leve: 5-20 % de plantas afectadas.
- 3: Daño moderado: 20-40 % de plantas afectadas.
- 4: Daño severo o grave: más de 40 % de plantas afectadas.

Inflorescencia y presencia de vainas. Se tomó en cuenta cuando el 50% de los materiales evaluados florecieron y produjeron vainas (Toledo, 1982).

Producción de materia seca. Para evaluar la materia seca en fase de producción, se aforo cada parcela, posteriormente se tomó una submuestra de aproximadamente 200gr, se llevó a un horno con ventilación controlada por un periodo de 72 horas a 60°C y se determinó la cantidad de producción de materia seca en g. de MS/m² por diferencia de pesos (Vivas, 2005).

2.2 RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación son la extracción de la información obtenida en *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* por ser las dos especies de interés en este trabajo de investigación, no obstante se tomaron como referencia las demás especies.

2.2.1 Evaluación participativa

Una vez realizadas las evaluaciones, se analizaron los criterios determinantes que se observan por los productores para una posible adopción de especies forrajeras, en seguida se presentan las consideraciones encontradas en dichas evaluaciones.

Se observaron los criterios más importantes con las leguminosas en evaluación, *Centrosema molle* y *Cratylia argentea*, fueron bien calificadas en el criterio “buen follaje” (disponibilidad de comida); *Centrosema molle* y *Canavalia brasiliensis*, fueron bien calificadas en los criterios “color verde” (retención de hojas en la estación seca); “resistencia a la sequía” y la “capacidad de cubrir el suelo”

Los cinco criterios favorables de mayor importancia para los productores son: palatable, (1) consumo, tupido, (2) cobertura, competencia, tolerancia al verano (3) (sequía), seguido por follaje (4) (frondoso), color verde (5) (relacionado con retención de hojas disponibilidad de forraje) y rebrote (6) (recuperación). los agricultores están interesados en alternativas buenas para el consumo animal, que compita con malezas, de buena cobertura, que tolere la estación seca, que tenga capacidad de rebrote (a pastoreo y/o estación seca), que mantenga el color verde y que tenga buen rendimiento en producción de follaje.

El ordenamiento de las leguminosas forrajeras aplicando el método de evaluación absoluta muestra de mayor a menor aceptación a *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009 (45 puntos), seguida por *Desmodium heterocarpon* CIAT 13651, *Centrosema molle* CIAT 15160 y *Cratylia argentea* CIAT 18516 con iguales puntajes (36 puntos.). Las leguminosas de menor aceptación fueron en su orden *Arachis pintoi* CIAT 22160, *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995 y *Centrosema brasilianum* CIAT 5234 (Tabla 4.2). Los puntajes fueron obtenidos del valor dado en la evaluación absoluta a través de las caritas (carita feliz= 5, carita regular= 3 y carita malo=1).

2.2.2 Abanico de opciones forrajeras

Patía: En la tabla 2. 2 se muestran los resultados de las leguminosas que manifestaron mayor capacidad adaptativa a las condiciones de la hacienda Versailles. Se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para rendimiento de MS/ha. en sequía y diferencias significativas ($P < 0.05$) en lluvia. En cuanto a cobertura del suelo solo se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en el periodo de lluvia. Los

rendimientos de MS/ha de *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009 fueron superiores a los alcanzados por las otras accesiones. Sin embargo, la adaptación y rendimientos de materia seca fueron superiores a 2.1 ton/ha para *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995, *Centrosema molle* CIAT 15160 y *Desmodium heterocarpon* subsp. *ovalifolium* CIAT 13651 en lluvia y superior a 1 t/ha en sequía, con excepción de *Centrosema brasilianum* CIAT 5234.

Tabla 2. 2 Evaluación de Leguminosas en el Valle del Patía, a ocho semanas de rebrote (medias de dos cortes en época seca y tres en lluvias)

Especies	Cobertura época seca %	Producción época seca MS/Kg/Ha.	Cobertura época lluvias %	Producción época lluvias MS/Kg/Ha.	Vigor	Altura Cm.	Plagas
<i>C. brasiliensis</i> CIAT 17009	85 ^A	4389 ^A	94 ^A	3396 ^A	4,3 ^{AB}	43,2 ^{AB}	0,9 ^A
<i>D. heterocarpon</i> CIAT 13651	88 ^A	1722 ^B	81 ^A	2170 ^B	4,0 ^{AB}	26,0 ^B	0,4 ^B
<i>S. guianensis</i> CIAT 11995	48 ^C	1348 ^B	64 ^B	2660 ^B	4,2 ^{AB}	27,6 ^B	0,1 ^B
<i>A. pintoii</i> 22160	67 ^B	1140 ^B	65 ^B	1104 ^D	3,8 ^{BC}	10,2 ^C	0,4 ^B
<i>C. molle</i> CIAT 15160	80 ^A	1067 ^B	86 ^A	2444 ^B	4,6 ^A	30,2 ^{AB}	0,5 ^B
<i>C. brasilianum</i> CIAT 5234	67 ^B	963 ^C	77 ^A	1735 ^C	3,9 ^{ABC}	30,1 ^{AB}	0,4 ^B
<i>V. unguiculata</i> CIAT4555	49 ^C	1670 ^B		2250 ^B	4,6 ^A		1,1 ^A
<i>L. purpureus</i> CIAT 22759	77 ^A	1030 ^B		1200 ^D	4,3 ^{AB}		1,0 ^A

Datos con diferente letra en la columna son diferentes significativamente (P<0,05)

El vigor expresado en las diferentes especies fue bueno, hubo diferencias estadísticas (P<0,05), destacándose como las más vigorosas *C. brasiliensis*, *V. unguiculata* y *S. guianensis*; de igual manera, se evidenciaron diferencias (P>0,05) en la altura de las plantas, siendo *Canavalia* la especie que logró la mayor altura.

Con respecto a la floración y presencia de vainas, se destacaron *Stylosantes guianensis* y *Desmodium heterocarpon* con 9,3 y 8,0 %. Las demás especies iniciaron su floración cuando el proceso de investigación estaba terminando. Al evaluar la presencia de plagas, existen diferencias estadísticas (P>0,05) entre las especies, pero se puede considerar como daño leve especialmente causado por comedores de hoja sin que ello afectara el desarrollo de la planta, No se presentaron enfermedades que afectaran a las diferentes especies.

Resultados parciales de este trabajo, fueron presentados en el encuentro nacional de investigadores de las ciencias pecuarias, ENICIP, Medellín - Colombia. 2011 (Anexo A)

Rosas: El ensayo se hizo en la finca La Sirena, La producción de materia seca mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,05$, es de anotar que *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009 tuvo el mayor valor de producción (Tabla 2.3), con 5,33 ton/MS/ha/corte, lo cual evidencia la capacidad adaptativa de esta especie a las condiciones edafoclimáticas con las que cuenta la zona. CIAT (2011) hace referencia a que esta especie normalmente tiene producciones de 5-10 ton/MS/ha/corte, por lo tanto generaría una fuente importante para alimentación animal en la zona; es necesario resaltar que esta leguminosa se comporta muy bien en suelos arcillosos como arenosos de baja fertilidad y pH ácido hasta alcalino (4,3 - 8,0) (CIAT, 2011). La segunda mayor producción fue de *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995 con 4,42 ton/MS/ha/corte.

Vigna unguiculata 1T97K1069-6 produjo 0,69 ton/MS/ha/ciclo (Tabla 2.3), el valor más bajo registrado, aunque se desempeña bien en las condiciones propias del ambiente evaluado; no presentó la mejor respuesta en producción de materia seca, situación que pudo verse influenciada por el ataque de plagas que mostró, es de resaltar que el ciclo fenológico de la planta en la zona evaluada es de 120 días y la mayoría de las leguminosas evaluadas su ciclo es anual o bianual. Otro factor a destacar es su gran producción de semilla, lo cual pudo generar estrés a la planta, afectando el rendimiento como forraje.

Respecto a la cobertura, *Centrosema molle* CIAT 15160 con 63,6%, fue la de mayor expresión, seguida por *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009 (53,8%), leguminosas que evidencian un potencial adaptativo en la zona. En la finca La Sirena la mayoría de leguminosas observaron buen comportamiento agronómico. Leguminosas como *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, *Stylosanthes guianensis* CIAT 11995 y *Centrosema molle* CIAT 15160 mostraron principios de adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la región.

Rosas y La Sierra: En la finca La Sirena ubicada en el municipio de Rosas, La producción de materia seca indica que la leguminosa con mayor respuesta es *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, con 1,01 ton/MS/ha/corte (Tabla 2.3), valores bajos teniendo en cuenta que esta planta tiene producciones normalmente de 5 a 10 ton/MS/ha/año (Peters et al., 2011), Otro buen resultado lo presentó *Vigna unguiculata* 1T98K131-2, con una producción de 0,49 ton/MS/ha/ciclo, aspecto importante debido a que es una planta con producciones de biomasa cada cuatro meses en estas zonas, La leguminosa con menor respuesta es *Vigna unguiculata* 1T95K52-34 debido a que su oferta de materia seca fue de 0,32 ton/MS/ha/ciclo, inferior a la obtenida en el ambiente de la finca La Sirena. Cabe resaltar que esta accesión fue la de mayor producción de semilla en La Finca Los Lagos, condición que pudo intervenir en la producción de materia seca.

Tabla 2. 3 Evaluación de Leguminosas en Rosas y La sierra, a ocho semanas de rebrote

Especie	La Sierra – Finca La Sirena				Rosas – Finca Los Lagos			
	Cobertura %	Producción Ton. MS/ha	Vigor	Altura cm.	Cobertura %	Producción Ton. MS/ha	Vigor	Altura cm.
<i>Clitoria ternatea</i> CIAT 20692	21.6	0.96 ^A	3	20				
<i>Desmodium heterocarpum</i> CIAT 13651	43.3	1.70 ^{AB}	3	16				
<i>Vigna unguiculata</i> 1T95K52-34	23.3	1.24 ^A	4	18	22.2	0,32 ^{AB}	3	18
<i>Lablab purpureus</i> CIAT 21603	51.6	1.88 ^{AB}	4	40	14.4	0.39 ^{AB}	3	19
<i>Centrosema molle</i> CIAT 15160	63.6	3.15 ^{ABC}	4	38				
<i>Vigna unguiculata</i> 1T97K1069-6	23.5	0.66 ^A	3	18	13.3	0.44 ^{AB}	3	12
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17009	53.9	5.33 ^C	4	37	25.0	1.07 ^{AB}	3	13
<i>Vigna unguiculata</i> 1T98K131-2	24.4	0.74 ^A	3	18	12.2	0.49 ^{AB}	3	16
<i>Lablab purpureus</i> CIAT 22759	51.1	1.46 ^{AB}	3	32	51.11	0.52 ^B	3	19
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 11995	50.6	4.42 ^{BC}	4	37				

Datos con diferente letra en la columna son diferentes significativamente (P<0,05)

Al analizar las variables de cobertura, vigor y altura, no se presentaron diferencias estadísticas (P<0,05) entre las diferentes especies, la leguminosa con mayor potencial adaptativo para las zonas de evaluación fue *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009, la cual presento el valor de vigor más alto, buena cobertura, baja presencia de plagas y mayor producción de materia seca, variables fundamentales en la evaluación para la implementación de esta planta como leguminosa multipropósito en la zona; en las dos localidades no se presentaron ataques de plagas ni enfermedades que afectaran el cultivo,

Popayán: En la vereda El tablón (Tabla 2.4), se encontraron diferencias estadísticas (P<0.05) para la cobertura y la producción de materia seca entre los forrajes allí evaluados el mejor tratamiento en cuanto a la variable cobertura fue *Canavalia brasiliensis* (85.4%), comportamiento mostrado tanto en producción como en establecimiento lo que puede tomarse como una respuesta a la adaptación de la especie bajo las condiciones agroclimáticas presentadas en esta localidad (Peters et al., 2011).

Igualmente respecto a la producción de materia seca, se identificaron dos grupos mediante la prueba de rangos medios de Duncan (p>0,05), en el primer grupo se encuentra el tratamiento con mejor respuesta en producción que es *Canavalia brasiliensis* con 4.99 ton/MS/ha/corte, y un segundo grupo con los tratamientos *Stylosanthes guianensis*, *Stylosanthes capitata*, *Vigna unguiculata*, *Desmodium heterocarpon* y *Lablab purpureus* con 2.9, 2.6, 1.8, 1.1 y 1.0 ton/MS/ha/corte, respectivamente (Tabla 2.4). *Vigna unguiculata* y *Lablab purpureus*, mostraron la menor adaptación agronómica, por su alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades lo que afectó su establecimiento en tanto que las especies que presentaron la mayor tolerancia a plagas y enfermedades

presentes en la zona fueron *Canavalia brasiliensis* y *Stylosanthes capitata*, las que igualmente exhibieron el mejor comportamiento productivo, convirtiéndose entonces en alternativa de uso para el establecimiento de praderas en la zona.

Tabla 2. 4 Evaluación de Leguminosas en Popayán a ocho semanas de rebrote

Especie	Cobertura %	Producción Ton. MS/ha	vigor	altura cm.	Plagas	floracion %
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17009	85.4 ^A	4.99 ^A	4,2 ^A	96 ^A	1,0 ^C	1,7 ^B
<i>Stylosantes capitata</i>	51.1 ^B	2.57 ^B	4,1 ^A	30 ^B	1,0 ^C	10,8 ^A
<i>Desmodium heterocarpum</i> CIAT 13651	61.1 ^B	1.09 ^B	4,0 ^A	14 ^C	1,0 ^C	1,6 ^B
<i>Stylosantes guianensis</i> CIAT 11995	53.4 ^B	2.92 ^B	4,0 ^A	25 ^{BC}	1,0 ^C	10,2 ^A
<i>Lablab purpureus</i> CIAT 21603	23.3 ^C	1.85 ^B	2,0 ^B	23 ^{BC}	2,6 ^A	
<i>Vigna unguiculata</i> CIAT 4555	16.6 ^C	1.00 ^B	2,0 ^B	23 ^{BC}	2,3 ^B	

Datos con diferente letra en la columna son diferentes significativamente (P<0,05)

2.2.3 Producción de grano de *Vigna unguiculata*

Para evaluar la producción de semilla se realizó la evaluación de tres accesiones de *Vigna unguiculata* en las localidades de la sirena (Municipio La Sierra) y los Lagos (Municipio de Rosas), En la Finca La Sirena en el ciclo vegetativo de 120 días, la accesión IT98k131-2 mostró una producción de 0,8 Ton Semilla/ha/trimestre, la IT97k1069-6 tuvo una producción de 0,73 toneladas de semilla/ha/ciclo y la de menor producción fue la accesión IT95k52-34 con 0,51 toneladas de semilla/ha/ciclo; lo anterior evidencia un aceptable potencial de producción de semilla, la literatura reporta promedios de 0,5 a 3 ton/semilla/ha/ciclo (CIAT, 2011).

En la finca Los Lagos se presentó menor producción, puesto que en esta localidad se presentaron inconvenientes ajenos a las plantas (causados por el asentamiento de un puesto militar - pisoteo) que evitaron que mostraran todo su potencial tanto en producción de materia seca como de semilla. En esta localidad, *Vigna unguiculata* IT95k52-34 fue la de mayor desempeño y adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de la zona, con una producción de 0,61 ton/semilla/ha/ciclo, seguida por *Vigna unguiculata* IT97k1069-6 con 0,28 ton/semilla/ha/ciclo. En esta variable se ve reflejado el poco desarrollo vegetativo de planta, siendo la de menor vigor y altura en su ambiente. Igualmente la accesión IT98k131-2 fue la de menor rendimiento con 0,26 ton/semilla/ha/ciclo. Totalmente diferente a la misma accesión evaluada en la finca La Sirena, que mostró la mayor productividad.

2.2.5 Comportamiento genotipo ambiente de *Canavalia brasiliensis*

Entre los sitios, se encontró una gran variación en la cobertura del suelo y la producción de MS de las accesiones de *Canavalia* para los dos primeros periodos de vegetación. El establecimiento fue vigoroso en todos los lugares, y hubo buena cobertura rápidamente. No se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el rendimiento de MS y la cobertura del suelo entre las accesiones durante este tiempo.

Se registraron altos rendimientos de Materia seca en El Limonar, Versailles y La Cocha mientras en el Porvenir fue menor la producción; este sitio se caracteriza por una mayor pendiente y menos retención de la humedad, es una zona con menor precipitación. En la temporada de lluvias se registraron mayores rendimientos para las accesiones CIAT 905, 17009, 7648, 17462 y 7969, todos ellos con más de 2,6 ton/MS/ha en las 8 semanas de rebrote. Durante el período seco, rendimientos fueron sustancialmente más bajos; igualmente la cobertura del suelo se redujo a menos del 65%, con la accesión CIAT 21012 que fue la más afectada por la sequía (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Evaluación multilocacional de *Canavalia brasiliensis* en el Valle del Patía, Cauca. Cobertura y producción a las 8 semanas de rebrote en época de lluvias (promedio de tres cortes) y época Seca (promedio de dos cortes)

Accesiones	Sitios															
	La Cocha				El Limonar				Porvenir				Versalles			
	Cobertura %		MS Kg/ha		Cobertura %		MS Kg/ha		Cobertura %		MS Kg/ha		Cobertura %		MS Kg/ha	
	Lluvias	Seca	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	
CIAT 17009	90	61	3737	2013	80	81	2576	3959	63	51	2064	1834	89	58	3294	2516
CIAT 17462	92	59	4134	2221	95	72	2383	2765	55	41	1565	1507	88	48	2773	2240
CIAT 19038	73	44	3263	1404	70	61	2146	2914	45	44	1463	1383	91	35	3050	2060
CIAT 21012	60	36	2136	1326	70	54	2272	2807	44	46	1285	1831	63	32	2521	1511
CIAT 7648	68	49	3864	1536	97	70	2718	3231	58	48	1685	1876	92	56	3322	1951
CIAT 7969	90	56	3150	2185	95	64	2469	2376	54	46	1948	2098	89	54	3074	1978
CIAT 7971	93	68	3826	2630	95	77	2015	3035	59	52	1842	1972	81	48	2527	2280
CIAT 905	98	60	5238	2107	93	85	2428	3193	67	54	2148	1676	89	51	3456	2391
Promedio	83	54	3669	1928	87	72	2375	3035	56	48	1750	1772	85	48	3002	2116

Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los lugares para la producción de materia seca y cobertura en la época seca y altamente significativa ($P < 0,01$) en la época de lluvias (Tabla 2. 5). Se pudo observar como mejores sitios para producción de *C.*

brasiliensis El Limonar en época seca, en tanto que para las lluvias se expresó mejor en La Cocha y Versailles.

