

**VALORACIÓN NUTRICIONAL DE DOS ESPECIES FORRAJERAS
ALTOANDINAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN LA ALIMENTACIÓN
DE CUYES.**

GONZALO CARDONA MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

**VALORACIÓN NUTRICIONAL DE DOS ESPECIES FORRAJERAS
ALTOANDINAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN LA ALIMENTACIÓN
DE CUYES.**

GONZALO CARDONA MARTÍNEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister
en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción Animal**

**Director de trabajo:
JOSE EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot., MSc., PhD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo n° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

PAULINA DÁVILA SOLARTE, Zoot. MSc.
Jurado delegado

JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA. I.A.,
MSc, PhD
Jurado

JAIRO MORA, Zoot., MSc., PhD. Jurado

JOSE EDMUNDO APRÁEZ G, Zoot., MSc., PhD
Presidente

San Juan de Pasto, Mayo de 2013

AGRADECIMIENTOS

José Edmundo Apráez Guerrero, Zootecnista, MSc., PhD

Paulina Dávila Solarte, Zootecnista, MSc.

Jorge Fernando Navia Estrada, Ingeniero Agrónomo, MSc., PhD.

Jairo Mora, Zootecnista, MSc., PhD.

Martha Sofía González I. Bióloga, MSc., PhD.

Sandra Espinoza, Ingeniera Acuícola

A don Fidel Chalparizan por sus grandes ideas, producto de muchos años de experiencia y del duro trabajo en los agrestes páramos del volcán Cumbal.

A Arcesio Valenzuela y su familia, por su colaboración y aporte para poder llevar a cabo esta investigación.

A Fernanda López, Socorro Merino, Andrés Hernández, Mónica Hernández y Jairo Guadir, por su colaboración diaria para realizar las labores prácticas de este trabajo.

A Marco Vinicio Santizo por su acompañamiento y labor de seguimiento fotográfico a todas las actividades de la investigación.

DEDICO A

A mi esposa Nelly Burbano y a mis hijos Oscar Eduardo y Christian Camilo por su paciencia y apoyo, que sirvieron para poder terminar con éxito esta etapa de la vida.

A mi hermana Amelia, por su apoyo incondicional y su preocupación permanente, que me animaron a no desfallecer en esta ardua empresa.

A mis compañeros de maestría por su consejo y colaboración en los momentos difíciles por los que pasamos juntos.

RESUMEN

En la presente investigación se determinó el contenido nutricional, antinutricional, digestibilidad de las especies *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* y el comportamiento de cuyes con la inclusión de sus harinas en las dietas así como su beneficio económico y caracterización dasométrica de las especies citadas, en el Municipio de Cumbal, departamento de Nariño, a una altura promedio de 3.050 msnm, temperatura media de 10°C y precipitación anual de 951 mm.

Mediante un diseño irrestrictamente al azar se evaluó la digestibilidad de los componente nutritivos de T0: forraje de pasto brasileiro, T1: forraje de *Gynoxys campii*, T2: forraje de *Monticalia andicola*; cada tratamiento se replicó 5 veces con un cuy macho de peso entre 900 y 1000 g. La harina obtenida de las arbustivas se valoró en una prueba de comportamiento animal, para ello se emplearon 80 cuyes machos con pesos entre 340 y 440g, alojados en 20 compartimentos de 10 jaulas, 4 cuyes por compartimento, para un total de 20 unidades experimentales; también bajo un diseño irrestrictamente al azar se evaluó el consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad, se probaron 5 tratamientos, T0: forraje de pasto brasileiro T1: forraje de pasto brasileiro + concentrado comercial, T2: forraje de pasto brasileiro + harina de *Monticalia andicola*, T3: forraje de pasto brasileiro + harina de *Gynoxys campii*, T4: forraje de pasto Brasileiro + harina de *Monticalia andicola* y *Gynoxys campii* (50% y 50%).

La especie *Monticalia andicola* presentó mejor contenido nutricional, con porcentajes proteína de 15% y energía de 499 KcalEB/100g, mayor digestibilidad de la materia seca 79,04% ($P < 0,01$) pero menor consumo de forraje 30,28 g/animal/día ($P < 0,1$), debido quizá a su contenido de fenoles y esteroides. La inclusión de harina de esta especie en la dieta de los cuyes mejoró el consumo de materia seca a 64,94 g/día ($P < 0,01$) y la ganancia de peso 7,65 g/animal/día ($P < 0,01$), El valor de nutrientes digestibles totales de *Monticalia andicola* (71%) resultó apropiado para los cuyes en levante y engorde, condiciones que hacen de esta especie un forraje promisorio para la alimentación cuyícola.

La elaboración de las harinas incrementó los costos de alimentación, debido a la elaboración artesanal, que repercutió en una menor rentabilidad en T2, T3 y T4 (1,48, 4,52 y 5,51% respectivamente) frente a 30,77% de T1.

A partir de estos resultados, se recomienda realizar más estudios sobre *Monticalia andicola* y no extraer de su hábitat natural a *Gynoxys campii* para la alimentación de cuyes.

ABSTRACT

It was determined the nutritional and antinutritional content, digestibility of species *Gynoxys campii* and *Monticalia andicola* and productive behavior of guinea pigs with the inclusion of their meals in the diets, economic results and characterization dasometric of those species, in the Municipality of Cumbal department of Nariño, at an average altitude of 3,050 meters above sea level , average temperature 10 ° C and annual rainfall of 951 mm .

Using a randomized design apparent digestibility was evaluated in T0: Brazilian forage, T1: *Gynoxys campii* forage, T2: *Monticalia andicola* forage, each treatment was replicated 5 times with male guinea pigs weighing between 900 and 1000 g. The meal of shrub was assessed in a test of animal behavior, for it was used 80 male guinea pigs weighing between 340 and 440g, housed in 10 cage with 20 compartments, 4 guinea pigs per compartment, for a total of 20 experimental units, with randomized design the voluntary intake, weight gain, feed conversion and mortality were tested 5 treatments, T0: Brazilian forage, T1: Brazilian forage + concentrate, T2 : Brazilian forage + *Monticalia andicola* meal, T3 : Brazilian forage + *Gynoxys campii* meal, T4 : Brazilian forage + *Monticalia andicola* and *Gynoxys campii* meals (50 % and 50 %) .

Monticalia Andicola showed improved nutritional content, with percentages of 15 % protein and energy of 499 KcalEB/100g, digestibility of dry matter 79.04 % (P< 0.01) but lower forage intake 30.28 g / animal / day (P < 0.1) , perhaps due to their content of phenols and sterols. The inclusion of meal of this species improved dry matter intake 64.94 g / day and weight gain 7.65 g / animal / day (P < 0.01), the value of total digestible nutrients of *Monticalia andicola* (71 %) was suitable for growing and fattening up of guinea pigs. The handmade meals increased feed costs which affected lower profitability in T2, T3 and T4 (1.48, 4.52 and 5.51 %, respectively) compared to 30.77 % of T1.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
1.1 GENERALIDADES DEL CUY	18
1.1.1 Origen y clasificación	18
1.1.2 Clasificación Zoológica	18
1.1.3 Antecedentes históricos	18
1.1.4. Distribución mundial.....	19
1.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA.....	19
1.2.1. Boca.....	19
1.2.2. Esófago.....	20
1.2.3. Estómago.....	20
1.2.4. Intestinos.....	20
1.2.5. Intestino delgado.....	21
1.2.6. Intestino grueso.....	21
1.3. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN	21
1.3.1. Consumo.....	21
1.3.2. Necesidades de proteína	22
1.3.3. Necesidades de fibra	23
1.3.4. Necesidades de energía	24
1.3.5. Necesidades de grasa	24
1.3.6. Necesidades de agua	25
1.3.7. Necesidades de vitaminas y minerales	25
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORRAJERAS ARBUSTIVAS	26
1.4.1. <i>Gynoxys campii</i>	26
1.4.2. <i>Monticalia andicola</i>	26
1.5. METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS	27
1.5.1. Saponinas	28

1.5.2.	Fenoles	29
1.5.3.	Esteroles	29
1.5.4.	Alcaloides.....	30
1.6.	MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES	31
1.6.1.	Al aire libre y al sol	31
1.6.2.	A la sombra y bajo abrigo	31
1.6.3.	Métodos industriales	31
2.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
2.1.	LOCALIZACIÓN.....	33
2.2.	DESCRIPCIÓN DEL PASTO BRASILEIRO (<i>Phalaris sp</i>).....	33
2.3.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL Y ANTINUTRICIONAL DE LAS ESPECIES <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	34
2.3.1.	Humedad (H).....	34
2.3.2.	Proteína cruda (PC)	34
2.3.3.	Extracto etéreo (EE).....	34
2.3.4.	Ceniza (CEN).....	34
2.3.5.	Fibra cruda	34
2.3.6.	Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina	34
2.3.7.	Energía (E).....	35
2.3.8.	Minerales	35
2.3.9.	Contenido de metabolitos secundarios de las plantas	35
2.4.	PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> APARENTE DE LAS ARBUSTIVAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	35
2.4.1.	Instalaciones y equipos.....	35
2.4.2.	Animales	36
2.4.3.	Plan Sanitario.....	36
2.4.4.	Alimentación.....	36
2.4.5.	Etapa pre-experimental.....	36

2.4.6.	Etapa experimental	36
2.4.7.	Análisis químico	36
2.4.8.	Tratamientos	37
2.4.9.	Diseño experimental	37
2.4.10.	Variables evaluadas.....	37
2.5.	PRUEBA DE COMPORTAMIENTO CON LA INCLUSIÓN DE HARINA DE LAS FORRAJERAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i> EN LAS DIETAS DE CUYES.....	39
2.5.1.	Animales	39
2.5.2.	Alimentación.....	39
2.5.3.	Plan sanitario	39
2.5.4.	Instalaciones y equipos.....	39
2.5.5.	Elaboración de las harinas de <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	39
2.5.6.	Tratamientos	40
2.5.7.	Diseño experimental	41
2.5.8.	Variables evaluadas.....	41
2.6.	BENEFICIO ECONÓMICO DE LA INCLUSIÓN DE LAS ARBUSTIVAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i> EN LA DIETA DE CUYES EN LEVANTE Y ENGORDE.	42
2.7.	CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE LAS ESPECIES <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	43
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
3.1.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL Y ANTINUTRICIONAL DE LAS ESPECIES <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	44
3.1.1	Contenido nutricional	44
3.1.1.1.	Materia seca (MS).....	44
3.1.1.2.	Ceniza.....	45
3.1.1.3.	Extracto etéreo (EE).....	45
3.1.1.4.	Proteína cruda (PC)	45