Tabla 2.6 Evaluación multilocacional de *Canavalia brasiliensis* en el Valle del Patía, Cauca después de 8 semanas de rebrote en el período seco y lluvioso. (Media de los dos cortes en lluvias y las tres de la época seca).

Accesiones	Época seca		Época Lluvias		General			
	Cobertura %	Producción MS Kg/ha	Cobertura %	Producción MS Kg/ha	Vigor	altura cm.	Floración %	vainas %
CIAT17009	63 ^A	2580 ^A	81 ^A	2918 ^B	4,0 ^C	42 ^A	18	7
CIAT17462	56 ^B	2183 ^A	82 ^A	2714 ^B	4,1 ^B	39 ^B	12	4
CIAT19038	46 ^B	1940 ^B	70 ^B	2480 ^B	3,4 ^D	31 ^E	7	2
CIAT21012	42 ^B	1869 ^B	59 ^B	2054 ^B	3,4 ^D	31 ^E	7	3
CIAT7648	56 ^B	2148 ^A	79 ^{AB}	2897 ^B	3,9 ^C	35 ^D	10	2
CIAT7969	55 ^B	2159 ^A	82 ^A	2660 ^B	4,2 ^A	37 ^C	11	3
CIAT7971	61 ^A	2480 ^A	82 ^A	2553 ^B	4,1 ^B	39 ^B	18	7
CIAT905	63 ^{AB}	2342 ^A	86 ^A	3317 ^A	4,2 ^A	38 ^B	14	6

Datos con diferente letra en la columna son diferentes significativamente (P<0,05)

En los cinco ambientes las ocho accesiones evaluadas presentaron diferencias estadísticas (P<0,05) Tabla 2,6 para todas las variables evaluadas; las accesiones CIAT 905 y CIAT 17009, se destacaron por su producción tanto en época seca como húmeda, se buena cobertura y producción de semillas. En la fase experimental, *Canavalia brasiliensis* no mostro ataques de plagas ni enfermedades que se puedan considerar de importancia para el cultivo, por el contrario se aprecia en todas las accesiones su resistencia a las enfermedades y la tolerancia al ataque de comedores de hoja que fueron las plagas observadas.

Los resultados de la evaluación de *Canavalia* en el valle del Patía se presentaron en el IX Congreso internacional de pastizales, realizado en rosario argentina. 2011 (Anexo B), de igual manera, se presentó otra faceta de la *Canavalia brasiliensis* en el IV congreso latinoamericano de agroecología, SOCLA, Llima, Perú. 2013 (Anexo C).

2.3 DISCUSIÓN

La introducción de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* como especies forrajeras promisorias para el departamento del Cauca, y su potencial como forraje o grano en alimentación de animales monogástricos no herbívoros no tiene precedentes en la región, las dos especies forrajeras se destacaron entre un abanico de opciones por su respuesta adaptativa reflejada en el vigor de establecimiento, producción de materia seca, tolerancia a plagas y enfermedades, capacidad de cobertura y tolerancia a la época seca, así como también su comportamiento relativamente estable en ambientes y condiciones

edafoclimáticas diferentes, con resultados de investigación obtenidos desde los 600 hasta los 1700 m.s.n.m.

Se destacó la participación de los productores de la región que con el conocimiento tradicional y la claridad en lo que “ellos desean” de una planta forrajera, ofrecieron información valiosa que mediante las metodologías de evaluación participativa propuestas por Hernández, (2007) y aplicadas por el mismo autor, condujeron a determinar los criterios más relevantes para la posible adopción de una tecnología forrajera en la región del Valle del Patía (Municipios de Mercaderes y Patía), Se pudo determinar que las propiedades mejor aceptadas por los productores para *C. brasiliensis*, fueron su “capacidad de cubrir el suelo”, la “tolerancia a la sequía”, el “color verde” de sus hojas y la retención de estas en la época seca.

Tanto para *Canavalia brasiliensis* como para *Vigna unguiculata*, en las evaluaciones participativas, los productores coincidieron en una muy probable alta palatabilidad, presumida por el efecto sensorial que daban las plantas al ser manipuladas por ellos, lo que en realidad se corroboró cuando se introdujeron animales a los sitios de ensayo una vez se terminó la fase de evaluación agronómica, siendo Caupí y *Canavalia* consumidas con avidez por los rumiantes. Dado el ciclo corto de *V. unguiculata*, no se pudo estimar una mejor valoración con los productores ya que cuando estaban aptas para cosecha las demás especies aun no, eso demuestra por qué los productores centraron más su atención en *Canavalia* considerándola una de las especies con mayor potencial para la zona.

Canavalia brasiliensis cuando fue comparada con al menos 10 especies más, se destacó por su respuesta superior tanto en clima cálido como medio (1700 m.s.n.m.), se diferenció estadísticamente ($P < 0,05$) en todos los sitios, logrando producción de forraje verde en materia seca entre 2,45 y 5,33 ton/MS/ha./corte, que al extrapolar y considerando 6 cortes o pastoreos al año, indica una producción de 14,7 a 32 ton/MS/ha/año, encontrándose la mejor producción en un suelo franco arcilloso, ubicado a 1288 m.s.n.m., no obstante es una especie que se adapta bien a suelos pobres y ácidos (4,3 a 8,0) (Peters et al., 2011) lo que se pudo corroborar en campo ya que los suelos en donde se adelantaron todos los ensayos se caracterizaron por su bajo pH, y escasas de nutrientes. Igualmente se adapta bien en climas cálidos (Schlecht et al., 1995), aunque es considerable que *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009 haya alcanzado una producción de 5 ton/MS/ha/corte con ocho semanas de rebrote a una altitud de 1700 m.s.n.m. no se conocen reportes de producción en altura, lo que puede considerarse como una necesidad de ampliación de investigación para determinar con mejor precisión el comportamiento de esta especie en clima medio.

Igualmente Caupí se expresó bien bajo esas condiciones tanto en producción de forraje llegando a producir entre 0,32 y 0,70 ton/MS/ha/ciclo, lo que al considerar tres ciclos por año representa 0,96 a 2,1 ton/MS/ha/año. Esta producción es baja si se toma en cuenta la de 3 y 8 t de MS/ha/ en los primeros 4 meses reportada por Peters et al., (2011) y Sánchez, (2006. Dada su excelente calidad nutricional (Peters et al., 2011), se puede

considerar una fuente barata de proteína tanto para rumiantes como para monogástricos herbívoros y no herbívoros. Condiciones que podrían ser determinantes para una probable adopción por parte de los productores y en especial por aquellos que tienen mayores limitaciones de capital en la compra de insumos para alimentación animal como lo son una extensa cantidad de productores del Departamento del Cauca.

Respecto a las pruebas multilocacionales de nueve accesiones de *Canavalia brasiliensis*, las accesiones de mejor comportamiento agronómico de acuerdo a las variables evaluadas y a la conducta durante todo el proceso de evaluación fueron las accesiones CIAT 7971, 17009 y 905, tanto en lluvias como en la época seca, aunque se considera esta una especie bianual (Peters et al., 2011), en la región se ha caracterizado por perdurar más de dos años (en algunos casos hasta cinco años), y por generar nuevas plantas a partir de sus semillas de una manera espontánea, estas características son de importancia ya que en esa zona es determinante para la adopción tecnológica el hecho que la planta se reproduzca fácilmente. De alguna manera, los anteriores aspectos aseguran la permanencia de esas especies y por ende se puede avanzar en la investigación de su uso y manejo, así como los efectos en producción animal.

La producción de grano en *Vigna unguiculata* es determinante para asegurar las posibilidades de inclusión de este como fuente de proteína en dietas para monogástricos, se alcanzaron producciones entre 0,5 y 0,8 toneladas de frijol Caupí por hectárea en un ciclo de 120 días, lo que corresponde a valores más bajos que los reportados por Peters et al., (2011) quienes afirman que produce de 0,5 a 3 toneladas de semilla/ha/ciclo, con la producción alcanzada en la región, se podría lograr 1,5 a 2,4 ton/semilla/ha./año. Se puede afirmar que la respuesta de las accesiones al ambiente fue favorable. González y Mendoza (1999), refieren que las condiciones climáticas prevalecientes durante el proceso de floración y fructificación definen los volúmenes de producción (rendimiento) de semillas.

En Colombia, la producción de soya es de 2,1 ton/ha/Ciclo, es decir 4.2 ton/ha/año. (DANE, 2011), esta solo alcanza a cubrir el 10% de la demanda nacional por ser un cultivo en crisis que ha disminuido notablemente en los últimos años (Valencia et al., SF). La tendencia de las importaciones es a aumentar, entre Estados Unidos y Argentina aportan el 87% de las importaciones de soya, y con la vigencia del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y el acuerdo de complementación económica con MERCOSUR se han reducido los costos de importación considerablemente lo que desestimula la producción nacional (FENALCE, 2014); frente a este panorama, la producción de Caupí para consumo local podría ser una alternativa viable dada su adaptación y poca exigencia de insumos que garantiza un bajo costo de producción frente al soya así la producción de grano de Caupí en el Cauca se inferior a la de la soya en Colombia.

2.4 CONCLUSIONES

Las accesiones de *Canavalia brasiliensis* evaluadas manifestaron buena adaptación a diferentes condiciones ambientales, son persistentes en las condiciones edafoclimáticas cambiantes a las que estaban sometidas durante la investigación, Las accesiones de mejor comportamiento agronómico de acuerdo a las variables evaluadas fueron las accesiones CIAT 7971, 17009 y 905.

En cuanto a los materiales promisorios respecto a las variables que determinan producción (vigor, altura, porcentaje de materia seca y producción en gramos de MS/m²) para cada ambiente, se determinó que las mejores accesiones son: para El Porvenir la CIAT 905, 7971 Y 17009, para La Cocha las accesiones CIAT 17009, 17462 y 905; para El Limonar CIAT 7971, 21012 y 17009; para Versalles CIAT 905, 17009 Y 7648 y para El Punto De La I, la accesión 7971, siendo la 17009 la que aparece en la mayor parte de las localidades como la de mejor desempeño productivo, esta accesión también se comportó bien en los otros municipios donde se estableció, incluso en Popayán donde la altura le es adversa (1700 m.s.n.m.). De igual manera Los ambientes El Porvenir, La Cocha y El Limonar, son sitios que se sugieren para producción de semilla. Se consideró que La Cocha, El Limonar y Versalles, son sitios propicios para adelantar cultivos por su desempeño en cuanto a cobertura, producción y posibles aportes de materia orgánica al suelo.

La producción de grano de Caupí en la región aunque no parece significativa si podría ser una alternativa de obtención de fuentes proteicas a bajo costo en la suplementación de dietas para animales monogástricos en sistemas integrados de producción campesina y en zonas de minifundio donde la mano de obra familiar es fundamental en el sustento económico de las comunidades, indirectamente el cultivo de *Vigna unguiculata* es una estrategia de mejoramiento de suelos en el mediano plazo por su posibilidad de fijar nitrógeno al suelo y aportar materia orgánica de calidad al mismo.

CAPITULO 3

EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* en pollos de engorde

Para determinar la digestibilidad “*in vivo*” del grano y forraje de *V. unguiculata* y del forraje de *C. brasiliensis* en pollos de engorde de 28 a 42 días de edad, se realizaron tres ensayos en donde se evaluó la digestibilidad aparente *in vivo* de los granos de Caupí (*Vigna unguiculata*) y de los forrajes de Caupí y Canavalia (*Canavalia brasiliensis*), este proceso fue el primer paso en la determinación del potencial de estas dos especies forrajeras en alimentación de monogástricos no herbívoros y para la planificación de los ensayos siguientes en torno a su inclusión como materia prima en las dietas como fuentes de proteína que sustituyan parcialmente la Torta de soya y la proteína aportada por ella en las dietas convencionales.

3.1 METODOLOGIA

El estudio con las aves se llevó a cabo 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 continuación se presentan los datos meteorológicos del sitio de localización del proyecto según Vivas y Morales (2005).

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

Los análisis químicos de materias primas, alimentos preparados y heces, se realizaron en el Laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Se utilizó un galpón 36 m² en donde se ubicaron 18 jaulas metabólicas de 1.25 m de largo por 0.80 m de ancho y 0.50 m de altura, a una distancia de 0.60 m del suelo, con capacidad para 10 pollos. Cada jaula tuvo un comedero de canal, dos bebederos automáticos de copa y una bandeja en lámina para la recolección de heces. La calefacción fue mediante uso de criadoras a gas y lámparas de luz infrarroja de 250w, distribuidas uniformemente sobre las jaulas metabólicas.

Para el desarrollo de la investigación, fueron necesarios los siguientes materiales y equipos:

- Balanza de reloj con capacidad de 200 Kg (El Cóndor clase III, Balanzas cóndor, Santiago de Chile)
- Gramera con capacidad de 6000 g (Scout – Pro, OHAUS, NJ, USA)
- Espátula
- Bolsas plásticas con capacidad de 1 K.
- Canecas plásticas capacidad 208 L.
- Baldes plásticos capacidad de 12 L.
- Bandejas de lámina.
- Termómetro ambiental de máximas y mínimas
- Nevera con enfriamiento de – 9 °C.

Para el estudio fueron necesarios 420 pollos machos de la línea Ross 308, criados de 21 días de edad con un peso aproximado de 640 g. Las aves tuvieron un periodo de acostumbramiento al ambiente durante 8 días, de los cuales 5 correspondieron también al acostumbramiento a las dietas experimentales. La etapa de evaluación se realizó en un periodo de 10 días. En este tiempo se obtuvieron los datos y muestras para los respectivos análisis químicos. Las dietas experimentales y las heces colectadas fueron sometidas a los análisis de composición proximal (MS, PC, CEN, EE, FC, ENN y cenizas) de acuerdo con AOAC (1990a, 1990b) y la determinación de FDN según Van Soest (1994).

Durante la investigación se llevó a cabo el pesaje semanal de las aves en ayunas (día 21, 28, 35 y 42), pesaje diario del alimento consumido y rechazado, así como de las heces producidas diariamente mediante recolección dos veces al día, 8 a.m. y 3 p.m., previa limpieza de residuos de plumas y demás contaminantes posibles en la jaula. Se identificaron y conservaron en frío a - 9 °C en bolsas herméticas. La muestra de excretas fue de 500 g de peso, obtenido de las 10 submuestras recolectadas (una submuestra por día de trabajo experimental) para cada tratamiento. Adicionalmente se pesó el volumen total de excretas cada día durante la evaluación.

3.1.5 Diseño experimental

Cada uno de los ensayos se hizo bajo un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos para el ensayo uno, y dos para cada uno de los ensayos dos y tres, se contó con seis repeticiones de 10 pollos cada una, para un total de 18 unidades experimentales para el ensayo uno y 12 para los ensayos dos y tres respectivamente.

El análisis estadístico se realizó por Análisis de varianza y prueba de promedios Duncan. Se utilizó el programa SAS v 9.0 (SAS Institute, Cary, NC, USA; SAS, 1999)

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Dónde: Y_{ij} = Respuesta de la j-ésima repetición sometida al i-ésimo tratamiento. μ = Media general; T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento y E_{ij} = Error experimental de la j réplica sometida a la i-ésimo tratamiento

3.1.6 Plan de alimentación

Se realizó de acuerdo a la etapa productiva de finalización, pues esta etapa va desde la tercera semana hasta la sexta (día 21 al 42). El alimento se suministró en tres raciones; a las 6:30 am; 12 m y a las 4:00 pm. El tratamiento utilizado como dieta control en los tres ensayos se presenta en la tabla 3.1.

Todas las dietas utilizadas en la investigación se balancearon y prepararon con las materias primas adquiridas en la zona.

Para calcular la inclusión de cada una de las materias primas en evaluación, se tuvo en cuenta el reemplazo del 30% del total de la dieta por Grano de Caupí y el 20% para el caso de los forrajes de Caupí y Canavalia.

La composición calculada para cada una de las dietas aparece en la tabla 3.1

3.1.7 Ensayo No 1

Evaluación de la digestibilidad del grano de Caupí (*Vigna unguiculata*) crudo y cocido para pollos en etapa de finalización

Tratamientos:

T0 CONTROL: Dieta Base de finalización formulada (No comercial, tabla 3.1)

T1 VCr: Dieta base 70%, + frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) grano crudo 30%

T2 VCo: Dieta base 70%, + frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) grano cocido 30%

Tabla 3.1 Dieta utilizadas para todos los ensayos y Composición Nutricional Calculada*

materia prima	T1	T2	T3	T4	T5
Harina de pescado	5,1	3,6	3,6	4,0	4,0
Torta de soya	22,3	15,6	15,6	17,9	17,9
Grano de Caupí crudo	0,0	29,8	0,0	0,0	0,0
Grano de Caupí cocido	0,0	0,0	29,8	0,0	0,0
Forraje de Caupí	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0
Forraje de Canavalia	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2
Maíz	65,8	45,8	45,8	52,5	52,5
Biofos	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
L – lisina	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
DL – Metionina	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Aceite de palma	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Carbonato de calcio	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Premezcla vitaminas y minerales	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Sal común	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Bentonita	1,9	1,3	1,3	1,3	1,3
Total	100	100	100	100	100
Composición nutricional calculada					
Proteína Cruda %	19,09	19,48	19,48	18,70	18,70
Fibra cruda %	2,88	9,81	9,81	7,01	7,01
Extracto etéreo %	3,08	2,60	2,60	2,46	2,46
Calcio %	0,87	0,64	0,64	0,70	0,70
Fosforo disponible %	0,44	0,44	0,44	0,35	0,35
Sodio %	0,22	0,15	0,15	0,18	0,18
Arginina %	1,26	0,88	0,88	1,01	1,01
Lisina %	1,07	1,21	1,21	1,02	0,99
Metionina %	0,44	0,55	0,55	0,35	0,40
Metionina + Cistina %	0,72	0,51	0,51	0,70	0,67
Treonina %	0,70	0,74	0,74	0,72	0,68
Triptófano %	0,21	0,14	0,14	0,17	0,14
Ceniza %	3,55	3,63	3,63	2,48	2,90
Energía Metabolizable Mcal/Kg	3,25	2,95	2,95	3,30	3,28
Materia seca %	93,10	92,90	92,90	93,20	92,90

*Calculada con base en COBB, 2008

El Caupí (*Vigna unguiculata*) utilizado para el desarrollo del trabajo fue suministrado por el programa de Forrajes Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira. La accesión de Caupí que se utilizó fue CIAT 4555. La harina del grano cocido fue obtenida mediante ebullición del mismo a 100° C durante 5 minutos en porciones de 15 a 20 kg en un costal de fique, metodología aplicada tomando las recomendaciones de Aguirre (2009) quién encontró que este proceso para Caupí al ser comparado con grano crudo; con autoclave y con una cocción 20 minutos fue el mejor

tratamiento para eliminar posibles metabolitos secundarios. Posteriormente secaron al sol hasta obtener una humedad de 8.7%. Los granos se molieron a un tamaño de tamiz de 3 mm, y fueron finalmente identificados y almacenados a temperatura ambiente. El sistema de cocción fue similar al reportado por Chacam et al., 2010, quienes hicieron cocción de granos de Caupí por tres minutos a una temperatura de 115°C.