3.1.1.5. Extracto libre de nitrógeno ELN	45
3.1.1.6. Energía	46
3.1.1.7. Fibra detergente Neutro (FDN)	46
3.1.1.8. Fibra detergente ácido (FDA).....	46
3.1.1.9. Lignina.	47
3.1.1.10. Celulosa	47
3.1.1.11. Hemicelulosa.	47
3.1.1.12. Calcio.....	47
3.1.1.13. Fósforo.....	47
3.1.1.14. Magnesio	47
3.1.2. Metabolitos secundarios de las plantas	48
3.2. ESTABLECIMIENTO DE LA DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> APARENTE DE LAS ARBUSTIVAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	49
3.2.1. Consumo de Materia Seca.....	50
3.2.2. Digestibilidad <i>In vivo</i> de la materia seca	51
3.2.3. Digestibilidad de la proteína cruda	51
3.2.4. Digestibilidad de la fibra	52
3.2.5. Digestibilidad del extracto etéreo	53
3.2.6. Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno.....	53
3.2.7. Nutrientes digestibles totales (NDT).....	53
3.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE LAS FORRAJERAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i> EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS CUYES.	54
3.3.1. Consumo de Materia Seca (CMS)	54
3.3.2. Ganancia de peso	56
3.3.3. Conversión alimenticia	57
3.3.4. Mortalidad	57
3.4. BENEFICIO ECONÓMICO DE LA INCLUSIÓN DE LAS ARBUSTIVAS <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i> EN LA DIETA DE CUYES EN LEVANTE Y ENGORDE.	58

3.5. CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE LAS ESPECIES <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	59
RESULTADOS.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	69

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1.	Índices de consumo, aumento de peso y conversión alimenticia de cuyes.....	22
Tabla 2.	Requerimientos de proteína, energía, calcio y fósforo del cuy en diferentes etapas productivas.	23
Tabla 3.	Requerimientos nutricionales de cuyes durante la etapa de crecimiento y engorde	24
Tabla 4.	Contenido nutricional del pasto Brasileiro	33
Tabla 5.	Composición química de los forrajes utilizados:	44
Tabla 6.	Rangos para la lectura fitoquímica cualitativa.....	48
Tabla 7.	Pruebas fitoquímicas preliminares, metabolitos secundarios.	48
Tabla 8.	ANDEVA para las variables CMS, DMS, DPC, DF, DEE, DELN y NDT de los forrajes de brasileiro, <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	50
Tabla 9.	Prueba de Tukey para las variables CMS, DMS, DPC, DF, DEE, DELN y NDT de los forrajes de brasileiro, <i>Gynoxys campii</i> y <i>Monticalia andicola</i>	50
Tabla 10.	ANDEVA para las variables CMS, GDP Y CA	54
Tabla 11.	Prueba de Tukey para las variables CMS, GDP Y CA.....	54
Tabla 12.	Balance de proteína y NDT de los tratamientos	55
Tabla 13.	Balance de proteína y energía total de los tratamientos	57
Tabla 14.	Mortalidad de los cuyes para cada uno de los tratamientos	58
Tabla 15.	Resultados económicos de los tratamientos.....	59
Tabla 16.	Caracterización dasométrica	60

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Composición química de las heces de T1 pasto Brasileiro	70
Anexo B. Composición química de las heces de T2 <i>Gynoxys campii</i>	71
Anexo C. Composición química de las heces de T3 <i>Monticalia andicola</i>	72
Anexo D. Composición química de la harina de <i>Gynoxys campii</i>	73
Anexo E. Composición química de la harina de <i>Monticalia andicola</i>	74
Anexo F. Composición química del concentrado comercial.....	75

ACRONIMOS

AC:	Altura de la copa
AF:	Altura del fuste
AT:	Altura total
AOAC:	Association of official analytical chemists
CA:	Conversión alimenticia
CD:	Coefficiente de digestibilidad
CMS:	Consumo de materia seca
DAP:	Diámetro a la altura del pecho
DC:	Dimensiones de copa
DELN:	Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno
DF:	Digestibilidad de la fibra
DMS:	Digestibilidad de la materia seca
DPC:	Digestibilidad de la proteína cruda
E:	Energía
EE:	Extracto etéreo
EC:	Espesor de corteza
ELN:	Extracto libre de nitrógeno
FDA:	Fibra detergente ácido
FDN:	Fibra detergente neutro
H:	Humedad
Me:	Material excretado
Mo:	Material ofrecido
MS:	Materia seca
NDT:	Nutrientes digestibles totales
NRC:	National Research Council
PB:	Proteína bruta
PC:	Proteína cruda
PD:	Principio digestible

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Nariño la producción de cuyes tiene gran importancia socioeconómica y cultural, debido a que provee a las poblaciones indígenas y campesinas de alimento e ingresos económicos y constituye un importante elemento de identidad cultural. Es además la única especie animal nativa que conservan las familias rurales, con capacidad de transformar forrajes fibrosos en proteína de excelente calidad y de integrarse más fácilmente a un sistema de producción agropecuario diversificado y sostenible, bajo condiciones de mini y microfundio donde es imposible sostener otra especie animal herbívora.

En estas condiciones de escasa tierra para la producción en el sur de Nariño, la crianza de cuyes la realizan principalmente las mujeres indígenas de manera semitecnificada, en jaulas o pozas y en galpones, con poco uso de concentrados. La alimentación de los animales se basa en el suministro de gramíneas, leguminosas, arbustivas y arbóreas, algunas de las cuales no son cultivadas sino recolectadas de lugares comunitarios, de cercos vivos o de zonas de protección de nacimientos y quebradas, y son utilizadas principalmente en las épocas secas cuando escasean los forrajes convencionales. Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras (2009). Los árboles y arbustos no solo son una opción alimenticia para los animales, sino que proporcionan leña, madera, medicinas y servicios ambientales a la población (FAO, 2013).

Es necesario valorar, estudiar y potenciar el conocimiento tradicional de indígenas y campesinos sobre alimentación de cuyes con forrajes arbustivos y arbóreos, para usarlo en la disminución de costos de producción, el mejoramiento de la calidad de la carne, la reducción de la dependencia de insumos externos y contribuir al mejoramiento de sus condiciones de vida, así como al fortalecimiento de la identidad.

Con el propósito de aportar al mejoramiento de la producción cuyícola en las zonas altas del departamento y utilizando especies arbustivas de uso frecuente por los productores locales, la presente investigación planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Las arbustivas forrajeras: *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* incorporadas a la dieta en forma de harinas permiten mejorar la productividad de los cuyes en el resguardo de Cumbal?

Se plantearon además los siguientes objetivos:

Objetivo general: Determinar el valor nutricional de las especies arbustivas *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* en la alimentación de cuyes en fases de levante y engorde en la zona altoandina del departamento de Nariño.

Objetivos específicos:

- Determinar el contenido nutricional y antinutricional del forraje proveniente de las especies en estudio.
- Establecer la digestibilidad *In vivo* aparente de las arbustivas *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.
- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de las forrajeras *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* en el comportamiento productivo de los cuyes.
- Estimar el beneficio económico de la inclusión de las arbustivas *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* en la dieta de cuyes en las fases de levante y engorde
- Caracterizar dasométricamente las especies *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES DEL CUY

1.1.1 Origen y clasificación. El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero originario de América del Sur (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela), donde se lo cría para el consumo humano desde la época precolombina, hace más de 5000 años, siendo el único animal doméstico que los nativos tenían dentro de sus chozas (Ortegón y Morales, 1987).

1.1.2 Clasificación Zoológica

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Clase:	Mamífero
Subclase:	Theria
Infraclase:	Eutheria
Orden:	Rodentia
Suborden:	Histrichomorpha
Familia:	Cavidae
Género:	Cavia
Especie:	porcellus

1.1.3 Antecedentes históricos. Pruebas existentes demuestran que el cuy fue domesticado hace 2500 a 3600 años. Estudios estatígrafos hechos en el templo del cerro Sechín (Perú), donde se han encontrado abundantes depósitos de excretas de cuy y en el primer periodo de la cultura Paracas denominado Cavernas (250 a 300 a.c.), muestran que la alimentación ya incluía la carne de cuy. Para el tercer periodo de esta cultura (1400 d.c.), casi todas las viviendas tenían cuyes. Se han encontrado cerámicas como en los Huacos Mochicas y Vicus, lo que da una idea de la importancia que tenía esta especie animal en la alimentación humana (Chauca, 1997). Otros estudios reportan que los cuyes aparecieron por primera vez en la era del Mioceno medio de Sudamérica, hace 20 millones de años. Durante el periodo del imperio Inca (1200-1532), se desarrolló su crianza extensiva, produciendo diferentes líneas las cuales se caracterizaban por su color y sabor, además era utilizado como mascota, considerándose los primeros en domesticarlo (Guerrero, 1990).

1.1.4. Distribución mundial. En los países andinos existe una población estable de más o menos 35 millones de cuyes. La distribución de la población de cuyes en el Perú y el Ecuador es amplia, se encuentra en la casi totalidad del territorio, mientras que en Colombia y Bolivia su distribución es regional y con poblaciones menores. Por su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, los cuyes pueden encontrarse desde la costa o el llano hasta alturas de 4500 metros sobre el nivel del mar y en zonas tanto frías como cálidas (Chauca, 1997).

El género *Cavia* se extiende desde Venezuela hasta Argentina y desde los Andes del Perú hasta Pernambuco, Brasil. Todas las especies de este género son semejantes entre sí, en cuanto a la morfología externa y a los caracteres craneales aunque estos pueden variar con la edad (Pinto et al, 2002)

Parece que en el siglo XVI, el cuy fue llevado a Europa con el pavo y el pato americano, específicamente a París y Augsburgo, como un animal ornamental. De Europa pasó a el resto del mundo, incorporándose como animal de laboratorio en investigación médica y biológica, por su mansedumbre y su alta sensibilidad a muchos agentes microbianos (Aliaga, 1979).

1.2. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA

El cuy se encuentra en el grupo de monogástricos herbívoros, realizando una fermentación postgástrica con gran capacidad de consumo de forraje. Tiene un solo estómago, donde se lleva a cabo una digestión enzimática y además posee un ciego funcional muy desarrollado, con presencia de flora bacteriana, las cuales son altamente predominantes. Posee una serie de protozoarios, del tipo *Entodinium*, *Diplodinium*, *Isotricha* y *Dasitricha*, siendo las bacterias y los protozoarios responsables de la fermentación de alimentos fibrosos. La capacidad fermentativa del tracto digestivo del cuy alcanza valores de 46% en el ciego y 29% en colon, superiores al equino, con 15%, y al conejo, con 43% en el ciego (Caycedo, 2000).