3.1.8 Ensayo No 2

Evaluación de la digestibilidad de la harina de forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*) en la etapa de finalización de pollos de engorde

Tratamientos:

T0 CONTROL: Dieta Base de finalización formulada (No comercial, tabla 3.1)

T1 VF: Dieta base 80%, harina de forraje de Caupí (*Vigna unguiculata*) 20%

La accesión de Caupí utilizada como forraje fue CIAT 4555, la cual se cosechó después de ocho semanas de rebrote. Para la obtención del forraje molido de Caupí (*Vigna unguiculata*), se secó al sol durante tres a cuatro días, hasta obtener una humedad <10%. Después se pasó por molino de matillos a un tamaño de tamiz de 3 mm, finalmente identificado y almacenado a temperatura ambiente.

2.1.9 Ensayo No 3

Evaluación de la digestibilidad del forraje de *Canavalia brasiliensis* para pollos en etapa de finalización

Tratamientos:

T0 CONTROL: Dieta Base de finalización formulada (no comercial, tabla 3.1)

T1 CF: Dieta base 80%, harina de forraje de Canavalia (*Canavalia brasiliensis*) 20%

La *Canavalia brasiliensis* utilizada fue a la accesión CIAT 1709, igualmente fue aportada por el programa de forrajes del CIAT y se obtuvo bajo el mismo modelo tecnológico que la harina de forraje de Caupí.

En resumen, los tratamientos experimentales de los tres ensayos y su composición nutricional se presentan en las Tablas 3. 1, 3. 2 y 3. 3.

Tabla 3.2 Tratamientos experimentales de los ensayos de digestibilidad *in vivo*

Materia Prima	T1	T2	T3	T4	T5
Dieta Control %	100	70	70	80	80
Grano de Caupí crudo %		30			
Grano de Caupí cocido %			30		
Forraje de Caupí %				20	
Forraje de Canavalia %					20

Fuente: Burbano y Gutiérrez 2011; Franco y Jurado 2011; Sotelo y Vivas 2011

Tabla 3.3 Composición nutricional de las dietas en los tratamientos para las pruebas de digestibilidad (Análisis de Wendee)

Nutriente	Ensayo 1			Ensayo 2		Ensayo 3	
	T1 Control	T2 G. Caupí crudo	T3 G. Caupí cocido	T1 Control	T2 forraje Caupí	T1 Control	T2 forraje canavalia
MS %	89,2	89,1	89,7	91,3	89,1	92,2	92,6
PC %	21,2	22,3	23,6	21,4	20,0	17,3	18,6
EE %	4,5	3,7	4,1	6,7	13,0	8,1	6,1
FC %	2,6	2,9	5,0	4,8	7,6	3,4	5,6
Cenizas %	7,5	6,0	6,3	8,3	9,2	7,7	8,5
ENN %	64,2	65,1	61,0	58,7	50,1	63,6	61,2
EM %	2888	2530	2483	2822	2343	2187	2174

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo, FC= Fibra Cruda y ENN= Extracto libre de nitrógeno (ENN= 100 - PC% - EE% - FC% - Cenizas%)

Fuente: Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2011; Burbano y Gutiérrez 2011; Franco y Jurado 2011; Sotelo y Vivas 2011

3.1.11 Variables evaluadas

Digestibilidad total aparente de la Materia Seca

Proteína cruda metabolizada (Gómez y López, 2014)

Digestibilidad de la energía

Digestibilidad del extracto etéreo

Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno

3.1.12 Cálculos específicos para las variables digestibilidad

Se calculó el coeficiente de digestibilidad fecal aparente de la MS y de los principios nutritivos, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad aparente fecal del nitrógeno: } \frac{N_i - N_f}{N_i} \times 100$$

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

Para determinar la digestibilidad aparente de los granos y forrajes utilizados se calculó mediante la siguiente ecuación:

Digestibilidad de mezcla: se obtuvo mediante la aplicación de las siguientes formulas:

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

$$Dme = (DM - (DDC * \%I)) / \%I$$

Dónde: DM: digestibilidad de la mezcla; Dme: digestibilidad del material experimental; %I: porcentaje de inclusión y DDC: digestibilidad de la dieta control

3.2 RESULTADOS

Al realizar las pruebas de digestibilidad de la materia seca para los materiales en evaluación, se encontraron los siguientes resultados:

Grano de <i>Vigna unguiculata</i> crudo	66,9%
Grano de <i>Vigna unguiculata</i> cocido	73,7%
Forraje de <i>Vigna unguiculata</i>	33,3%
Forraje de <i>Canavalia brasiliensis</i>	39,3%

No se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para la digestibilidad del grano de Caupí entre crudo y cocido, con valores de 66.95 % y 72.78 % de digestibilidad de la materia seca respectivamente. En TOPENTAG 2011, que se realizó en Bonn, Alemania, se presentó el poster “*In vivo* digestibility of *Vigna unguiculata* grain meal in broilers” (Anexo D).

Respecto al forraje, se encontró mayor digestibilidad de la materia seca de *Canavalia brasiliensis*; 6 puntos porcentuales más que en el forraje de *Vigna unguiculata*.

3.2.3 Digestibilidad de los componentes de la dieta en pruebas de digestibilidad

De igual manera se determinó la digestibilidad para las dietas completas cuando contenían los materiales forrajeros que se evaluaron, con la finalidad de determinar posibles efectos del grano o forrajes evaluados en la digestibilidad fecal aparente de los principios nutritivos del alimento (Tablas 3.4; 3.5 y 3.6)

Tabla 3. 4 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 1

Nutriente	T0 Control	T1 Grano Caupí crudo	T2 Grano Caupí cocido
MS	78,3 ^A	74,9 ^B	76,7 ^{AB}
PC*	70,7 ^A	65,2 ^B	70,2 ^A
EM	84,2 ^A	80,5 ^B	82,9 ^A
EE	80,9 ^A	76,7 ^A	76,1 ^A
FC	48,1 ^B	31,9 ^C	32,5 ^A
ENN	87,3 ^A	84,6 ^B	84,5 ^B

Datos con diferente letra en línea por ensayo son diferentes significativamente (P<0,05)

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo,

FC= Fibra Cruda, ENN= extracto libre de nitrógeno (ENN= 100 - PC% - EE% - FC% - Cenizas%), CEN= cenizas

*la PC es Proteína cruda metabolizada

Fuente: Burbano y Gutiérrez

Se presentaron diferencias estadísticas (P<0,05) entre los tratamientos, como se puede observar en la tabla 3.4, el tratamiento control mostró los mejores parámetros para todos los nutrientes, no obstante de ser similar estadísticamente (P<0,05) con el tratamiento que incluyó Grano cocido de Caupí. Las dietas con grano de Caupí cocido fueron mas digeribles que las del caupí crudo en todos los nutrientes excepto el extracto etéreo que fue sensiblemente superior.

Tabla 3. 5 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 2

Nutriente	T1	T2
	Control	forraje Caupí
MS	72,5 ^A	64,6 ^B
PC	62,3 ^A	57,2 ^A
EM	80,9 ^A	69,5 ^B
EE	73,2 ^A	84,5 ^B
FC	71,9 ^A	43,8 ^B
ENN	74,9 ^A	66,4 ^A

Datos con diferente letra en línea por ensayo son diferentes significativamente (P<0,05)

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo,

FC= Fibra Cruda, ENN= extracto libre de nitrógeno (ENN= 100 - PC% - EE% - FC% - Cenizas%), CEN= cenizas

*la PC es Proteína cruda metabolizada

Fuente: Franco y Jurado, 2011

En la tabla 3,5 se muestra superioridad en la digestibilidad de todos los nutrientes a excepción del extracto etéreo de la dieta control frente a la que tenía un 20% de sustitución por harina de forraje de Caupí. Las dietas evaluadas fueron estadísticamente diferentes ($P < 0,05$). Igual situación se encontró cuando se sustituyó un 20% de la dieta control por forraje de Canavalia para todos los nutrientes, excepto para la energía metabolizada (Tabla 3.6).

Tabla 3. 6 Digestibilidad de los componentes de las dietas experimentales - Ensayo 3

	T0 Control	T1 forraje canavalia
MS	61,9 A	57,4 B
PC	40,5 A	52,5 B
EM	68,5 A	62,1 A
EE	88,6 A	66,6 B
FC	35,8 A	7,2 B
ENN	73,5 A	67,6 B

Datos con diferente letra en línea por ensayo son diferentes significativamente ($P < 0,05$)

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo,

FC= Fibra Cruda, ENN= extracto libre de nitrógeno ($ENN = 100 - PC\% - EE\% - FC\% - Cenizas\%$), CEN= cenizas

*la PC es Proteína cruda metabolizada

Fuente: Sotelo y Vivas, 2011

Es importante aclarar que cada ensayo contemplo una dieta testigo que aunque corresponde a la misma formulación, características no identificadas de las materias primas adquiridas cada vez o aspectos propios de la dinámica de la preparación de los alimentos conllevaron a diferencias en su composición. Para cada ensayo se adquirieron las materias primas a diferentes tiempos y proveedores, lo que sin duda conllevó a tener diferentes calidades de las mismas y por ende de las dietas, lo que podría afectar los resultados, para minimizar esta variación, cada prueba conto con una dieta control con el mismo lote de materias primas y fue analizada independientemente.

Como se puede apreciar en la tabla 3.4, respecto a las pruebas con grano de caupí (ensayo uno), la digestibilidad de la materia seca del alimento ($P < 0.05$) mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P < 0.05$). Se encontró que entre T0 (control) y T1 (crudo) existen diferencias significativas, mientras que entre T0 y T2 no, al igual que para T1 comparado con T2, de igual manera se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para la digestibilidad de la proteína. Los tratamientos Control y grano de Caupí cocido fueron estadísticamente similares con 70.68 % y 70.18 %, respectivamente, el tratamiento con grano de Caupí crudo que presentó el menor porcentaje de digestibilidad.

Así mismo, para la utilización de la energía por los animales, se aprecian diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Los tratamientos T0y T2 son similares, pero existen diferencias significativas de estos respecto al tratamiento T1, el cual obtuvo la menor digestibilidad. para la digestibilidad de la fibra cruda indicó diferencias significativas

entre los tratamientos; el T2 (cocido) fue el de mayor degradabilidad de la fibra, seguido por T0 (control) y T1 (crudo).

En las dietas que permitieron la evaluación del grano de caupí también se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para el Extracto no nitrogenado – ENN; T0 (control) presentó el mayor valor de digestibilidad, comportándose diferente a T1 (crudo) y T2 (cocido), quienes a su vez mostraron ser similares estadísticamente entre sí.

Respecto a las dietas en las que se evaluó el forraje de caupí (Tabla 3.5), Al realizar análisis de varianza para la digestibilidad de los componentes de la dieta, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos para las variables proteína y extracto no nitrogenado, mientras que si existen diferencias para las variables materia seca, utilización de la energía metabolizable, extracto etéreo y fibra cruda el tratamiento testigo observó el mejor comportamiento para las variables en las que se presentaron diferencias estadísticas.

En el ensayo en donde se incluyó 20% de forraje de *Canavalia brasiliensis*, se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre T_0 y T_1 en la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto no nitrogenado, mas no existieron dichas diferencias para el aprovechamiento de la energía metabolizable. Se destaca la mejora en la digestibilidad de la proteína cuando se adiciono forraje de Canavalia a la dieta y la disminución de alrededor de 28 puntos porcentuales en la digestibilidad de la fibra cruda cuando había Canavalia en la misma.

3.3 DISCUSIÓN

Al encontrar una digestibilidad fecal de la MS de los granos de Caupí crudo y cocido de 66,9 y 73,6% respectivamente, se podría pensar que se tiene una materia prima que dadas sus variadas cualidades como: composición nutricional, su aceptable aporte de proteína, la adaptación agronómica a suelos pobres y diversidad de condiciones agroclimáticas (Peters et al., 2013), sumado a las posibilidades multipropósito de *V. unguiculata* (alimentación humana y animal, abonos verdes, fijación de nutrientes y recuperación de suelos) entre otras; cualidades que convierten a esta especie en un objetivo de trabajo en procesos de desarrollo de la producción agropecuaria en el trópico.

Según Belmar (1998), el grano de Caupí alcanza entre un 55-65% de digestibilidad valor que se encuentra por debajo de los obtenidos en la presente investigación. Hay similitud estadística ($P < 0,05$) entre la dieta control y la que contiene Caupí cocido en buena parte de sus nutrientes, no así con las de Caupí crudo, se sugiere una menor digestibilidad de la proteína en el crudo, lo que puede explicarse pero la presencia de metabolitos secundarios que aunque en baja proporción (Heinritz et al., 2012; Maia et al., 2000; Carvajal, 2010), si pueden alterar la digestibilidad de la proteína de la dieta,

Estudios reportados por León, et, al 1993, confirman los niveles bajos de inhibidores de tripsina en Caupí en comparación con la torta de soya.

Otro aspecto importante a resaltar es el mejor resultado encontrado en la digestibilidad de la materia seca del grano de Caupí por el proceso de cocción, esta mejora nutricional se le atribuye a procesos físicos y químicos que se suceden al aplicar calor a materias primas ricas en carbohidratos; en primer lugar, se sucede gelatinización de los carbohidratos no estructurales (almidones) mejorando su digestibilidad, se logra mejor digestión de la fibra dietética y dada la posibilidad que los granos de leguminosas contienen diferentes proporciones de metabolitos secundarios que afectan el aprovechamiento de los alimentos en el tracto gastrointestinal (Scull y Savon, 2003; Savon, 2006), el calor de cocción logra inactivar este tipo de grupos químicos, facilitando la digestión de los granos. Esto explica la sensible variación en la digestibilidad de la materia seca que aunque no sea diferente estadísticamente ($p < 0,05$) si es significativa en términos de aprovechamiento de los alimentos.

Al contrastar la digestibilidad *in vivo* de la MS del forraje de Caupí obtenida en pollos de engorde, con los reportes de investigaciones en otros monogástricos (conejos y cerdos), se puede validar su similaridad con los resultados obtenidos para Vigna y otros forrajes. Carvajal (2010) afirma que “la baja digestibilidad de materia seca de *Vigna unguiculata* se debe a su baja digestibilidad de la fibra. Al parecer Caupí tiene la proteína muy ligada a su fibra, lo que dificulta el ataque de enzimas, principalmente de proteasas (Dihigo et al., 2002 citado por Dihigo et al., 2004) o a la presencia de otras sustancias que interfieren en la digestibilidad de nutrientes, como son los compuestos fenólicos (Delgado et al; 1998 citado por Dihigo et al., 2004)”; el concepto de proteína ligada a la fibra también es manifestado por Heinritz et al. (2012), quienes encontraron que *Vigna unguiculata* posee 24,3% de proteína cruda y un 5,8% de proteína está ligada a la fibra.

Tomando como referencia los conceptos de digestibilidad *in vitro* del forraje de *V. unguiculata* para aves que reportan Martínez et al., (2003), quienes afirman que a las 12 y 24 horas, la digestibilidad de la materia seca fue 17,4 y 26,3% y su manifestación de validar mediante métodos *in vivo*; los resultados del presente estudio presentan una visión mucho más alentadora para el uso de Caupí en alimentación de aves, en razón a la mayor digestibilidad encontrada.

Respecto a la digestibilidad de la materia seca del forraje de *V. unguiculata* (33 %) y de *C. brasiliensis* (39,3 %), y aunque la diferencia entre ellos es de 6,3 puntos porcentuales son similares estadísticamente ($P < 0,05$); dado que el pollo puede considerarse un animal omnívoro y no estrictamente granívoro en razón a que en su estado libre la dieta se compone de fuentes de origen animal (Insectos y pequeños crustáceos), granos (semillas) y forrajes, los dos forrajes evaluados en este trabajo pueden llegar a ser importante fuente de proteína en pequeños sistemas de producción avícola y eventualmente aportarían valor agregado a la carne y/o huevos por su aporte de carotenos que brindan pigmentación a piel y yema de los huevos.

Los alimentos ricos en fibra (12,1 y 13,9 % de fibra cruda para forraje de Caupí y Canavalia respectivamente), por transferir volumen a las dietas pueden llenar el sistema digestivo del ave sin proporcionar los nutrientes necesarios en suficientes concentraciones, ya que el nivel de fibra se asocia con un descenso significativo de la digestibilidad, confirmando su efecto directo sobre la digestión y absorción de los nutrientes, por tanto alimentos altos en fibra pueden contribuir a la baja digestibilidad de los componentes nutricionales, lo que sumado a la poca capacidad del pollo para digerir alimentos, invitan a estudiar con mayor detenimiento las estrategias de alimentación de aves con este tipo de dietas. 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 et al., 2007).

El uso de harina de grano y forraje de *Vigna unguiculata* así como forraje de *C. brasiliensis* podría ser una alternativa económicamente viable en la alimentación de pollos de engorde en la etapa de finalización, principalmente en la producción parcelaria, ya que disminuye el uso de insumos externos, sin afectar notablemente los parámetros productivos. Además de ser especies de forrajeras de fácil producción y transformación que pueden ser logradas en finca con el uso de mano de obra familiar (Vivas et al., 2011).

En relación con los resultados obtenidos de la digestibilidad de los nutrientes de las diferentes dietas y su relación con el tratamiento testigo que no incluyó en su formulación los materiales forrajeros y granos objeto de evaluación, cabe anotar que aunque la inclusión de leguminosas en forma cruda en dietas para monogástricos, afecta negativamente la digestibilidad de la materia seca, los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por Díaz et al.,(2012) para cuatro variedades de *Vigna*.