El sistema digestivo de los cuyes está formado de órganos capacitados para la recepción y digestión de los alimentos, su paso a través del cuerpo y la eliminación de las porciones no absorbidas. Se extiende desde los labios al ano y presenta las siguientes partes: Boca, faringe, tubo digestivo y órganos accesorios. El tubo digestivo se extiende desde la faringe hasta el ano, incluyendo los siguientes órganos: Esófago, estómago, intestino delgado (incluye: duodeno, yeyuno e íleon en ese orden de craneal a caudal), intestino grueso (se divide en: ciego, colon, recto) y finaliza en el ano (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.1. Boca. Está formada por un hocico estrecho, poco prolongado y velludo; la lengua se ubica en una posición rostral, adherida a la cavidad oral de la cual un tercio se encuentra libre, mide 4.5 cm, tiene forma triangular. La mucosa presenta papilas cónicas, filiformes, lenticulares y foliadas La glándula parótida es muy

desarrollada, la glándula mandibular es alargada y está cubierta por la parótida, la glándula sublingual se encuentra por debajo de la mucosa de la boca (Ortegón y Morales, 1987).

Los labios son dos pliegues músculo membranosos, que se unen en las comisuras labiales, el labio superior presenta una hendidura o surco medio profundo, considerándose como labio leporino, el inferior es liso y redondeado el cual continua con una bolsa que recubre los incisivos inferiores (Romero y Ruiz, 2004).

El cuy es un animal heterodonto, los incisivos son lisos y sin surco, los inferiores más redondeados, con una longitud aproximada de 1.3 cm, de corona expuesta y de extremos cortantes. Los molares son compuestos y de corona plana, presenta cada uno una lámina escamosa y simple y otra lámina hendida hacia fuera de los molares superiores y hacia dentro en los inferiores (Ortegón y morales, 1987). Si se tiene en cuenta el plan general de dentición que presentan los mamíferos (incisivos, caninos, premolares y molares), la de los cuyes es incompleta, careciendo de caninos; los incisivos inferiores en comparación con los incisivos superiores, presentan menor desgaste y presentan un crecimiento continuo según el desarrollo del animal (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.2. Esófago. Se origina en la cara dorsal de la laringe y a nivel de la tercera vértebra cervical, se traslada a la izquierda. A la entrada del tórax se torna dorsal, cuando alcanza el corazón se vuelve derecho y finalmente termina en el cardias (Ortegón y morales, 1987). El esófago presenta cuatro capas la externa o lámina fibrosa (Túnica adventicia), la capa muscular, la submucosa y la interna o mucosa. Con respecto a la longitud puede llegar a alcanzar hasta 13,7 cm promedio en la fase adulta, su crecimiento es paulatino y dependiente de la fase de desarrollo (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.3. Estómago. Es voluminoso y con escaso poder contráctil, presenta una curvatura mayor (8,37 cm promedio fase adulta) y una menor (5,27 cm promedio fase adulta), una capacidad de 100 a 110 ml en un macho de 1605 g de peso, longitud de 10.7 cm y ancho de 7 cm (Ortegón y Morales, 1987).

Presenta dos omentos: el omento mayor, conectado con el páncreas y la parte inicial del duodeno y el omento menor relacionado con el duodeno e hígado; también dos ligamentos: el gastrofrénico, por medio del cual se fija para mantener su posición y el gastroesplénico el cual posee gran vascularización. El estómago está formado por cuatro estructuras (serosa, muscular, submucosa y mucosa), en la mucosa se distinguen claramente cuatro porciones, la esofágica, la cardiaca, la fúndica y pilórica (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.4. Intestinos. Es el segmento más extenso del sistema digestivo, se encuentra dispuesto en pliegues lo cual facilita su ubicación en la cavidad abdominal ocupando la mayor parte de esta. En su porción craneal se conecta con

el estómago a través del píloro y termina en el ano por donde excretas los residuos alimenticios después del proceso digestivo (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.5. Intestino delgado. Está formado por el duodeno que se desprende del píloro para formar pequeñas flexuras, se continúa con el yeyuno sin una demarcación definida, junto con el íleon forman la porción mesentérica del intestino delgado. El íleon posee paredes muy gruesas y desemboca en la curvatura menor de la base del ciego en la papila ileal (Ortegón y Morales, 1987).

El intestino delgado se encuentra formado por cuatro capas: la serosa, la muscular la submucosa y la mucosa, se caracteriza por que a lo largo de su recorrido se ubican unas placas de color blanquecino y de forma ovalada que corresponden a las placas de Peyer. Con respecto a la longitud del intestino delgado existe un aumento considerable a partir de la fase de levante con un valor promedio de 225 cm (Romero y Ruiz, 2004).

1.2.6. Intestino grueso. Inicia en la válvula ileocecal en un saco de fondo ciego y termina en el recto. En él se diferencian claramente varias porciones: ciego, colon (ascendente, transversal y descendente) y recto que es la parte final del tubo digestivo que termina abriéndose al exterior por el orificio anal (Romero y Ruiz, 2002).

El ciego del cuy tiene forma semicircular, con gran cantidad de sacos, muy parecido al ciego del conejo y donde posiblemente se llevan a cabo las mismas funciones como la síntesis de la vitamina B; se han encontrado concentraciones de ácidos grasos de cadenas cortas similares a las encontradas en el rumen, lo que permite concluir que hay digestión de celulosa (Guerrero, 1990).

1.3. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

La nutrición juega un papel importante en los sistemas de producción del cuy, circunstancia que se vuelve decisiva a causa de que el cuy crece a mayor velocidad con relación al peso de su cuerpo que los animales domésticos mayores y producen descendencia a más temprana edad. Es necesario que las raciones que se suministran en las diferentes etapas contengan todos los nutrientes necesarios (Aliaga, 1979).

1.3.1. Consumo. El cuy consume alimento en función de su tamaño y estado fisiológico, la densidad energética de la ración y la temperatura ambiental (Tabla 1). El consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo, para los pastos raygrases tetraploides, puede oscilar entre el 5,9 y 6,5%. Con forrajes arbóreos como el nacedero (*Trichanthera gigantea*), la morera (*Morus nigra*) y el chachafruto (*Erythrina edulis*), el consumo varía entre el 7 y 8,7%, lo que equivale a 70 y 87 g por día por animal, esto en forraje fresco representa de 350 a 435 g por día (Caycedo, 2000).

Tabla 1. Índices de consumo, aumento de peso y conversión alimenticia de cuyes.

Consumo de forraje verde cuyes adultos (g)	400-500
Consumo de forraje verde hembras con crías (g)	600-700
Consumo de forraje verde levante (g)	350
Consumo de forraje verde crías lactantes (g)	50-100
Consumo de concentrados y afrechos en adultos (g)	30
Consumo de concentrados en lactantes y levante (g)	5-20
Aumento de peso animal/día con forraje (g)	6-7
Aumento de peso animal/día con forraje y concentrado (g)	8-12
Conversión alimenticia con pasto	8-12
Conversión alimenticia con pasto y concentrado	5-7

Fuente: Caycedo (1991)

En la tabla 1 se puede observar el consumo de forraje verde de los cuyes en sus diferentes etapas y que va desde 50 g. en lactantes hasta 700 g. en hembras con cría, igualmente observamos el aumento de peso diario cuando consumen solo forraje y cuando además se les suministra concentrado, pudiendo llegar a ser el doble cuando se adiciona el suplemento. En cuanto a la conversión alimenticia se muestra también que si los forrajes son de buena calidad se puede alcanzar una conversión de 8, muy cercana a la inferior (7) alcanzada cuando se suministra el concentrado.

1.3.2. Necesidades de proteína. Las proteínas son compuestos presentes en cada una de las células de todos los organismos, constituyendo la parte estructural de órganos, músculos, piel, matriz ósea, ligamentos y pelos; al igual que la mayoría de las funciones productivas, como la formación o secreción de proteína, incluyendo la producción de carne, pelo, entre otros. (Martínez, 2006).

Las proteínas y sus componentes, los aminoácidos, son nutrientes indispensables para el cuy, desde la formación del producto de concepción, para lograr buenos pesos al nacimiento y destete, en su crecimiento y desarrollo, de igual manera para la producción de leche y alcanzar una buena fertilidad. Con raciones de un 13 a 18% de proteína (Tabla 2) se logran óptimos resultados en el incremento de peso sobre las diferentes etapas de vida del cuy, como son las fases de crecimiento y engorde (Caycedo, 2000).

Tabla 2. Requerimientos de proteína, energía, calcio y fósforo del cuy en diferentes etapas productivas.

Etapa	Proteína (%)	Energía Digestible (kcal./kg.)	Calcio (%)	Fósforo (%)
Crecimiento y engorde	13-18	2.900	1.20	0.60
Gestación	18-20	2.860	1.40	0.80
Lactancia	20-22	2.860	1.40	0.80

Fuente: Caycedo (2000)

En la tabla 2 podemos observar que los requerimientos de proteína, energía, calcio y fósforo son iguales en las etapas de crecimiento y engorde, y se incrementan en las etapas de gestación y lactancia a excepción de la energía.

1.3.3. Necesidades de fibra. La importancia de un nivel adecuado de fibra en la ración no sólo radica en el grado de digestibilidad, sino en el papel que cumple para lograr un adecuado funcionamiento del aparato digestivo, retardando el contenido alimenticio a través de éste (Chauca, 1994).

La dieta del cuy requiere altos contenidos de fibra para un buen funcionamiento de su aparato digestivo. El ciego realiza fermentaciones bacterianas semejantes a las que suceden en la panza de los rumiantes. El cuy tiene capacidad para digerir celulosa y hemicelulosa a través de la flora microbiana, hay producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbiana y síntesis de vitamina del complejo B (Caycedo, 2000).

Los porcentajes de fibra en los concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 8 al 18% (Tabla 3), el aporte de fibra está dado básicamente por el forraje que es la fuente alimenticia principal; las raciones balanceadas recomendadas para cuyes deben contener un porcentaje de fibra no menor de 18% (NRC, 1978).

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de cuyes durante la etapa de crecimiento y engorde

Nutrientes	Unidad	Crecimiento y Engorde
Proteína total	%	14-17
Energía digestible	Kcal	2500-2800
Fibra	%	8-18
Calcio	%	1-2
Fósforo	%	0.6
Magnesio	%	0.35
Potasio	%	1.4
Tiamina	mg	16.0
Vitamina K	mg	16.0
Riboflavina	mg	16.0
Niacina	mg	58.0
Vitamina C	mg	200

Fuente: National Research Council (NRC, 1996).

1.3.4. Necesidades de energía. Las actividades bioquímicas, fisiológicas y físicas del animal conducen a un gasto de energía, por lo que, cuantitativamente, las mayores necesidades nutritivas corresponden a la energía. Las necesidades energéticas se expresan en calorías o en julios, y los únicos nutrientes que pueden aportar energía son los carbohidratos, lípidos y proteínas. La deficiencia de energía desencadena bajas ganancias de peso, retardo de la madurez sexual de los animales, anestro, bajas tasa de fertilidad, gazapos débiles y de bajo peso al nacimiento (Martínez, 2006).

La energía es un factor esencial para los procesos vitales del cuy; cuando ésta ya alcanza los niveles de su requerimiento, el exceso se almacena en forma de grasa dentro del cuerpo del animal; ésta debe constituir del 65 al 75% de nutrientes digestibles totales (NDT) del contenido total dentro de la ración. El cuy, a diferencia de los rumiantes, aprovecha mejor los alimentos energéticos debido a que realiza una fermentación en el intestino delgado y luego en el ciego y colon (Aliaga, 1976).