Cuando los granos de caupí fueron cocidos, mejoró la digestibilidad de los nutrientes en comparación con las dietas que contenía caupí crudo, la proteína se digirió un 5 % más y la energía metabolizada fue 2,4 % mayor cuando se cocinó el caupí, lo que se puede explicar gracias a un mejor aprovechamiento por el ave de los componentes energéticos de la dieta (Grasas, Proteínas y Carbohidratos no estructurales). El tratamiento térmico adecuado produce inactivación de los inhibidores de tripsina y lectinas (Maia et al., 2000), y se remueven nutrientes hidrosolubles y minerales de las legumbres, lo que puede explicar las diferencias de digestibilidad reportadas en este estudio. No obstante Díaz et al. (2001) afirman que los taninos que presentan los granos de *Vigna* no se encuentran unido a la proteína lo que facilita la digestión de los componentes de la dieta que contienen caupí.

En las dietas que contenían forraje de Caupí y Canavalia, se puede apreciar el efecto de los altos niveles de fibra cruda y de los probables metabolitos secundarios como los táninos (Scull, 2004), que a diferencia de los granos de Caupí, si se encuentran unidos a

la proteína, los cuales pudieron influir en la baja digestibilidad de los componentes de la dieta; no obstante la digestibilidad de la proteína en la dieta que contenía Canavalia se digirió mejor que en la dieta testigo, lo que puede considerarse positivo frente al reemplazo de proteína de la torta de soya por la que proviene de los forrajes en estudio.

No obstante el alto contenido de fibra de la dieta con harina de forrajes, son aceptables los valores de digestibilidad en los nutrientes de la dieta, lo que se puede explicar, debido que al aumentar la fibra cruda en la dieta, mejorando el aprovechamiento de las materias primas fibrosas, esta adaptación fisiológica es común en las llamadas “gallinas de patio” término que incluye también a los pollos de engorde en los sistemas de economía campesina, lo que les ha permitido a las aves aumentar su consumo de hojas y expresar parámetros productivos que sin ser competitivos con los sistemas intensivos de producción, son perfectamente viables económicamente y mejoran la sustentabilidad de los agroecosistemas rurales de gran parte de la población Colombiana.

Se considera que la inclusión de forraje de Caupí y Canavalia en la dieta de pollos de engorde en la etapa de finalización, por tratarse de forrajes ricos en vitaminas liposolubles y lípidos compuestos, donde se incluyen pigmentos, podrían otorgarle a la piel una coloración más vistosa, mejorando así las condiciones de mercadeo de su carne por un valor agregado de pigmentación, exigencia del consumidor que determina la preferencia en el momento de la compra.

Es importante resaltar que la técnica de digestibilidad aparente fecal o total, puede presentar limitaciones ya que no hay estimación de los nutrientes endógenos y de aquellos eliminados por la orina de una manera precisa, no obstante y en especial para la energía y la proteína del alimento, cuando se analizan las heces de la aves, se están estimando las pérdidas de nitrógeno y energía urinaria y entonces se podría afirmar que por este método se está determinando la proteína y energía metabolizadas por el animal. (Gómez y López, 2014)

3.4 CONCLUSIONES

Los coeficientes de digestibilidad del grano de Caupí crudo y cocido fueron similares estadísticamente ($P < 0,05$) con 66,95 y 73.68 %, respectivamente, no obstante, la diferencia de cerca de 6 puntos porcentuales que se presentó es determinante en el momento de tomar una decisión respecto al sistema a escoger. Se podría llegar a asegurar que es un coeficiente de digestibilidad bueno para una materia prima no convencional en alimentación animal y que se convierte en especie promisoría en sistemas integrados de producción rural base de la economía campesina en amplias regiones del trópico.

Cuando las dietas para pollos de engorde fueron preparadas con grano de Caupí como fuente proteica, se aprecia una disminución en la digestibilidad de los principios nutritivos de la dieta a excepción del extracto etéreo que no se vio afectado aparentemente por la presencia de grano de Caupí en la dieta. Siempre se apreció un mayor desempeño con la dieta en donde se cocinó el Caupí frente a aquellas en donde se ofreció crudo, lo que sugiere que el método de cocción favorece la digestibilidad del mismo.

Tanto para el forraje de *Vigna unguiculata* como para el de *Canavalia brasiliensis*, el coeficiente de digestibilidad aparente “*in vivo*” de la materia seca (33,27%, y 39,3%) podrían considerarse relativamente bajos, pero si se tiene en cuenta que fue obtenida en pollos de 28 a 42 días de edad que por no tener adaptaciones anatómicas ni fisiológicas para digerir la fibra y al ser estos dos forrajes altamente fibrosos, entonces se afirma que hay un proceso digestivo aceptable que permite su incorporación en la dieta en sistemas avícolas campesinos de bajo uso de insumos en alimentación por ser estas dos materias primas de amplias posibilidades de producción en finca.

CAPITULO 4

PRUEBAS DE DESEMPEÑO ZOOTECNICO

Una vez identificada la digestibilidad de los forrajes objeto de este trabajo de investigación, se diseñaron dietas con el ánimo de cumplir otro de los objetivos específicos propuesto, **“Definir niveles de inclusión de V. unguiculata y C. brasiliensis en dietas de finalización para pollos de engorde, que garanticen parámetros productivos comparables con la alimentación tradicional”**. Para ello se realizaron cuatro ensayos en donde se evaluaron niveles de inclusión en la dieta de pollos de finalización de los materiales en cuestión (Caupí grano crudo y cocido, Caupí forraje y Canavalia forraje) como sustitución de la torta de soya y su aporte proteico. Se buscó mediante el balance de las raciones, reemplazar con la proteína de estos forrajes, de manera parcial la proteína aportada por la torta de soya que es la fuente proteica comúnmente utilizada en alimentación aviar en Colombia y gran parte del mundo. Se evaluó la conversión alimenticia como parámetro determinante en la toma de decisiones para el manejo de dietas no convencionales.

4.1 METODOLOGIA

Para el estudio fueron necesarios 720 pollos machos de la línea Ross 308, criados de 21 días de edad con un peso aproximado de 640 g. Las aves tuvieron un periodo de acostumbramiento al ambiente durante 8 días, de los cuales 5 días correspondieron también al acostumbramiento a las dietas experimentales. Se trabajó bajo un diseño experimental completamente al azar, se llevaron a cabo cuatro ensayos con tres tratamientos por ensayo, se contó con seis repeticiones de 10 pollos cada una, para un total de 18 unidades experimentales(180 pollos por ensayo).

El manejo de los animales se hizo de igual manera que para los ensayos 1,2 y 3. A excepción de la recolección de excretas que no se hizo en esta parte de la investigación, los alimentos fueron preparados usando mezcladora horizontal, peletizados, secados y almacenados en recipientes herméticos. El alimento se suministró diariamente en tres momentos y el pesaje de control de los animales fue semanal. Toda la información de labores se registró en tablas de campo.

Se aplicó el plan sanitario recomendado (C OOB, 2008) y el manejo del agua se hizo con tanque de almacenamiento y bebederos de copa automáticos, los comederos eran de canal y hacían parte integral de la jaula.

4.1.1 Dietas

Los alimentos utilizados fueron preparados de acuerdo al balance para pollos de engorde la etapa de finalización (Rostango et al., 2011), en la tabla 4.1, se presenta la composición de las dietas utilizadas para los ensayos 4,5,6 y 7. Las materias primas fueron adquiridas en momentos diferentes y a distintos proveedores, lo que sin duda podría haber afectado la composición real de las dietas por tratarse de materias primas de distintos lotes y con manejos diferentes.

Tabla 4. 4 Composición de las dietas para las pruebas de crecimiento de los ensayos 4, 5, 6 y 7

Materia Prima	Control	Ensayo 4 y5		Ensayo 6		Ensayo 7	
	dieta 1	dieta 2	dieta 3	dieta 4	dieta 5	dieta 6	dieta 7
Harina de pescado	5,1	5,5	7,0	5,0	6,0	4,6	5,0
Torta de soya	22,3	15,8	9,0	18,9	15,6	15,3	11,9
Harina de grano caupi	0,0	18,4	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Forraje de Caupí	0,0	0,0	0,0	8,7	17,3	0,0	0,0
Forraje de Canavalia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	12,1
Maíz	66,0	51,6	40,4	63,1	56,3	69,2	65,3
Biofos	1,0	0,6	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0
L – lisina	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3
DL – Metionina	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Aceite de palma	1,0	4,4	7,6	1,0	1,0	1,1	1,0
Carbonato de calcio	1,1	1,2	1,2	0,3	0,9	1,0	1,0
Premezcla vit.y min.	1,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
Sal común	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bentonita	1,9	2,0	2,0	1,0	1,0	1,4	1,6
Total	100	100	100	100	100	100	100

Las materias primas utilizadas se consiguieron en el mercado de la región, fueron mezcladas y peletizadas en un solo lote cada vez que se comenzaba uno de los ensayos, buscando con ello homogeneidad de cada una de las dietas ofrecidas. A excepción de los granos y forrajes en evaluación, las materias primas utilizadas fueron las mismas en todas las dietas y corresponden a las presentadas en la tabla 4.1. En las tablas 4.2 y 4.3 se aprecia el análisis de Wende de las dietas evaluadas.

Tabla 4. 5 Composición nutricional de las dietas para las pruebas de crecimiento con grano de Caupí, ensayos 4 y 5

Nutriente	Ensayo 4			Ensayo 5		
	T0 Control	T1 Crudo 30%	T2 crudo 60%	T0 Control	T1 crudo 30%	T2 cocido 30%
MS %	88,3	91,2	89,4	92,6	87,5	88,2
PC %	19,3	17,9	17,7	19,2	18,7	18,9
EE %	4,9	3,7	3,9	3,7	5,2	5,1
FC %	4,3	5,1	5,0	5,8	4,5	4,2
Cenizas %	7,1	6,4	6,3	5,3	5,4	5,2
ENN	68,7	71,9	72,1	65,9	66,2	66,5
EM Kcal/Kg	2384	2347	2447	2455	2433	2482

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo y FC= Fibra Cruda, Fuente: Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2011

Tabla 4. 6 Composición nutricional de las dietas para las pruebas de crecimiento con forrajes, ensayos 6 y 7

Nutriente	Caupí forraje			Canavalia forraje		
	T0 Control	T1 15%	T2 30%	T0 Control	T1 15%	T2 30%
MS %	91,2	91,1	87,3	91,8	92,1	92,1
PC %	16,1	15,9	16,9	16,4	16,2	16,7
EE %	3,2	3,7	5,0	6,0	6,8	5,4
FC %	6,3	8,1	7,3	6,9	8,0	6,7
Cenizas %	7,3	7,0	7,4	6,9	7,3	7,3
ENN	67,1	65,2	63,4	63,9	61,7	63,9
EM Kcal/Kg	2327	2303	2413	2436	2496	2374

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EM= energía metabolizable, EE= extracto etéreo y FC= Fibra Cruda, Fuente: Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; Cerón y Lamilla, 2011; Dorado y Bravo, 2012.

4.1.2 Ensayo No. 4

Evaluación del reemplazo de la proteína de la torta de soya por la de Caupí grano en fase de finalización de pollos. Se utilizó el grano crudo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de digestibilidad. Los tratamientos fueron:

T0. Dieta control, dieta finalización formulada de acuerdo a los requerimientos para pollos de engorde de 28 a 42 días según las tablas brasileñas (Rostango et al.,2011).

T1. Dieta con un 30% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del grano de *V. unguiculata* crudo.

T2. Dieta con un 60% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del grano de *V. unguiculata* crudo.

4.1.3 Ensayo No. 5

Reemplazo del 30% de la proteína proveniente de la torta de soya por la que aporta el grano de Caupí crudo y cocido, esta prueba se llevó a cabo dados los resultados inexplicables del ensayo 4. Los tratamientos fueron:

T₀. Dieta control, dieta finalización formulada de acuerdo a los requerimientos para pollos de engorde de 28 a 42 días según las tablas brasileñas (Rostango et al., 2011).

T₁. Dieta con un 30% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del grano de *V. unguiculata* crudo.

T₂. Dieta con un 30% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del grano de *V. unguiculata* cocido.

4.1.4 Ensayo No. 6

Evaluación del reemplazo de la proteína de la torta de soya por la de forraje de Caupí en fase de finalización de pollos. Los tratamientos fueron:

T₀. Dieta control, dieta finalización formulada de acuerdo a los requerimientos para pollos de engorde de 28 a 42 días según las tablas brasileñas (Rostango et al., 2011).

T₁. Dieta con un 15% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del forraje de *V. unguiculata*.

T₂. Dieta con un 30% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del forraje de *V. unguiculata*.

4.1.5 Ensayo No. 7

Evaluación del reemplazo de la proteína de la torta de soya por la de forraje de *Canavalia brasiliensis* en fase de finalización de pollos. Los tratamientos fueron:

T₀. Dieta control, dieta finalización formulada de acuerdo a los requerimientos para pollos de engorde de 28 a 42 días según las tablas brasileñas.

T1. Dieta con un 15% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del forraje de *C. brasiliensis*.

T2. Dieta con un 30% de sustitución de la proteína de la torta de soya presente en la dieta control por proteína proveniente del forraje de *C. brasiliensis*.

Cada ensayo se planteó bajo un diseño completamente al azar, con tres tratamientos, seis replicaciones y 10 pollos por unidad experimental, para un total de 18 unidades experimentales y 180 pollos por ensayo; el manejo de los ensayos se hizo bajo la misma metodología de los primeros, excepto que para estos tres no se hacía la colecta y análisis de heces. La alimentación suministrada fue controlada según lo propuesto COBB (2008).

Se hizo análisis de varianza ($P>0,05$) para determinar la existencia de diferencias estadísticas y prueba de promedios de Duncan para identificar grupos similares.

4.1.6 Variables evaluadas en pruebas de desempeño productivo

Consumo total de alimento en la fase de finalización: se tomó como el consumo acumulado obtenido de la sumatoria de los consumos diarios en el periodo de finalización después de restar al alimento suministrado el rechazado diariamente.

Ganancia de peso = (peso día 42) – (peso día 28)

Conversión alimenticia (**CA**): se aplicó la siguiente formula:

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Ganancia de peso}}$$

4.2 RESULTADOS

Los ensayos donde se evaluaron diferentes niveles de inclusión de *V. unguiculata* (Grano y Forraje) y *C. brasiliensis* (Forraje) en dietas de finalización para pollos de engorde, se encaminaron a definir niveles óptimos de inclusión tanto de grano como forraje de los materiales evaluados, de igual manera, se evaluaron parámetros zootécnicos en los ensayos en los se reemplazó la dieta base con 30% de grano de Caupí crudo (Tabla 4.4) y el 20% con forraje de Caupí y Canavalia (Tabla 4.5). En la tabla 4.4 se observan los resultados zootécnicos obtenidos al reemplazar la dieta base por un 30% de Caupí crudo y cocido.

Tabla 4. 7 Parámetros zootécnicos Reemplazando la dieta control en 30% por Grano de caupí crudo y cocido (Ensayo 1)

	T0 Control	T1 caupí crudo 30%	T2 caupí cocido 30%
CFIN	1895 ^{A*}	1899 ^A	1897 ^A
GPFIN	842 ^A	736 ^B	797 ^{AB}
CA	2,27 ^A	2,59 ^B	2,40 ^{AB}

CFIN= consumo fase de finalización; GPFIN= ganancia de peso finalización; CA = Conversión alimenticia

Fuente: Burbano y Gutiérrez, 2011

* Letras iguales en las filas de cada ensayo indican similaridad estadísticas y letras diferentes expresan diferencias estadísticas

4.2.1 Consumo de alimento

El análisis de los parámetros zootécnicos evaluados, se realizó teniendo en cuenta las condiciones experimentales y de manejo en jaulas metabólicas. Respecto al consumo, cuando se reemplazó el 30% de la dieta base por grano de Caupí, no se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre los tres tratamientos, (tabla 4.4). Por lo que se puede afirmar que la adición de grano crudo y cocido no afecto el consumo frente a la dieta base.

Respecto al consumo por pollo en la etapa de finalización (día 28 al 39), cuando se reemplazó el 20% de la dieta por forraje de *Vigna unguiculata* (Tabla 4.5), no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre la dieta control y la dieta experimental, considerándose que la inclusión del 20% de harina de forraje de caupí, no altero el consumo en la etapa de finalización de pollos de engorde.

Tabla 4. 8 Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorde al remplazar el 20% de la dieta por forraje de Caupí y Canavalia

	Ensayo 2		Ensayo 3	
	T0 Control	T1 forraje caupí 20%	T0 Control	T1 forraje Canavalia 20%
CFIN	2083 ^A	2131 ^A	1813 ^A	1813 ^A
GPFIN	883 ^A	764 ^B	721 ^A	499 ^B
CA	2,40 ^A	2,85 ^A	2,52 ^A	3,65 ^B

CFIN= consumo fase de finalización; GPFIN= ganancia de peso finalización; CA = Conversión alimenticia

* Letras iguales en las filas de cada ensayo indican similaridad estadísticas y letras diferentes expresan diferencias estadísticas

Fuente: Franco y Jurado, 2011; Sotelo y Vivas, 2011

En las dietas que se reemplazó la proteína de la torta de soya por aquella que aporta el grano de Caupí se observó depresión del consumo de alimento en la fase de finalización del pollo frente al tratamiento testigo, se observó como en el tratamiento sin Caupí, en la fase de finalización, los pollos consumieron 1029 gramos más de alimento que los que consumieron Caupí cocido y 1086 gramos más que los del Caupí crudo, desde luego estas mermas significativas de consumo afectaron negativamente la ganancia de peso y por ende se reflejó en las bajas conversiones antes descritas (Tabla 4.6).

Tabla 4. 9 Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorde al reemplazar el 30% y 60% de la proteína de la torta de soya con proteína del grano de caupí crudo

	Caupí grano crudo*			Caupí grano		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
	Control	30%	60%	Control	30% crudo	30% cocido
CFIN	2475 ^A	1696 ^B	1616 ^B	2995 ^A	1909 ^A	1967 ^A
GPFIN	1001 ^A	125 ^B	**	817 ^A	479 ^C	604 ^B
CA	2,45 ^A	21,98 ^B	**	2,57 ^A	4,11 ^C	3,31 ^B

CFIN= consumo fase de finalización; GPFIN= ganancia de peso finalización; CA = Conversión alimenticia

* Letras iguales en las filas de cada ensayo indican similaridad estadísticas y letras diferentes expresan diferencias estadísticas

*Fuente: Calderón y Rengifo 2011; ** los pollos perdieron peso, por lo tanto no hubo CA

No obstante de la naturaleza fibrosa de las dietas con forrajes, para el caso del forraje de Caupí, no se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) en el consumo de los pollos en las fase de finalización (Tabla 4.6), siendo estos similares, mientras en las dietas con forraje de Canavalia si se aprecian diferencias estadísticas ($P < 0,05$), siendo mayor el consumo cuando la dieta no contenía el forraje. Esto se explica en el mayor volumen de las dietas con forraje que afecta la baja capacidad del tracto gastrointestinal del pollo y confiere bajas velocidades de pasaje de los alimentos a través de él. Esto se ve reflejado en menores ganancias de peso y por ende menor eficiencia de los alimentos entendida esta como la posibilidad de obtener carne a partir de cierta cantidad de alimento por los pollos.

Tabla 4. 10 Resultados zootécnicos en dietas con utilización de forraje de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* como reemplazo de la proteína de la torta de soya en pollos de engorde

	Caupí forraje			Canavalia forraje		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
	Control	15%	30%	Control	15%	30%
CFIN	2844 ^A	2868 ^A	2857 ^A	2730 ^A	2383 ^B	2427 ^B
GPFIN	1166 ^A	933 ^B	806 ^C	1247 ^A	675,7 ^B	802 ^C
CA	2,46 ^A	3,1 ^B	3,55 ^C	2,24 ^A	3,53 ^B	3,03 ^C

CFIN= consumo fase de finalización; GPFIN= ganancia de peso finalización; CA = Conversión alimenticia

* Letras iguales en las filas de cada ensayo indican similaridad estadísticas y letras diferentes expresan diferencias estadísticas

Fuente: Cerón y Lamilla 2011; Dorado y Bravo 2012

4.2.2 Ganancia de peso

Respecto a la ganancia de peso cuando se reemplazó el 30% de la dieta por grano de Caupí crudo y cocido, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos (Tabla 4.4), es decir que al menos uno de ellos mostró un comportamiento variable respecto a los demás. se observó que la ganancia de peso para el tratamiento T0 (control) fue el de mejor comportamiento ya que ganó 45.66 g. más que T1 (crudo) y 106.66 g más que T2, en tanto que entre los tratamientos con grano de Caupí T2 ganó 62 g más que T1 no se presentaron diferencias estadísticas tabla 4.3.

En las dietas que se evaluó la digestibilidad de forraje de Caupí, se tuvo en cuenta el peso alcanzado por los animales en cada tratamiento, durante la etapa de finalización (día 28 al 42). Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$), entre los tratamientos (Tabla 4.5) T0 (883g) y T1 (764g) respectivamente, considerándose que los tratamientos evaluados son diferentes en cuanto a la ganancia de peso en la etapa de evaluación; la inclusión del 20% de harina de forraje de Caupí afectó el desarrollo de los pollos respecto a los que no consumieron forraje, logrando estos últimos 119 gramos más de peso en la fase de finalización.

Al reemplazar el 20% de la dieta por forraje de *Canavalia* en etapa de finalización de pollos (Tabla 4.7), se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$). Se evidenció que la dieta sin *Canavalia* fue superior en 222 g, al T1 donde se obtuvo ganancia de peso para la misma etapa productiva de 499g.

Al utilizar grano de *Vigna unguiculata* crudo como alternativa de reemplazo del 30 y 60% de la proteína aportada por la torta de soya en dietas para pollos en finalización no se presentaron resultados favorables frente a la ganancia de peso y los consumos (Tabla 4.5), en este ensayo en particular, el suministro de Caupí fue completamente desfavorable, llegando hasta pérdidas de peso presentadas cuando se reemplazó el 60% de la proteína de la torta de soya por la que provenía del grano de Caupí crudo.

4.2.3 Conversión alimenticia

Como se puede apreciar en la tabla 4.4, en referencia a la conversión alimenticia como variable determinante en la evaluación de dietas, para el primer ensayo, se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. Esta disparidad en la conversión alimenticia explica la diferenciada ganancia de peso ya que el consumo de alimento fue similar.

No se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para la conversión alimenticia entre el control y la dieta con forraje de Caupí pero si las hubo entre el control y la dieta con forraje de *Canavalia* cuando se reemplazó el 20% de la dieta base por dichos forrajes (Tabla 4.6), En ambos casos la conversión fue mejor cuando la dieta no llevaba el forraje. La dieta con peor conversión (3,65) fue la que llevó *Canavalia* seguida de la de forraje de Caupí (2,85) y de grano de Caupí crudo (2,59) situación similar a la que se obtiene en pollos de engorde al probar materias primas no convencionales.

Para los tres ensayos donde se reemplazó parte de la dieta por las materias primas en evaluación (ensayos 1,2 y 3), siempre el control fue la dieta con la conversión más favorable (Tablas 4.4, 4.6), se puede apreciar como para el primer ensayo, cuando se adicionó grano de Caupí crudo como estrategia para disminuir la torta de soya, los pollos necesitaron 0,32 kilogramos más de alimento para lograr un kg. de peso; y solo 0,13 kg. Para alcanzar un kilo cuando el grano de Caupí fue tratado por cocción. También se puede observar como al utilizar forraje de Caupí como fuente proteica los pollos para lograr un kilo de peso necesitaron 0,45 kilos más de alimento que aquellos que no recibieron forraje mientras que cuando el forraje suministrado fue de *C. brasiliensis*, esa necesidad mayor de alimento alcanzó 1,13 kilos (tabla 4,5).

Al reemplazar el 30 y 60% de la proteína de la torta de soya por la del grano de Caupí, los resultados en conversión alimenticia fueron bajos (Tabla 4.5) siendo 21,9 cuando se utilizó 30% de reemplazo y no hubo conversión positiva la reemplazar el 60%, por ello, en un segundo ensayo se reemplazó solamente el 30% de la proteína de la torta de soya por la proteína proveniente de Caupí crudo y cocido. En la Tabla 4.5, se pueden observar diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre los tres tratamientos, mostrándose que al utilizar la dieta con Caupí crudo, la conversión alimenticia fue más baja (4,11) a la alcanzada

cuando el grano de Caupí se sometió a cocción (3,31), estos dos valores de conversión alimenticia son considerablemente inferiores a la alcanzada por el tratamiento testigo (2,57).

En la tabla 4.6 se puede apreciar cómo tanto en los tratamientos que contenían forraje de Caupí como en los de Canavalia, ambos sustituyendo como contenido proteico el 15 y el 30% de la proteína proveniente de la torta de soya, se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) en la conversión alimenticia entre los mismos. Se observó que para el caso de las dietas con forraje de Caupí, la peor conversión se obtuvo al reemplazar el 30% de la proteína (3,55) seguida del reemplazo del 15% (3,1). Mientras que para el reemplazo de la proteína de la torta de soya por la del forraje de *Canavalia brasiliensis* las conversiones alimenticias presentadas fueron 3,53 y 3,03 respectivamente para la sustitución del 15 y 30% respectivamente

4.3 DISCUSIÓN

No obstante que la dinámica de evaluación en las dietas utilizadas para conocer la digestibilidad de los materiales forrajeros no correspondían a un balance completo de nutrientes para los pollos en la fase de finalización, suministraron información que aporta a la comprensión en la utilización de Caupí y Canavalia como alternativas para reemplazar parcialmente la torta de soya en alimentación de monogástricos no herbívoros.

La determinación de la conversión alimenticia es fundamental en evaluación de la dieta en el desempeño productivo en una especie animal y se convierte en una medida de la eficiencia alimenticia. Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, FENAVI (2011), la conversión alimenticia para dietas comerciales y manejo convencional en pollos es de 1,78. Este parámetro no es fácil de alcanzar cuando se alimentan los animales con dietas no convencionales. Las condiciones de mezcla de los alimentos de forma artesanal y la dificultad para conseguir materias primas homogéneas en pocos volúmenes, son entre otros, aspectos que influyen en las bajas conversiones alcanzadas cuando se trata de alimentar pollos de engorde con dietas artesanales utilizando materias primas no convencionales. La dieta que consume el pollo dista de la que se formuló en términos nutricionales por las imprecisiones propias de los métodos artesanales en los procesos y formas de suministro, condición que prevalece con mayor énfasis cuando esta tecnología se aplica en la finca de los productores.

En la presente investigación y para todos los ensayos (siete en total), la conversión alimenticia fue superior a 2,2, alcanzando valores hasta de 4,1. A excepción del comportamiento atípico encontrado en una de las pruebas cuando se ofreció grano de Caupí crudo como materia prima en la dieta que llegó a 21,9. Este valor se tomó como un

referente que originó una prueba más comparando la cocción con el suministro del grano crudo, lo que permitió determinar qué aspectos diferentes a la presencia del grano de *V. unguiculata* en la dieta fueron los determinantes para el bajo consumo y la escasa ganancia de peso en los pollos.

La conversión alimenticia encontrada en los diferentes ensayos de esta investigación son menores a los óptimos reportados por FENAVI (2011) pero referente a dietas no convencionales y en especial a utilización de grano de Caupí, son mayores a las reportadas por Acosta y Quiñones (2008) en etapa finalización con dietas en niveles de sustitución de Caupí crudo (0, 15, 25 y 35 % de la dieta en materia seca); al igual que Aguirre (2009), en una evaluación de diferentes presentaciones de grano de *Vigna unguiculata* en ratas, y semejante a lo reportado por Jabib et al., (2002) en dietas para aves con 0%, 10% crudo; 10% cocido, 20% crudo y 20% cocido de frijol Caupí.

En la tabla 4.3, se aprecia que la dieta con Caupí cocido fue más eficiente que la de Caupí crudo. Lo anterior sugiere que durante la cocción se logró mejorar las condiciones del grano de tal manera que su digestibilidad aumento.

Los probables factores que se sucedieron fue una mayor disponibilidad de los nutrientes debido a la eliminación por calor de probables metabolitos secundarios como factores antitripsicos y taninos entre otros, los cuales no fueron objeto de evaluación en esta investigación. Otro factor fundamental es la gelatinización de los carbohidratos ocurrida por el calor que los hace más disponibles para el ave, afectando sin duda alguna en forma positiva el desempeño fisiológico de los animales y por ende su mejor expresión en términos de rendimiento productivo (Leeson et al., 2000)

Aunque las dietas que se utilizaron en los tres primeros ensayos no obedecieron a un balance acorde a los requerimientos para la fase, estas arrojaron información pertinente si se tiene en cuenta que uno de los propósitos de la investigación es aportar elementos que permitan al productor de escala familiar cultivar materias primas ricas en proteína que puedan reemplazar en parte los concentrados comerciales o complementar nutricionalmente las dietas altamente energéticas tradicionales en este tipo de sistemas productivos

Cuando se mezclaron las dietas con sustitución de la proteína de la torta soya por la aportada por el grano de Caupí, se disminuyó la respuesta productiva de los animales, lo anterior sugiere la necesidad de conocer más la calidad química de las materias primas como el grano de Caupí, especialmente en la presencia de metabolitos secundarios. Es importante mencionar la necesidad que se tuvo por parte de los pollos de consumir 1,54 kilos más de alimento para obtener uno de peso cuando se sustituía el 30% de la proteína de la torta de soya por la del grano de Caupí crudo y 0,74 kilos más de alimento si el Caupí era cocido. Se denota la constante del mejor efecto obtenido cuando el grano de Caupí se cocinó frente al suministro de grano crudo en los pollos, la respuesta de los

animales no se dio por el aumento significativo del consumo sino por la mejor ganancia de peso obtenida frente al testigo en el grano cocido.

En referencia al suministro de forrajes de Caupí y Canavalia, el primero de ellos presentó mejor consumo de las dietas y presentó mejores pesos finales, no obstante, la conversión alimenticia fue similar. Si bien estadísticamente se presentaron diferencias entre los tratamientos, en todos los casos se mantuvo la constante de una mayor necesidad de concentrado para ganar un kilo de peso por parte de los pollos (Tabla 6.5). El consumo de alimento es el factor más importante que influye tanto sobre el aumento de peso corporal, como sobre la conversión alimenticia en los pollos de engorde. Al hacer una revisión completa de las prácticas de alimentación y manejo se descartan problemas en éstos y en la salud de los pollos, pues todos estuvieron expuestos a las mismas condiciones ambientales y la salud del lote que en general fue buena, por lo que se podría atribuir las diferencias presentadas en los resultados a la presencia de las materias primas experimentales en la dieta.

Se considera que la menor ganancia de peso de los pollos bajo la dieta experimental (T1) se debió al alto contenido de fibra en esta ración (FC T1: 5,62%, FC T0: 3,43%) lo que posiblemente afectó la digestibilidad de la misma.

Según Savón (2000), la inclusión de fibra en las raciones de aves generalmente produce un incremento en el consumo de alimento para mantener el consumo de energía digestible. Sin embargo, el conocido efecto de limitación en el consumo con altas concentraciones de fibra se atribuye a la voluminosidad de la ración y a la capacidad de retención de agua de las porciones solubles de la fibra. Esto último pudiera alterar los estímulos que regulan el consumo de alimento, sin embargo los datos obtenidos muestran que el contenido de fibra bruta en T1 (7,62%), no afectó el consumo respecto a T0 que tenía 6.3% de fibra bruta.

El análisis de laboratorio de las dietas experimentales, demuestra diferentes porcentajes de la fibra y este aumento de fibra podría modificar negativamente el consumo del alimento. Lo anterior se presenta por el volumen de la dieta y la poca capacidad de retención del pollo en el tracto gastrointestinal, el cuál evacua su contenido entre 1 y 1,5 horas por carecer de un reservorio de almacenamiento, esta velocidad de paso no permite una acción completa de los microorganismos fibrolíticos y por ende afecta negativamente el aprovechamiento por el animal de este tipo de alimentos, por lo tanto se hace necesario la utilización de alimentos de fácil digestibilidad y con un bajo contenido de fibra (Buxade, 1995, citado por Cáceres et al., 2006).

Las conversiones alrededor de 3.0 como las presentadas en esta investigación, no necesariamente deben ser catalogadas como no óptimas o muy bajas; este concepto es discutible cuando se trata de producción campesina y en especial en procesos de producción de alimentos en finca como estrategia de disminución de costos. Se requiere un análisis menos rígido frente a la cifra numérica en términos absolutos; es importante

analizar con una visión holística el proceso cuando el objetivo es la producción de materias primas de calidad y fuentes de proteína a mínimo costo en la finca. Esta investigación cobra importancia, cuando se analiza si necesitar alrededor de 3 kg de alimento para lograr uno de carne con pollos se fundamenta en un menor costo de esos tres kilos en comparación de la conversión de 1,8 que alcanza la avicultura altamente tecnificada, especialmente representada en la probabilidad de producir hasta un 30% de las fuentes de proteína de la dieta de los animales en la finca.

Según parece las tonalidades de los concentrados cumplen una función muy importante, y estimulan el consumo, las tonalidades verdes que transmite la adición de forrajes al concentrado, difieren de las tonalidades del amarillo que poseen los tratamientos sin Forrajes. Estos resultados se pueden afirmar de acuerdo a lo investigado por Vivas et al.,(2008) Quienes con el objetivo de buscar opciones que mejoren la disponibilidad del pollo de engorde hacia el consumo de alimento, realizaron un ensayo, donde se evaluaron 4 tonalidades diferentes en el alimento; T0 (Testigo, concentrado sin tinturar), T1 (concentrado de color verde), T2 (concentrado de color rojo), T3 (concentrado de color azul), y concluyeron que es factible la utilización de colorantes en la formulación de dietas para pollos de engorde. En especial el color verde estimula el consumo de alimento en razón a la respuesta fisiológica del animal a la presencia de tonalidades verde en su entorno. No obstante las dietas con forrajes fueron menos apetecidas, lo que se puede explicar por el aporte de fibra que estos hacen a la dieta.

Otro aspecto a tener en cuenta es el valor agregado al producto final, lo que sugiere mayores oportunidades en el mercado, dado para el caso de la utilización de Caupí y Canavalia por la favorable de pigmentación de patas y torso de los pollos así como el sabor de la carne otorgado por la presencia de carotenos y tocoferoles.

4.4 CONCLUSIONES

El reemplazó el 30% y 60% de la proteína que aporta la torta de soya en la dieta con proteína proveniente de grano crudo de *Vigna unguiculata* , disminuyó el consumo voluntario y la ganancia de peso, y disminuye de la conversión alimenticia con considerables variaciones. Reemplazar más del 30% de la proteína de la torta de soya por la de grano de *V. unguiculata* no es una alternativa viable de alimentación de pollos de engorde.

Se determinó que en los tratamientos evaluados, bajo condiciones experimentales de jaulas metabólicas, no se efecto el consumo de alimento en etapa finalización frente a los tratamientos que no contenían grano o forraje experimental y las diferencias en la

ganancias de peso alcanzado por los pollos en dicha fase, explican la conversión alimenticia diferente.

El bajo aporte de energía de las materias primas evaluadas (Caupí y Canavalia), dificultaron el logro de una correcta concentración energética de los alimentos mezclados y por ende el logro de los requerimientos energéticos del pollo, esto sugiere que dicho desbalance pudo afectar negativamente la utilización de proteína por los animales y desde luego se reflejó en los bajos parámetros productivos del pollo en la etapa de finalización.

CAPITULO 5

Análisis Económico de la producción y utilización de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* en alimentación de pollos de engorde

5.1 METODOLOGIA

Se determinaron los costos y beneficio bruto de campo al utilizar el forraje de *Vigna* y *Canavalia* y el grano de *Vigna unguiculata* en alimentación de pollos de engorde en la fase de finalización, tomando como referencia los costos de alimentación por ser el rubro variable en todos los ensayos ya que siempre se mantuvieron constantes los demás costos de producción.

Para el logro de este objetivo, se realizó el análisis de los costos de producción de los forrajes y del grano necesarios para la evaluación bajo las condiciones de cultivo en parcelas experimentales localizadas en diferentes sitios del Valle del Patía y el Peniplano de Popayán, obteniendo los costos promedio para los dos ambientes y contrastándolos con los volúmenes de producción alcanzados en ambos sitios; así mismo, se planteó un análisis de los costos de producción de materias primas y directamente en el proceso avícola de la siguiente manera:

Calculo de costos de producción de grano y forraje de *V. unguiculata* y del forraje de *C. brasiliensis* basado en el costo del manejo agronómico y la producción obtenida en pruebas de campo realizadas en el valle del Patía y el Municipio de Rosas en el departamento del Cauca, así entonces se obtuvo el valor por unidad producida disponible para su proceso. Costo de pos-cosecha hasta obtención de las harinas necesarias para la preparación de los concentrados.