1.3.5. Necesidades de grasa. Las grasas ejercen funciones importantes en el crecimiento de los animales como el cuy, para crecimiento y reproducción, además evita la caída del pelo e inflamaciones de la piel. Los requerimientos son de 1 a 2%, los cuales se pueden cubrir con aceites vegetales (Caycedo, 2000).

La utilización de grasas o aceites en la dieta de los cuyes permite cubrir el requerimiento de ácidos grasos no saturados, principalmente ácido linoleico, que los cuyes no sintetizan, siendo fundamental el aporte de un 3 – 5% de grasa del total de la dieta, dependiendo de la etapa de producción. Las fuentes vegetales

que se pueden usar son, entre otras, aceite rojo de palma y aceite de soya. La adición de grasa en la dieta, además de permitir un crecimiento adecuado de los animales, da una buena textura al balanceado (harina), disminuyendo la polvosidad del mismo y evitando neumonías por aspiración. La falta o deficiencia de grasa en la dieta es una de las causas de dermatitis, úlceras en la piel y alopecia (Martínez, 2006).

1.3.6. Necesidades de agua. El agua es uno de los nutrientes esenciales más importantes, ya que constituye el mayor componente del organismo (70% del peso vivo). Además, el consumo de agua en condiciones de gestación, lactancia y temperaturas altas hacen que su requerimiento suba hasta un 25% del peso vivo (Chauca, 1994).

El tipo de alimento y clima determina las necesidades de agua (Chávez, 1999). Cuando el animal recibe dietas con alta proporción de alimento seco (concentrado y forraje maduro) y baja cantidad de pastos verdes, el suministro de agua debe ser mayor que cuando la dieta es con base en sólo pastos. (Caycedo, 2000).

1.3.7. Necesidades de vitaminas y minerales. Los minerales tienen diferentes tipos de funciones metabólicas, unos participan en la estructura del organismo, como el calcio y el fósforo, componentes importantes de los huesos; otros, como el sodio, cloro y potasio regulan el pH de los líquidos orgánicos y el equilibrio de los distintos compartimentos del cuerpo (tracto digestivo, sangre, espacios intercelulares, tejidos celulares); los demás funcionan como cofactores o activadores de enzimas y hormonas; por ejemplo, el yodo forma parte de la tiroxina.

Para los requerimientos minerales en cuyes, se mantiene una relación calcio fósforo de 2:1; en el caso particular del fósforo, considerando que los cuyes son herbívoros monogástricos, se debe cubrir el requerimiento de este mineral en base a fósforo disponible (Martínez, 2006).

Los minerales son necesarios para la estructura corporal y los procesos fisiológicos normales del animal. Para crecimiento y engorde, el cuy necesita 1.20% de Ca y 0.60% de P; es importante guardar la relación calcio fósforo adecuada para evitar problemas de orden metabólico. Así mismo, éstos son requeridos en pequeñas cantidades y pueden suplirse con pastos y suplementos de buena calidad. La vitamina C no es sintetizada por el organismo del cuy debido a la deficiencia de la enzima gulonolactasa oxidasa. La carencia de esta vitamina produce pérdida del apetito, disminución del crecimiento y parálisis de los miembros posteriores, el cuy necesita 200 mg por kilogramo de alimento, constituyéndose los pastos verdes como fuentes importantes de vitamina C (Caycedo, 2000).

1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORRAJERAS ARBUSTIVAS

1.4.1. *Gynoxys campii*

Nombre común: Sal buena

Clasificación

Reino: Plantae
Orden: Asterales
Familia: Asteraceae
Género: Gynoxys
Especie: G. campii
Fuente: Valencia et al, 2000.

Distribución. De acuerdo a las referencias encontradas, esta especie es un arbusto endémico del Ecuador, se encuentra en matorrales, páramos y en ocasiones en valles húmedos, en dos subpoblaciones: una subpoblación se ha registrado cerca de El Tambo, provincia El Cañar, la segunda subpoblación se ha registrado en un lugar desconocido en el Azuay. La destrucción del hábitat es la única amenaza para esta especie (Montufar y Pitman, 2011).

Descripción. Arbusto de 5 a 8 m de altura, de corteza pardo grisácea, nudos medianos y prominentes. Hojas simples y opuestas con yemas axilares vistosas de color pardo y amarillento, oblongoelípticas de 4 a 6 cm de largo por 1- 1,5 cm de ancho. Envés con indumento piloso corto de color pardo amarillento, haz verde pálido con manchas blancas esporádicas. Venación pinnada brochidodroma, venas terciarias formando círculos regulares. Inflorescencias en capítulos axilares y terminales de 0,5-1,0 cm, dispuestos en grupos de 2-4. Falso cáliz color marrón parduzco, lígulas de color amarillo. Flores centrales pardas y radiales verdes. Propagación por semillas. (González, 2013).

Usos. Por observación directa se encontró que en el resguardo de Cumbal esta especie es utilizada en la alimentación de cuyes en época seca y como planta medicinal. Es además una especie protectora de fuentes de agua en zonas de páramo.