El análisis económico de la utilización de las tecnologías propuestas se hizo teniendo en cuenta la evaluación económica mediante la metodología de presupuestos parciales (Reyes, 2002; López, 1991) bajo los siguientes parámetros:

Costos Variables (CV): se obtuvo del producto del precio del alimento por el volumen consumido

Beneficio Bruto de Campo (BBC): es el producto del volumen de carne producida por el precio al mercado

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Costos de producción de las materias primas

Como un aspecto fundamental en la evaluación de alternativas nutricionales y en especial de la utilización de dietas no convencionales es la evaluación de los costos de producción bajo tecnologías locales que aporten información suficiente en la determinación o no de la adopción de la tecnología. La producción de grano y forraje de Caupí y la de forraje de Canavalia no han sido una actividad de la que se tenga registro histórico en el Departamento del Cauca, por el contrario se trata de especies vegetales nuevas y novedosas para el entorno de producción campesina en esta región (Vivas et al., 2011).

Los costos de establecimiento de las dos especies forrajeras solo difieren entre sí por el mayor valor de la semilla y la mano de obra para la siembra, como se puede apreciar en la tabla 5.1 las actividades necesarias para el establecimiento son las mismas para los dos cultivos. En Caupí son necesarios más jornales en la siembra debido a la distancia de siembra entre plantas, en Canavalia, la diferencia se marca por el valor más alto de su semilla en comparación con el Caupí. Los valores presentados en la siguiente tabla corresponden a los costos del establecimiento en que se incurre para obtener un cultivo de las dos especies en el valle del Patía en el año 2014, bajo el manejo en un sistema de economía campesina, el cual se caracteriza por baja inversión en insumos.

Tabla 5.1 Costos de establecimiento en sistemas de economía campesina del valle del Patía y Peniplano de Popayán de un cultivo de *Vigna unguiculata* y de *Canavalia brasiliensis* año 2014.

ACTIVIDAD	<i>C. brasiliensis</i>			<i>V. unguiculata</i>		
	Cantidad	Vr unit.	Total	Cantidad	Vr unit.	Total
Herbicida (Litros)	2	12000	24.000	2	12000	24.000
Aplicación Herbicida (jornal)	1	20000	20.000	1	20000	20.000
Preparación suelo (Ha.)	1	400000	400.000	1	400000	400.000
Semilla (Kg.)	10	60000	600.000	5	20000	100.000
Siembra (jornales)	5	20000	100.000	5	20000	100.000
control de malezas (jornales)	8	20000	160.000	12	20000	240.000
Cosecha (Jornales)	4	20000	80.000	4	20000	80.000
TOTAL			1.384.000			964.000

Para analizar los costos de producción, se tuvo en cuenta que La producción de forraje en materia seca/Ha./año de *Canavalia brasiliensis* en el Patía fue de 22,16 toneladas, mientras en Popayán 20 toneladas. De igual manera la producción de forraje de *Vigna unguiculata* en Patía y Popayán fue 5,55 toneladas de MS/ha./Ciclo de 6 meses y la producción de grano de *Vigna unguiculata* en el Patía fue 800 kg/ha/Ciclo de 6 meses.

Tomando como base los costos de establecimiento descritos en la tabla 5.1, el costo unitario de producción de un kilo de materia seca de *Canavalia brasiliensis* fue de Cop \$ 62,5 en el Patía y Col \$ 69,2 en Popayán, en tanto que el kilo de forraje en MS de *Vigna unguiculata* en las dos localidades fue Cop \$ 170,1. Así mismo, producir un kilo de grano de *V. unguiculata* costó Cop \$ 1180.00 (costos obtenidos en 2014. Valor de cotización del dólar americano \$ 2.040 pesos colombianos - Cop).

Los productos obtenidos como materia prima para alimentación de pollos de engorde (Forraje y grano) no tienen precedentes en la región que permitan hacer equivalencias de costos de producción y menos de valor de mercado, por lo tanto se estimó un valor de venta o uso de Col \$ 130.00 por kilogramo de materia seca del forraje de las dos especies en estudio y un valor probable de venta de Col \$ 1280.00 el kilogramo de grano de *V. unguiculata*. Con los parámetros anteriores se estimó la utilidad neta tanto para la localidad del Patía como para el Peniplano de Popayán (Tabla 5.2)

Tabla 5.2 Utilidad neta obtenida en sistemas de economía campesina del valle del Patía y Peniplano de Popayán de un cultivo de *Vigna unguiculata* y de *Canavalia brasiliensis* año 2014.

	FORRAJE						GRANO	
	<i>C. brasiliensis</i>			<i>V. unguiculata</i>			<i>V. unguiculata</i>	
	Patía	Popayán	optima *	Patía	Popayán	Optima *	Patía	Optima **
Ton MS/Ha/año – ciclo	22,2	20,0	35,0	5,6	5,6	8,0	0,8	2,0
Precio kg forraje	\$ 130	\$ 130	\$ 130	\$ 130	\$ 130	\$ 130	\$ 1.280	\$ 1.280
Total ventas forraje \$	\$2.880.800	2.600.000	4.550.000	721.500	721.500	1.040.000	1.024.000	\$2.560.000
Utilidad Neta	\$ 1.496.800	\$ 1.216.000	\$ 3.166.000	- 222.500	-\$ 222.500	\$ 96.000	\$ 80.000	\$ 1.616.000

(*) Producción optima según Peters et al., 2013 (**) producción optima según Peters et al., 2011

Como se aprecia en la anterior tabla, en términos de utilidad neta, es más rentable producir forraje de *Canavalia brasiliensis* tanto en el valle del Patía como en Popayán, y se puede observar que la producción de forraje de *Vigna unguiculata* no sería un negocio para los productores de la región, siendo el Caupí más viable para la obtención de grano.

Para lograr el punto de equilibrio en la producción de forraje de Caupí es necesario alcanzar la producción de 7,3 Ton de MS/ha/ciclo, es decir 1,7 toneladas Más que lo logrado bajo el sistema de cultivo implementado en esta investigación bajo la misma estructura de costos. Este concepto supone la utilización de prácticas agronómicas tendientes a optimizar la producción, no obstante si se alcanzaran las 8 toneladas de Forraje como lo reportan Peters et al., (2013) los ingresos netos de \$ 96.000 ha (Tabla 5.2), no son atractivos para un agricultor.

7.2.2 Análisis económico de utilización de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* en pollos de engorde

Para hacer un análisis económico de la utilización de los forrajes y del grano de Caupí crudo y cocido, se trabajó mediante la metodología de presupuestos parciales, tomando como costo diferencial el valor del alimento consumido en razón a que los restantes costos de producción permanecieron constantes en cada uno de los ensayos. En las tablas 5.3 y 5.4, se puede apreciar el beneficio bruto de campo obtenido en cada una de las dietas evaluadas, tanto en aquellas que se utilizaron para evaluar la digestibilidad de las materias primas (objeto de evaluación) como en las dietas utilizadas para evaluar los niveles de inclusión de granos y forrajes evaluados.

Tabla 5.3 Beneficio bruto de campo al reemplazar parcialmente la dieta control con grano y forraje de Caupí y forraje de Canavalia

	Ensayo 1			Ensayo 2		Ensayo 3	
	T0	T1	T2	T0	T1	T0	T1
	Control	G Caupí crudo 30%	G. Caupí cocido 30%	Control	forraje Caupí 20%	Control	forraje Canavalia 20%
COSTO 1 KG. ALIMENTO \$	1119	1080	1073	977,0	805,9	969,88	725,8
COSTO 1 KG. CARNE \$	3277	3600	3414	2344,8	2256,5	2444,1	2649,4
PRECIO Kg. CARNE \$	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
BBC \$	723	400	586	1655,1	1743,4	1555,9	1350,5
Variación porcentual	100	55	81	100	105	100	87

BBC=Beneficio bruto de campo

Tabla 5.4 Beneficio bruto de campo en dietas experimentales con inclusión de grano de Caupí y Forraje de Caupí y Canavalia.

	Caupí grano			Caupí forraje			Canavalia forraje		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
	Control	30% crudo	30% cocido	Control	15%	30%	Control	15%	30%
COSTO 1 KG. ALIMENTO \$	943,5	954,3	954,3	1237	1124	1112	1145	1133	1071
COSTO 1 KG. CARNE \$	2424,8	3922,3	3158,8	2968	3484	3892	2519	3965	3213
PRECIO Kg. CARNE \$	4800	4800	4800	4000	4000	4000	4200	4200	4200
BBC \$	2375,2	877,7	1641,2	1032	516	108	1681	235	987
Variación porcentual	100	37	69	100	50	10	100	14	59

BBC=Beneficio Bruto de Campo

Se destaca como a excepción de la dieta en la que se reemplazó peso a peso el 20% del alimento testigo por el 20% de forraje de *Vigna unguiculata*; en las restantes, siempre el beneficio bruto de campo (BBC) fue menor cuando se agregaba grano de Caupí, forraje de Caupí o de Canavalia al obtenido con la dieta testigo. Esta variación se da por las menores conversiones encontradas en las dietas experimentales frente a la dieta control.

7.3 DISCUSION

Es de resaltar que en el trópico y subtrópico; en el contexto de la producción a pequeña escala o de pequeños productores bajo un sistema de economía campesina de subsistencia, cada vez es mayor la demanda de fuentes de proteína de producción local, no solo por los bajos costos, sino por la dificultad cada vez mayor para la consecución de materias primas convencionales y sus altos costos de adquisición. Por esta razón no se debe evaluar este concepto de costos de producción desde un punto de vista enteramente monetario, se debe interpretar de una manera más holística, considerando la oportunidad que se genera del uso de las materias primas evaluadas como opción de mejoramiento de la dieta en los sistemas tradicionales de alimentación en la avicultura de subsistencia.

Canavalia brasiliensis fue el forraje que al establecer una relación costo/beneficio, brindó los mejores resultados económicos, no obstante en la medida que se logre acercar más la producción hacia los óptimos reportados por Peters et al., (2013), los resultados económicos podrían llegar duplicarse, situación similar tanto en el Valle del Patía como en el Peniplano de Popayán.

Respecto a la producción de grano de Caupí, la posibilidad de producción se podría hacer más atractiva en la eventualidad de que se perfeccionen las prácticas agronómicas

tendientes a incrementar la cosecha de grano. Los rendimientos netos se hacen mayores cuando la producción de grano es de 2 ton por ha/ciclo, como lo reporta Peters et al., (2011).

No obstante de los conceptos algunas veces poco atractivos de los rendimientos netos, estos no necesariamente tendrían que ser determinantes en la adopción de este tipo de tecnologías, en razón a que la mano de obra es familiar y las pequeñas áreas que se siembran en las fincas de pequeños productores y/o avicultores artesanales de las dos zonas de estudio, podrían permitir el ingreso de estas dos especies vegetales a su estructura productiva, sustentado en la oportunidad de producir fuentes de proteína sin importante inversión de capital y en los otros usos de estos forrajes como abono verde e inclusive en alimentación humana con el grano de Caupí.

El análisis económico evidencia que producir un kilogramo de carne de pollo alimentado con la dieta control, tiene un costo de Cop \$ 3.277 y que incluir 30 % de frijol Caupí en dietas para etapa finalización, incrementa este indicador en \$323 y \$137 para T1 (crudo) y T2 (cocido), respectivamente; influenciado por las variables de rendimiento productivo ganancia de peso (735.6 g para T1 y 769.6 g para T2), y conversión alimenticia (2.59 para T1 y 2.4 para T2). Probablemente los costos no son atractivos para una producción comercial, pero el objetivo de esta investigación fue encontrar alternativas a ese tipo de producción convencional, lo que se ha resuelto en parte ya que se hace necesario continuar en procesos de investigación que permitan depurar las técnicas de producción y utilización de Caupí y Canavalia.

7.4 CONCLUSIONES

Los costos de producción de forraje de Canavalia se compensan con el volumen de producción, lo que representa ingresos netos favorables para su cultivo. No obstante este comportamiento no es similar a *Vigna unguiculata*, que dado sus limitadas producciones no compensan la inversión. Sin embargo, las estrategias de producción de bajos insumos y utilización de mano de obra familiar, así como también del establecimiento de Caupí como cultivo de asocio en la huerta y plantaciones de maíz, puede ser un factor fundamental en la adopción de esta estrategia tecnológica.

La producción de grano de Caupí en la región aunque no genera saldo negativo en el ingreso neto, se muestra baja al observarla desde el punto de vista financiero, aunque su rusticidad y posibilidades de mejorar la producción son determinantes en la recomendación de este cultivo. La producción de grano es factible en la región en la medida que se generen estrategias de utilización del mismo, bien sea para consumo como para producción de semilla.

El uso de los forrajes en evaluación y el grano de Caupí no generaron los beneficios económicos esperados en los pollos de engorde, los costos de alimentación se vieron afectados pero no se generaron pérdidas en el ejercicio de producción, este aspecto seguramente se puede mejorar al disminuir los costos de producción de las materias primas bajo un esquema de producción más eficiente.

DISCUSIÓN GENERAL

El proceso de alimentación de animales monogástricos no herbívoros como los pollos de engorde, se torna complejo cuando se desea incorporar en la dieta materias primas no convencionales con altos contenidos de fibra y bajo valor calórico, llenar de esta manera los requerimientos del ave y lograr un excelente desempeño productivo parece una utopía y a la vez es el gran reto de nutricionistas y productores frente a la marcada influencia del valor del alimento en los costos de producción. En los procesos de investigación es una constante la búsqueda de alternativas a la torta de soya como fuente de proteína en la dieta animal, por sus costos y la dificultad para acceder al mercado de la misma que enfrentan los pequeños productores

En el departamento del Cauca, el 56% de los habitantes rurales producen Pollo de engorde (Burkart et al., 2013) con tecnologías bajas, con o sin alimentación balanceada en donde los costos por alimentación corresponden al el 68.9% de los costos de producción (FINAGRO, 2012), se utiliza mano de obra familiar para manejo animal, el producto es normalmente para autoconsumo con generación de excedentes comercializables dentro de una economía informal, esta característica especial de los sistemas de producción campesina conlleva consigo la utilización de forrajes tanto en pastoreo como de corte y acarreo como un suplemento nutricional, siendo una práctica bastante generalizada pero no fundamentada en procesos de investigación que permitan definir el acierto o no del uso de algunas especies forrajeras.

Una vez evaluada la adaptación agronómica de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* en diferentes condiciones edafoclimáticas del Departamento del Cauca (Cabezas y Solarte, 2011; Palechor y Bastidas, 2011; Quiñones y Camayo, 2011 y Torres y Arcos, 2011), para identificar aquellas accesiones con potencial para producir grano (Caupí) y forraje, se encontró la mejor adaptación para *V. unguiculata* accesión CIAT 4555 y en *C. brasiliensis* las Accesiones CIAT 17009 y CIAT 905, por su tolerancia a suelos pobres, épocas secas largas y adaptación a diferentes regiones del departamento. Se alcanzaron producciones tanto de grano como forraje de Caupí y forraje de Canavalia inferiores a las reportadas por Peters et al., (2011 y 2013) pero de considerable importancia en razón a que su cultivo hace parte de las actividades domésticas con uso de mano de obra familiar en la parcela productiva, y se puede fortalecer el aporte de alimentos para la avicultura provenientes de estas dos especies forrajeras.

La inclusión de Caupí y Canavalia en los sistemas integrados de producción animal puede asegurarse no solo por su buena adaptación agronómica si no, también a que fueron especies seleccionadas por los productores mediante procesos de evaluación

participativa (Hernández, 2007) entre un grupo de forrajes establecidos como abanicos forrajeros, ello conlleva a que los procesos de adopción de la tecnología sea mayor.

La utilización de *Vigna unguiculata* y *Canavalia brasiliensis* como fuente alternativa de proteína en alimentación animal en especial de pollos de engorde para la sustitución de la proteína aportada por la soya (*Glycine max*) comenzó con la definición de su valor nutritivo y en especial la digestibilidad (Burbano y Gutiérrez, 2011; Franco y Jurado, 2011 y Sotelo y Vivas (2011), los Coeficientes de digestibilidad “*in vivo*” para grano de Caupí crudo (66,95%) y cocido (72,78%) son aceptables para alimentación de pollos, no obstante de sus altos contenidos de fibra cruda; lo que se puede explicar si se tiene en cuenta lo afirmado por Díaz et al. (2001) quienes afirman que “Las funciones de la fibra dietética pueden ser positivas como reguladoras de la motilidad intestinal, metabolismo de los lípidos (efecto hipocolesterolémico) y en el metabolismo de la glucosa, o negativas por su efecto quelante, que puede reducir de forma importante la disponibilidad de proteínas y minerales, en estos casos puede ser considerada un factor antinutricional”.

La inclusión de grano y forraje de Caupí así como el forraje de *Canavalia* en alimentación de pollos de engorde arrojó resultados que si bien no son los mejores, (Calderón y Rengifo, 2011; Cerón y Lamilla, 2011 y Dorado y Burbano, 2012), podrían soportar la discusión sobre su conveniencia o no en su inclusión como reemplazo de la proteína de la torta de soya en el engorde de pollos. Dada la posibilidad de producción en finca por sus características agronómicas (Peters et al., 2011, 2013), y la ventaja comparativa de su utilización frente a la soya. Otro factor relevante que se analiza a la luz de los resultados de la investigación es la probabilidad de incrementar el suministro de proteína en los proyectos avícolas del pequeño productor dada la opción de producir a bajo costo y en tierras no utilizadas para otros proyectos agrícolas, dos fuentes de proteína que suplementarían la dieta en especial de las gallinas y pollos de patio o aquellas aves que tradicionalmente se alimentan de maíz y/o desperdicios de la cocina, así entonces se incrementa la producción de carne e indirectamente se mejora la dieta y los ingresos de la familia rural de esas zonas difíciles socioeconómicamente en nuestros campos.

CONCLUSIÓN GENERAL

La evaluación agronómica y pruebas genotipo - ambiente de *Canavalia brasiliensis*, en suelos pobres y con períodos largos de sequía en los municipios de El Patía y Mercaderes (entre 650 y 1100 m.s.n.m.), permite definir que las accesiones CIAT 17009 y CIAT 905 son las de mejor desempeño productivo; de igual manera la primera de ellas se estableció satisfactoriamente a una altitud similar (1280 m.s.n.m.) en los municipios La sierra y Rosas y a 1700 m.s.n.m. en Popayán. Este amplio rango de adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas, posibilita el establecimiento de *C. brasiliensis* como una alternativa multipropósito (forraje, cobertura y recuperación de suelos), novedosa en la región y aporta elementos de decisión para complementar la investigación que el CIAT adelanta en otras regiones del país y así considerar la introducción de un nuevo material forrajero a los sistemas de producción ganadera y de alimentación de animales monogástricos para la franja intertropical, en especial zonas cálidas.

La accesión CIAT 4555 de *Vigna unguiculata*, es otra de las alternativas de producción de forraje y grano para la región del sur del Cauca, al igual que *Canavalia brasiliensis*, Caupí se destacó por su vigor de establecimiento y la producción de forraje y grano. Por tratarse no solo de un material forrajero sino también de una legumbre con opciones de consumo humano y animal, *V. unguiculata* podría llegar a ser una especie con buenas probabilidades de aceptación por los productores.

La producción de semillas de *Canavalia brasiliensis*, es superior en aquellos ambientes más secos, mientras en la zona con mejores condiciones edafoclimáticas el potencial para producción de forraje es mayor. *Vigna unguiculata*, no expreso preferencias por alguno de los ambientes tanto para producir forraje como semillas.

Es importante resaltar que el pobre resultado en términos de conversión alimenticia y por ende en beneficios económicos obtenido en los ensayos de alimentación de pollos de engorde con grano de Caupí y forraje de Caupí y *Canavalia*, no se debe descartar su utilización en alimentación de aves de corral, teniendo en cuenta que los costos de producción de las dietas experimentales fueron favorables, y que los materiales forrajeros utilizados son de fácil producción en la finca de los productores, y que en la región objeto de esta investigación (Departamento del Cauca) así como en muchas regiones de Colombia y el mundo, no es fácil la consecución de fuentes proteicas como la torta de soya para alimentación animal, se podrían establecer este tipo de alternativas de alimentación que se producen a bajo costo y generan en la mayoría de los casos una opción de suplementación nutricional en muchos casos superior a la alimentación tradicional a base de maíz y residuos de cosecha.

BIBLIOGRAFIA

Acosta, J. y Quiñones, C. 2008. Evaluación de la inclusión de Caupí (*Vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. Trabajo de grado. Ingeniero Agropecuario. Popayán COLOMBIA. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias. 92 p.

Agronet. 2012. Sistema de información de precios de insumos y factores- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Corporación Colombia Internacional - Cálculos Corporación Colombia Internacional <http://www.agronet.gov.co>. Accesada 12 de abril 2014.

Agropanorama.com. Producción mundial de soya 2013/14. Información sobre agricultura y ganadería para América latina y España. <http://www.agropanorama.com/news>. 2014

Aguirre, P. 2009. Caracterización nutricional del grano de Caupí *Vigna unguiculata* L. En ratas. Palmira, 104 pp. Trabajo de maestría (Ciencias Agrarias) Universidad Nacional de Colombia. Área de producción animal tropical.

Alvarenga, R.C.; Costa, L.M. da; Moura Filho, W.; Regazzi, A.J. 1995. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 30(2): 175-185.

Amabile, R.F.; Carvalho, A.M.; Duarte, J.B.; Fancelli, A.L. 1996. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. Scientia Agricola, Piracicaba 53(2/3): 296-303.

AOAC. 1990a. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Ed ArlingTon, Virginia, USA. Method No. 942.05

AOAC. 1990b. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Ed ArlingTon, Virginia, USA. Method No. 920.39

Barcellos, G.B.S.; Almeida, L.M.; Moreira, R.A.; Cavada, B.S.; Oliveira, J.T.A. de; Carlini, C.R. 1993. Canatoxin-, concanavalin A- and canavalin-cross-reactive materials during maturation of *Canavalia brasiliensis* (Mart.) seeds. Planta 189: 397-402.

Belmar, C. 1998. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Metodologías de investigación pecuaria en sistemas de producción de pequeños productores. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Santa Cruz, Bolivia. 51-67 p.

- Bernal, L; Giraldo, A. M. 2005. Evaluación de dietas con algunos recursos alimenticios locales para pollos de engorde en el departamento del Chocó. Instituto de investigaciones ambientales del pacífico. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Colombia.
- Bernal, L. y Guerrero, J. 2005. Evaluación de dietas alternativas a partir de harina de *Colocasia esculenta*, *Xanthosoma sagittifolium*, *Alocasia macrorrhiza* y *Artocarpus altilis* para engorde de pollos. En Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 18:4. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.
- Burbano, V. Gutiérrez, J. 2011. Evaluación de la digestibilidad del grano de caupí (*vigna unguiculata*) crudo y cocido para pollos en etapa de finalización. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias.
- Burkart, S; Rendon, E; Rodriguez, A. Problems in smallholder pig and chicken production in Colombia and Nicaragua. 2013. 28p
- Buxade, C. 1995. Avicultura Clásica y Complementaria. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Caballero, Z. del C.; Zamora, I. del C.; Saucedo, M.S. .1995. Caracterización y evaluación preliminar de diez leguminosas nativas con potencial forrajero. Thesis no. 70, Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí, Estelí, Nicaragua.
- Cáceres, J.; Cedeño, J.; Taylor, R.; Okumoto, S. 2006. 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.
- Calderón, L. Rengifo, S. 2011. Evaluación de niveles de inclusión de forraje de caupí (*vigna unguiculata*) como reemplazo de la proteína de torta de soya en alimentación de pollos de engorde. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias.
- Carvajal, J. 2010. Digestibilidad In Vitro Prececal y Cecal de Plantas Forrajeras Tropicales para la Nutrición en Cerdos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Valle del Cauca. 110p.
- Carvalho, A.M. de; Sodré Filho, J. 2000. Uso de adubos verdes como cobertura do solo. Boletim de Pesquisa - Embrapa Cerrados 11: 20 pp.
- Ceron, H. Lamilla, C. 2011. Evaluación de caupí (*vigna unguiculata*) como reemplazo de la proteína de torta de soya en alimentación de pollos de engorde. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias.
- CIAT. 2006. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Reporte Anual. Proyecto Forrajes tropicales. Programa de forrajes . 2002
- COBB. 2008. Guía de manejo del pollo de engorde [Disponible en internet] <<http://www.cobb-vantress.com>>. [Citada 12 de mayo de 2010]

- Cobo, J.G.; Barrios, E.; Kass, D.C.L.; Thomas, R. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil* 240: 331-342.
- Cuca, M. E.; Avila, E.G; Pro, M. 1996. Alimentación de las aves. Universidad de Chapingo. Montecillo, México.
- DANE. 2011. Dirección de metodología y producción estadística – DIMPE Resultados encuesta nacional agropecuaria. 181 p.
- D’Mello, J.P.F. 1995. Antinutritional. Substances in Legume seeds. In: *Trop. Legumes in Anim. ut.* Edited by J.P.F. D’Mello; Devendra, C. pp.135-172. Ed. Cab. Internat. UK.
- Díaz, F.; Padilla, C.; Gonzalez, A; Mora, C. 2002. Producción y composición bromatológica de harinas de vigna: de forrajes, integrales y de granos. *Agric. Téc.* [online]. 62, n.2, pp. 266-274. ISSN 0365-2807.
- Diaz M; Padilla C; Gonzalez A. 2001. Caracterización agronómica e indicadores nutricionales de granos en variedades de *Vigna unguiculata* de maduración agrupada. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 35, No. 3. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. pp 289 – 297.
- Dihigo, L.E 2004. Efecto de la fuente de alimentos fibrosos para conejos y el tiempo de incubación en la digestibilidad de la materia seca in vitro. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 38 No 2.
- Dihigo, L.E; Savon, L; Rosabal, Y. 2004. Determinación de la digestibilidad in vitro de la materia seca y fibra neutro detergente de cinco plantas forrajera con la utilización del inoculo cecal de conejos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 38 No 3
- Dorado, E. Bravo, S. 2012. Evaluación de dos niveles de inclusión de forraje de *Canavalia brasiliensis* como reemplazo de la proteína de torta de soya en alimentación de pollos de engorde. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Agropecuarias.
- Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M. and Tamò, M. (eds). 2002. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the III World Cowpea Conference held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4-8 September 2000. IITA, Ibadan, Nigeria.
- FENALCE. 2014. Plan estratégico para el frijol soya en Colombia 2014. Cundinamarca. 36 p.
- FENAVI – FONAV. 2011. Sistema de información sectorial SIS. Revista industria avícola y FENAVI para Colombia – DIAN.
- FENAVI. 2012. La producción avícola en Colombia. Universidad Nacional. Sede Medellín. Colombia.

Finagro. 2013. Sistema de Información de Precios de Insumos y Factores. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Corporación Colombia Internacional. Cálculos Corporación Colombia Internacional. <https://www.finagro.com.co>

Franco, I; Jurado, J. 2011. 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.

Gomes, J.C.; Epstein, M.; Maffia, L.M.; Sant' Anna, R. 1988. Composição química de sementes do feijão-bravo e de seu isolado protéico. Arquivos de Biología e Tecnología 31(3): 443-459.

Gomez, E y Lopez, A. 2014. Comunicación personal, Evaluación del valor nutricional y pigmentante de la harina de cangrejo *Procambarus Klarkii*, para alimentación de gallinas semipesadas y pollos de engorde, como método de control poblacional del cangrejo. Tesis Doctoral en ejecución. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira.

González, L; Hoedtke, S; Castro, A; Zeiner, A. 2012. Evaluación de la estabilidad *in vitro* de granos de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) y Vigna (*Vigna unguiculata*) solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*). Revista Cubana de ciencia agrícola, tomo 46, numero1.

González, L; Téllez, V; Sampedro, G; Nájera, H. 2007. Las proteínas en la Nutrición. Revista salud Pública y Nutrición. Vol. 8, No. 2.

González, Y; Mendoza, F. 1999. Comportamiento de la germinación y la viabilidad en semillas de *Lablab purpureus* cv. Rongai durante el almacenamiento. Pastos y Forrajes. Pp 22 - 105

Gutiérrez, C; García, R; Vázquez, O; Ahumada, M. S. 2005. Comparación de métodos para determinar el flujo ideal de aminoácidos endógenos y la digestibilidad verdadera de aminoácidos de harina de pescado suministrada a ratas. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo, A.C. Maracaibo. Revista científica. Vol. 15. No. 5.

Heinritz S. 2011. Ensiling suitability of high protein tropical forages and their nutritional value for feeding pigs. Diploma thesis. Course of study at the University of Hohenheim. Agribiology. Deutschland.

Heinritz, S. Hoedtke, S. Martens, S. Peters, M; Zeyner, A. 2012. Evaluación de diez leguminosas forrajeras tropicales por su potencial como suplemento de alimentación del cerdo. Ganadería Investigación para el Desarrollo Rural 24 (1)

Hernández, LA. 2007. Selection of tropical forages. Development and implementation of a participatory procedure and main results from Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Margraf Publishers. GMBH. Scientific books. 106 p.

Howard, R.A. 1988. Flora of the Lesser Antilles (Leeward and Windward Islands). Vol. 4 (1): 454-458. Harvard University.
<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:OAX388715>>

Jabib, L; Barrios, P; Vega A. 2002. Evaluación del frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) como ingrediente proteico en dietas para pollos de asadero. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Montería, Córdoba, Colombia.

<http://www.agropanorama.com/news/Produccion-Mundial-de-Soja.htm>. Consultado 25 febrero de 2014

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

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

Leeson Steve, Summers D. John, J. Diaz Gonzalo,.2000. Nutrición Aviar Comercial

León R., A.; I. Angulo; M. Jaramillo; F. Requena y H. Calabrese. 1993. Caracterización química y valor nutricional de granos de leguminosas tropicales para la alimentación de aves. FONAIAP-CENIAP. Zootecnia Tropical, Vol. 11(2). Venezuela. Pp 151-170.

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

Lon Wo E; Rodríguez, B. Y Dieppa, O. 2001. Evaluación económica y biológica de harina de vigna (*Vigna unguiculata*) en dietas isoproteicas para pollos de engorde. En. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo. 35, No. 1. Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana.

Lon Wo, E. 2005. Retos y perspectivas del uso de fuentes proteicas alternativas para la alimentación de las aves. En Revista Cubana de ciencia agrícola, Tomo. 39, Número especial 2005 Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana

Lpera, J. 1999. El analisis económico de los resultados de investigación agropecuaria. CORPOICA. 21 p.

Maia, F.M.; Oliveira, J.T.; Matos, M.R.; Moreira, R.A. & Vasconcelos, I.M. 2000. Proximate composition, amino acid content and haemagglutinating and trypsin-inhibiting activities of some Brazilian *Vigna unguiculata* (L) walp cultivars. Universidad Federal do Ceara. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 80. Pág. 453-458.

Martens, S. Tiemann, T. Bindelle, J. Peters, P. Lascano, C. 2012. Alternative plant protein sources for pigs and chickens in the tropics – nutritional value and constraints: a review. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. Vol. 113 No. 2 101–123 online: www.jarts.info

Martínez, M, Savón, L, Dihigo, L.E. 2003. La digestibilidad de nutrientes in vitro de harina de forraje de *Vigna unguiculata* blanca en las aves. Nota técnica *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [en línea], 37 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2014] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018048012> ISSN 0034-7485

Mayworm, M.A.S.; Serra do Nascimento, A.; Salatino, A. 1998. Seeds of species from the caatinga: proteins, oils and fatty acid contents. *Revista Brasileira de Botânica* 21(3): 299-303.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, república de Colombia. 2009. Boletín de Coyuntura Internacional. Boletín No. 4. Diciembre de. 8p.

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

National Research Council, NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. Ninth revised edition. National academy Press. Washington, D.C. 155 p.

Oliveira, J.T.A.; Vasconcelos, I.M.; Gondim, M.J.L.; Cavada, B.S.; Moreira, R.A.; Santos, C.F.; Moreira, L.I.M. 1994. *Canavalia brasiliensis* seeds. Protein quality and nutritional implications of dietary lectin. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 64 (4): 417-424.

Peters, M; Franco, L; Schmidt, A; Hincapié, B. 2011. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT, Cali, Colombia.

Peters, M; Vivas, N; Rendón, E; Morales, S; Hincapié; Ordóñez, K. B. 2013. Alternativas forrajeras para el trópico bajo, Departamento del Cauca. Universidad del Cauca, CIAT. 30 p.

Rebollar, M. 2002. 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

Reyes, M. 2002. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: reenseñando el uso de este enfoque. *La Calera*. vol 2 No. 2 Universidad nacional agraria. Guatemala. 9p.

Rostango, H; Teixeira, L; Lopes, J; Gomez, P; Oliveira, R; Lopes, D; Ferreira, A; Toledo, S; Euclides, R. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos, Composición de Alimentos y

Requerimientos Nutricionales. Tercera edición, Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia. traducido del original em português por Sandra Carolina Salguero Cruz, Jorge Armando Prada. Luengas. – 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 259p.

Sánchez, D., 2006. Evaluación de germoplasmas de leguminosas herbáceas forrajeras en el centro de desarrollo tecnológico San Isidro, ciclo 2005-2006. Tesis de ingeniería, UNAN CUR-Matagalpa; 64 pgs.

SAS Institute. 1999. (Software). Cary. NC. USA. SAS.

Savón, L. 2000. Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibra. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

Savon, L; Dihigo, L; Scull, I; Gutiérrez, O; Albert, A y Orta, M. 2006. Valor nutritivo del follaje de *Trichanthera* (*Trichanthera gigantea*) en animales monogástricos. Revista Computadorizada de producción porcina. Vol 13 No 1.

Savon, L; Scull, I; Orta, M; Martinez, M. 2007. Harinas de follajes integrales de tres leguminosas tropicales para la alimentación avícola. Composición química, propiedades físicas y tamizaje fitoquímico. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 41. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, La Habana.

Schlecht, E., Mahler, F., Sangaré, M., Susenbeth, A. And Becker, K. 1995. Quantitative and qualitative estimation of nutrient intake and faecal excretion of Zebu cattle grazing natural pasture in semiarid Mali. In: Powell, J.M., Fernández-Rivera, S., Williams, T.O. and Renard, C. (eds) Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan, Africa. p. 85-97.

Schmidt, A. Peters, M. Franco, LH. Schultze-Kraft, R. 2005. *Canavalia brasiliensis*, una leguminosa usos múltiples para las zonas tropicales subhúmedas. En Congreso Internacional de pastizales XX: Memorias, Wageningen Academic Publishers (p. 382).

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

Sotelo, M; Vivas, E. 2011. Evaluación de la digestibilidad in-vivo de la harina de forraje de *Canavalia* (*Canavalia brasiliensis*) crudo en la etapa de finalización de pollos de engorde. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Agropecuarias.

Toledo, J. 1982. Manual para la evaluación Agronómica. CIAT. Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali.

Udedibie, A.B. 2001. Semillas de *Canavalia ensiformis* en dietas avícolas. Resultados recientes de investigaciones en Nigeria. *Revista Cubana de Ciencia Avícola* 25: 89–99.

UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2008. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2010-5-30.

Valencia, R; Carmen, H; Vargas, y Arreta, G. SF. Variedades mejoradas de soya para zonas productivas actuales y potenciales de Colombia. *Artículos Científicos. CORPOICA.* 10 p.

Van Soest, P. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* Second edition. Cornell University. Ithaca and London. 465 p.

Vargas, R.E., León, A., Escobar, A. 1993. *Canavalia ensiformis* (L.) DC, producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. Impreso en san Cristóbal Venezuela, Editorial Futuro.

Vivas, N. Evaluación agronómica de 137 accesiones de *Desmodium velutinum* en la estación experimental CIAT, Santander de Quilichao. Trabajo de Maestría Producción Animal Tropical. Palmira: Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005. p. 65 – 88

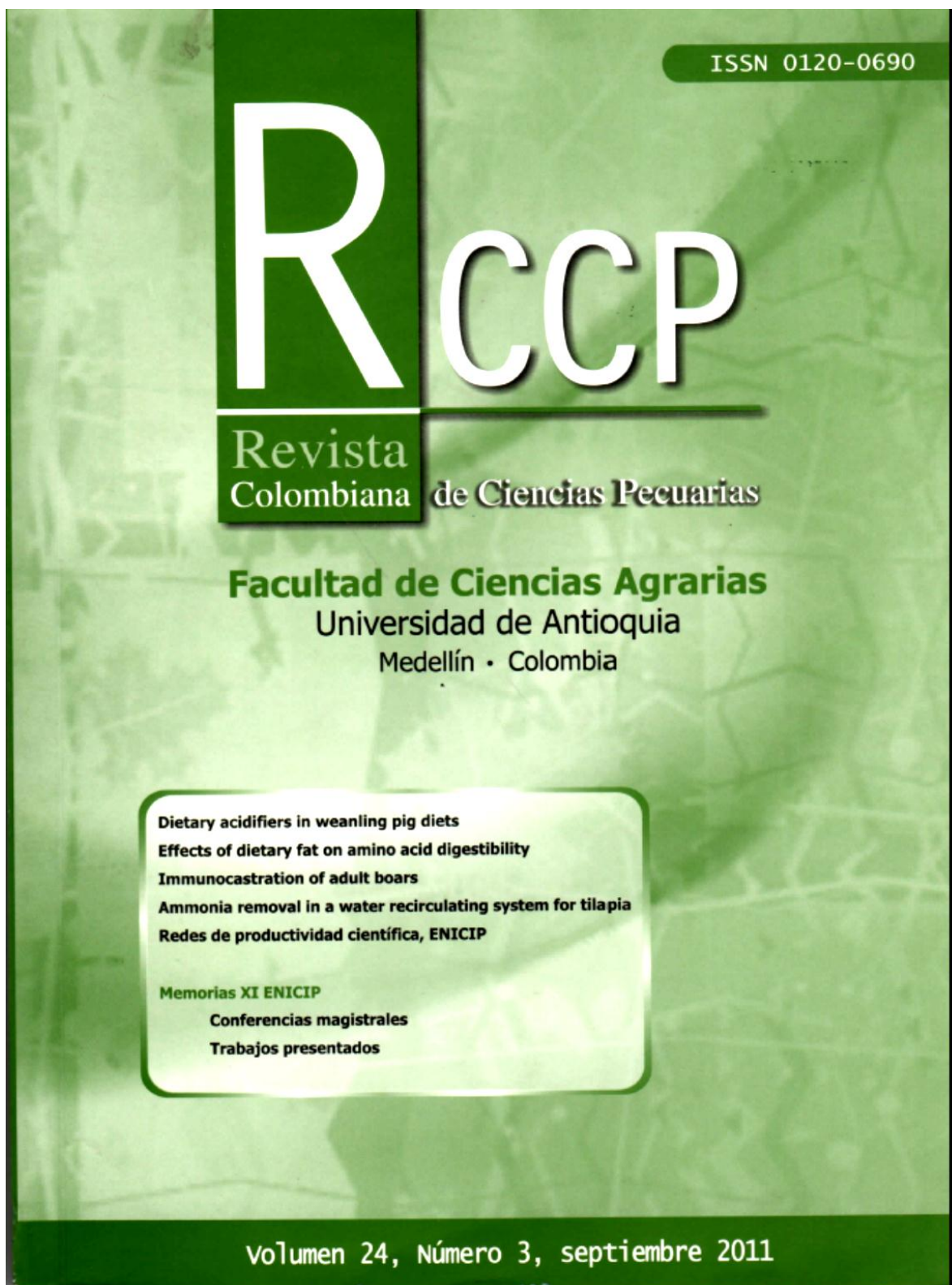
Vivas, N. Morales, S. 2005. Evaluación agronómica de 10 accesiones de guandul (*Cajanus cajan*) en la meseta de Popayán – Cauca. *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial.* Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Vol. 3 No. 1. Pp. 36-40.

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

Vivas, N; Morales, S; Alban, N; Prado, C; Gonzalez, C. 2011 Aumento de la productividad, competitividad y sostenibilidad de sistemas de pequeños y medianos productores de carne en la cuenca del patía y meseta de Popayán. Informe final. Unmiversidad del Cauca. 85p.

ANEXO A

TRABAJO PRESENTAD EN ENCUENTRO NACIONAL DE INVESTIGADORES DE LAS CIENCIAS
PECUARIAS , ENICIP, MEDELLÍN - COLOMBIA . 2011



resultados similares y en algunos casos mejores que los abonos químicos en la respuesta productiva de gramíneas y leguminosas constituyendo una alternativa de fertilización en cultivos con potencial forrajero.

Palabras clave: abonos orgánicos, compostaje, estiércol, indicadores, microorganismos.

Key words: compost, green manure, indicators, microorganisms, organic fertilizer.

Comparación de las emisiones de metano entérico y óxido nítrico en sistema tradicional y silvopastoreo*

Enteric methane and nitrous oxide comparison in a traditional system versus silvopasture system

Libardo Escobar Puerta¹, Zoot; Luis Alfonso Giraldo-Valderrama¹, Zoot, MSc, PhD; Guillermo Correa Londoño¹, IF, PhD

*Proyecto Financiado por el Programa Nacional-Bicentenario: Conservación, mejoramiento y uso estratégico de los recursos genéticos bovinos criollos en sistemas ganaderos sustentables en el trópico medio y bajo colombiano. ¹Grupo de investigación BIORUM.

El cambio climático es una de nuestras más grandes amenazas ambientales, sociales y económicas, la mayor parte del calentamiento se puede atribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero debida a las actividades humanas, siendo las concentraciones de metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O) las más vinculadas a la producción pecuaria y agrícola. Se determinarán las emisiones de los gases invernadero (GEI), N₂O y CH₄ de las praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) de dos esquemas de pastoreo, potrero tradicional sin árboles (PT) y sistema silvopastoril (SSP), además de estimar las emisiones de metano entérico por el ganado durante el ciclo de pastoreo en estos sistemas. El estudio se realizará en la hacienda Paisandú, propiedad de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en el municipio de Santa Elena. Para la realización de las mediciones de GEI del suelo, se utilizará el método de "cámara cerrada estática", ubicando cuatro cámaras en cada esquema de pastoreo, las cuales estarán hechas de material PVC y contarán con una adaptación de llave de tres vías, cada medición involucra un día de acumulación de gases en las cámaras, además se tomarán cuatro muestras de gas atmosférico, para ser usados como blancos. Para determinar las emisiones de metano entérico por el ganado se empleará la técnica "in vitro" (técnica de gases). Las muestras de gas serán almacenadas y enviadas al laboratorio para el análisis, con cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2014, equipado con detectores FID y ECD para determinación de metano y óxido nítrico, respectivamente. El experimento abarcará todo el ciclo de pastoreo, con 49 días de descanso y 7 días de ocupación. Las muestras de gases serán tomadas con intervalos de cinco días entre muestreos durante el periodo de descanso y cada día durante el pastoreo. Paralelamente, se tomarán valores de temperatura, además de muestras de suelo. Dichas muestras serán sometidas a las siguientes determinaciones básicas: pH suelo, humedad gravimétrica, nitratos, nitritos y amonio. Se espera obtener información que permita describir la dinámica de emisiones de los GEI provenientes del ganado y de los diferentes esquemas de pastoreo, como futuro soporte a diferentes investigaciones.

Palabras clave: desnitrificación, metanogénesis, nitrificación, pastura, suelo.

Key words: denitrification, methanogenesis, nitrification, pasture, soil.

Comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, en el municipio del Patía, finca Versailles

Agronomic performance and production of nine legume forage grass in the town of Patía, finca Versailles

Andrés Palechor¹, Est; Diego Bastidas¹, Est; Sandra Morales¹, MSc; Nelson Vivas¹, MSc; Michael Peters², PhD; Luis Horacio Franco², Ing Agron; Belisario Incapié², Adm; Elkin Rendón¹, Ing Agron.

¹Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria, Universidad del Cauca. ²Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Programa Forrajes.

La ganadería bovina constituye uno de los rubros de mayor importancia para la economía del municipio del Patía, por su aporte significativo en

generación de ingresos, empleos y alimentos para la población. Las condiciones climáticas adversas como el calor extremo que se genera en épocas de verano en esta región trae como consecuencia la disminución en la oferta de gramíneas y leguminosas, así como el escaso valor nutritivo que incide notablemente en la ganancia de peso de las diversas especies pecuarias, limitando la producción animal; es por eso que en el marco del proyecto "Aumento de la productividad y competitividad de pequeños y medianos productores de carne en el valle del Patía y meseta de Popayán" estudio el comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, en el municipio del Patía, finca Versailles, teniendo en cuenta la selección de las mejores especies que mejor se comporte en la zona de estudio. Al realizar el análisis de varianza de todas las variables evaluadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para todas las variables excepto Incidencia de malezas área descubierta, incidencia de plagas y enfermedades y producción de vainas, donde al realizar la prueba de promedios según Duncan, se evidencia que los materiales Cm 15160 y Cb 17009 obtuvieron el mejor comportamiento referente a las variables agronómicas y de producción, en cuanto a la producción de materia seca se destaca los materiales Cb 5234, Cm 15160, Sg 11995 y Dh 13651 con valores de 19.89%, 20.50%, 22.84% y 23.76%, respectivamente. Con los resultados obtenidos se espera que los productores ganaderos del municipio de Patía adopten los mejores materiales como plantas forrajeras, ya que se adaptan a las condiciones climáticas de la zona, obteniendo buenos parámetros productivos.

Palabras clave: condiciones climáticas, material vegetal.

Key words: climatic conditions, plant material.

Comportamiento de variables climáticas durante estaciones secas y de lluvia, bajo influencia del ENSO 2009-2010 (El Niño) y 2010-2011 (La Niña) dentro y fuera de sistemas silvopastoriles intensivos en el Caribe seco de Colombia

Behavior of weather variables during dry and rainy seasons under the influence of the ENSO 2009-2010 (El Niño) and 2010-2011 (La Niña) inside and outside of intensive silvopastoral systems

Oscar Alonso Rueda¹, Ing Agri; César Augusto Cuartas¹, Zoot; Juan Fernando Naranjo¹, Zoot; Claudia Patricia Córdoba Escobar¹, Zoot; Enrique Murgueitio Restrepo¹, MVZ; Héctor Anzola Vásquez¹, MV, PhD.

¹Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. ²Coordinador de investigación y desarrollo de la subgerencia de Ciencia y Tecnología de FEDEGAN.

La producción vegetal y pecuaria es afectada por la presencia de fenómenos como el ENSO al generar cambios en el comportamiento temporal de variables climáticas importantes para su desarrollo. Humedad relativa (HR), temperatura (T) y evapotranspiración (ET), afectan la respuesta fisiológica modificando tasas de crecimiento y finalmente de producción. Se realizó una caracterización climática del entorno de dos Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) con leucaena (*Leucaena leucocephala* L.) y mango (*Mangifera indica* L.), SSPI con leucaena en varios estratos y en un sistema ganadero tradicional extensivo, haciendas localizadas en el departamento del Cesar, Colombia. Se evaluó el comportamiento de estas variables al interior de cada sistema para analizar su potencial en mitigar los efectos del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña), comparando la dinámica temporal diaria (ciclo diario) de cada variable para diferentes épocas climáticas. Cada sistema posee una estación climatológica. Se modeló estocásticamente la humedad del suelo (SM). Las variables se analizaron en temporadas secas y lluviosas durante la presencia de El Niño 2009-2010 y La Niña 2010-2011. La intensidad de las diferentes fases del ENSO se determinó desde el comportamiento del Oceanic Niño Index (ONI). Las principales diferencias entre los valores de los ciclos diarios evidencian que para periodos secos y lluviosos el sistema tradicional presentó los cambios más fuertes con respecto a El Niño y La Niña, temperaturas superiores en 3 °C en lluvias y 4 °C en periodo seco. En los SSPI estas diferencias fueron de 1.7 y 1.1 °C, respectivamente. El comportamiento de ET evidencia mayor capacidad de los SSPI para amortiguar efectos de temporadas climáticas adversas con valores hasta de 1.5 mm/día por debajo del registro en el sistema tradicional. HR fue mayor en los SSPI hasta en un 14% en algunas de las temporadas. SM presentó valores más críticos en el sistema extensivo, con mayores probabilidades de ocurrencia de estrés hídrico con respecto a los SSPI. Los resultados permiten concluir que los SSPI pueden modificar en su interior valores de variables climáticas, favoreciendo el desempeño productivo de plantas forrajeras, perfilándose como sistema de adaptación eficiente de la ganadería del trópico seco al cambio climático.

TRABAJO PRESENTAD EN EL IX CONGRESO INTERNACIONAL DE PASTIZALES, ROSARIO –
ARGENTINA. 2011



IX International Rangeland Congress

Diverse Rangelands for a Sustainable Society

IX IRC2011 • Rosario • Argentina

Edited by

Susana R. Feldman

Gabriel E. Oliva

and

Mónica B. Sacido

Agronomic response of eight accessions of *Canavalia brasiliensis* in five low-tropical environments

Quiñonez Santiago J.¹, Grimaldo Camayo U.¹, Morales Velasco S.¹, Vivas Quila N.¹

¹Universidad del Cauca- Grupo De Investigación Nutrición Agropecuaria
jquinonez@unicauca.edu.co Calle 5 No. 4-70, Popayán – Cauca. Colombia

urielg@unicauca.edu.co Calle 5 No. 4-70, Popayán – Cauca. Colombia

samorales@unicauca.edu.co Calle 5 No. 4-70, Popayán – Cauca. Colombia

nvivas@unicauca.edu.co Calle 5 No. 4-70, Popayán – Cauca. Colombia

Key words: AGRONOMIC RESPONSE, *Canavalia brasiliensis*.

Introduction

In development of the project "Increasing the Productivity, Competitiveness and Sustainability of Small and Medium

ANEXO C

TRABAJO PRESENTAD EN EL IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA, SOCLA,
LIMA –PERÚ. 2013



SOCLA

IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA
10 - 12 SETIEMBRE 2013
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LIMA, PERÚ

Potenciación agroecológica de la pequeña agricultura para la
soberanía alimentaria y la resiliencia frente al cambio climático y
la crisis económica



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



REDAGRES
Red Agrícola de Agroecología Perú al Desarrollo
de Saberes Agrarios Rurales y Ciencia Ciudadana



342. *Canavalia brasiliensis*, UNA OPCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN EL SUROCCIDENTE DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA – COLOMBIA

Susana A Escudero-Hernández¹, Milton H. López-Tobar¹, Sandra Morales-Velasco¹, Fabio A. Prado¹, Nelson J. Vivas-Quila¹, Noé Albán-López¹, Elkin Rendón-Chacón.²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias. Grupo de Investigación en Nutrición Agropecuaria. Universidad del Cauca. Popayán (Cauca- Colombia).

² Centro Internacional en Agricultura Tropical – CIAT

Con semilla suministrada por el CIAT, se sembraron dos parcelas con *C. brasiliensis* en dos municipios del departamento del Cauca, se valoró el suelo antes de la siembra y posteriormente se realizaron 3 mediciones más, teniendo en cuenta el aporte de hojarasca, edafofauna y características Físicoquímicas del suelo. Para la finca Villa Camila (Municipio de Mercaderes) el suelo franco arcillo arenoso, ligeramente ácido (pH: 5.98), durante las dos primeras mediciones se incrementaron los valores para N-total (0: 0.001; 1:0.5 2:0.6), % M.O (0: 9.3, 1:10, 2:11.7) y P-_{ppm} (0: 2.8, 1:7.2, 2: 16.6), evidenciando el efecto positivo sobre la fertilidad del suelo, pero en el último muestreo hubo un decremento a lo mejor generado por el periodo lluvioso que pudo ocasionar la pérdida de nutrientes. Para la finca la Sirena (Municipio de Rosas), Suelo Franco Arcilloso y fuertemente ácido (pH: 4,7) las variaciones de los nutrientes fueron menores, esto a lo mejor debido a que el aporte de hojarasca fue menor (63gr/m²), con respecto al otro sitio que fue de 159 gr/m². El incremento de edafofauna se observó en la medida que pasaron los muestreos, donde el mayor registro fue para la finca La sirena con 9 órdenes diferentes y 6 para Villa Camila que al inicio de las observaciones no se registraron organismos, lo que evidencia el efecto de la *C. Brasiliensis* sobre el suelo y sus características físicoquímicas y biológicas.

ANEXO D

TRABAJO PRESENTADO EN TROPENTAG, BONN – ALEMANIA, 2011



Tropentag 2011, October 5 - 7, Bonn, Germany

"Development on the margin"

In vivo Digestibility of *Vigna unguiculata* Grain Meal in Broilers

Nelson José Vivas Quila¹, Victor Andres Burbano¹, Jhon Fredy Gutierrez¹, Siriwan Martens², Luz Stella Muñoz³

¹University of Cauca, Dept. of Agricultural Sciences, Colombia

²International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Tropical Forages, Colombia

³Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Dept. of Animal Science, Colombia

Abstract

Investigating alternative feed for broiler chickens of small producers, the coefficient of apparent digestibility of *Vigna unguiculata* grain in raw and cooked form was determined. Therefore, a completely randomised design with three treatments and six repetitions was applied, substituting weight for weight and using male chickens (line COOB 500) in the finisher phase. They were confined in metabolic cages with 8 days acclimatisation to the ambient and 5 days to the experimental diet previous to the measurement of digestibility. The following treatments were applied: T0 control diet (balanced, non-commercial), T1 70% control diet control and 30% raw *V. unguiculata* grain, and T2: 70% control diet and 30% cooked (5') *V. unguiculata* grain. The apparent fecal digestibility of raw and cooked grain was determined, as well as of single nutrients of the diet.

The coefficients of apparent dry matter (DM) digestibility of raw and cooked grains of *V. unguiculata* were 66.95 and 72.78%, respectively. The apparent DM digestibility of the complete diets did not show significant differences between T0 (78.3%) and T2 (76.6%), nor between T2 and T1 (74.9%) ($P>0.05$). Single components of the diets did not differ statistically in digestibility ($P>0.05$): ether extract (87.3% for T0 and 84,5% for T1 and T2), crude protein (T0 70,6%, T2 70%, and T1 65,2%). In gross energy (T0 84,2%, T2 84,9% and T1 80,5%), the digestibility of T0 and T2 was similar, and higher than T1 ($P<0.05$). The three treatments differed

significantly in the digestibility of the crude fiber (48,1%, 31,9% and 62% for T0, T1 and T2 respectively). Digestibility of nitrogen-free extract (T0 87,3%, T1 and T2 84,5%) was significantly different between T0 and the other two treatments, while ash was similarly digested in T1 (26.8%) and T2 (34.5%) compared to T0 (31.9%) ($P>0.05$).

The similarity observed for the digestibility and consumption of *V. unguiculata* grain compared to control suggests it as an alternative to soybean meal to reduce production costs.

Keywords: Broiler, grain meal, *in vivo* digestibility, legume grain, *Vigna unguiculata*

Contact Address: Nelson José Vivas Quila, University of Cauca, Dept. of Agricultural Sciences, Calle 5 No. 4-70, Popayán, Colombia, e-mail: nvivas@unicauca.edu.co