1.4.2. *Monticalia andicola*

Nombre común: Puliza

Clasificación

Reino: Plantae
Orden: Asterales

Familia: Asteraceae
Género: Monticalia
Especie: *M. andicola*

Distribución: Arbusto que se establece desde el páramo bajo hasta el superpáramo y en matorrales desde Costa Rica hasta Ecuador en alturas superiores a los 3.100 msnm. (Rangel, 2000)

Descripción: Arbusto de 3 a 5 m. de altura, corteza verde parduzca, nudos cortos. Hojas simples, opuestas, oblongolanceoladas de 0,5-1,0 cm de ancho x 2,5-3,0 cm de largo. Envés glauco con indumento tipo cericio, haz verde oscuro y brillante. Venación pinnada eucamptódroma, venas terciarias dispuestas en forma irregular asemejando a reticulada. Capítulos axilares dispuestos de racimos con 5-8 cabezuelas cada inflorescencia. Falso cáliz marrón a morado, lígulas amarillo parduzcas. Flores de discos verdes y centrales blancas. Propagación por semillas. (González, 2013).

Usos. Por observación directa en los predios del Resguardo de Cumbal se evidenció la utilización de esta planta para la alimentación de cuyes en época seca, como protectora de fuentes de agua, como cerca viva y como combustible para fogones de leña.

1.5. METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS

Los metabolitos secundarios de las plantas (MSP) son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las mismas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos, pájaros o en algunos casos, producto del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, que al estar contenidos en ingredientes utilizados en alimentación de animales ejercen efectos contrarios a su óptima nutrición, reduciendo el consumo e impidiendo la digestión, absorción y utilización de nutrientes por el animal (Muzquiz, 2006).

Las plantas destinan una cantidad significativa del carbono asimilado y de la energía a la síntesis de una variedad de moléculas orgánicas que no parecen tener una función directa en procesos fotosintéticos, respiratorios, asimilación de nutrientes, transporte de solutos o síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos y que se denominan metabolitos secundarios o productos naturales. Los metabolitos secundarios además de no presentar una función definida en los procesos mencionados, difieren también de los metabolitos primarios en que ciertos grupos presentan una distribución restringida en el reino vegetal, es decir, no todos los MSP se encuentran en todos los grupos de plantas. Se sintetizan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada, estando a menudo su producción restringida a un determinado género de plantas, a una familia, o incluso a algunas especies. (Avalos y Pérez, 2009).

Algunos productos del metabolismo secundario tienen funciones ecológicas específicas como atrayentes o repelentes de animales. Muchos son pigmentos que proporcionan color a flores y frutos, jugando un papel esencial en la reproducción atrayendo a insectos polinizadores o atrayendo a animales que van a utilizar los frutos como fuente de alimento, contribuyendo de esta forma a la dispersión de semillas. Otros compuestos tienen función protectora frente a predadores, actuando como repelentes, proporcionando a la planta sabores amargos, haciéndolas indigestas a diferentes patógenos, actuando como pesticidas naturales. (Avalos y Pérez, 2009).

La acción de los MSP no sólo consiste en interferir en el aprovechamiento de los nutrientes sino que, en varios casos, promueve pérdidas importantes de proteína endógena y en algunos casos daños al organismo del animal que los consume (Belmar, 2001).

1.5.1. Saponinas. Son compuestos que poseen una estructura compleja formada por un núcleo esteroidal hidrofóbico y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos, son glucósidos que determinan en gran parte el sabor amargo de algunas semillas como la soya cruda y la quinua sin desaponificar. Las saponinas poseen como propiedades comunes: la alta capacidad de formación de espumas en soluciones acuosas, su actividad hemolítica, ser tóxicas para los peces y la formación de complejos con el colesterol. Las saponinas no se absorben en el intestino y por lo tanto afectan la absorción del zinc y el hierro (Buitrago, 1992).

Se diferencian de acuerdo a la naturaleza del residuo aglicona (sapogenina), en saponinas conteniendo aglicona esteroidal y saponinas conteniendo aglicona triterpénica. Estas últimas son las que se encuentran mayormente en las plantas. En general se ha reportado su existencia en aproximadamente 100 familias vegetales, de las cuales relativamente pocas son utilizadas como alimento o ingrediente alimenticio (Price, Jonhson y Fenwick, 1987).

Se reporta que afectan el comportamiento y metabolismo del animal a través de: hemólisis de eritrocitos, reducción de colesterol sanguíneo y hepático, depresión de la tasa de crecimiento, inhibición de la actividad del músculo liso, inhibición enzimática y reducción en la absorción de nutrientes (Cheeke, 1971). Sin embargo según Kumar y D'Melo (1.995) poco se sabe acerca de su preciso modo de acción en la depresión del crecimiento de los animales y se ha propuesto que es la baja palatabilidad el factor primario. Específicamente, los bajos consumos de alfalfas por cerdos son atribuidos a la presencia de saponinas en dicho ingrediente.

1.5.2. Fenoles. Las plantas sintetizan una gran variedad de productos secundarios que contienen un grupo fenol. Estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenolicos, polifenoles o fenilpropanoides y derivan todas ellas del fenol, un anillo

aromático con un grupo hidroxilo. Desde el punto de vista de la estructura química, son un grupo muy diverso que comprende desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros complejos como los **taninos y la lignina**. En el grupo también se encuentran pigmentos flavonoides, muchos de los cuales están implicados en las interacciones planta herbívoro. (Avalos y Perez, 2009).

Los taninos son compuestos polifenólicos de un amplio peso molecular que habitualmente se dividen en hidrolizables y condensados. Estos son capaces de unirse a enzimas, proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, saponinas, y formar complejos con el hierro del alimento, dificultando la digestión de los nutrientes (Caldas y Blair, 2004). Generalmente son toxinas debido a su capacidad de unirse a proteínas. También actúan como repelentes alimenticios de muchos animales que evitan, en el caso de los mamíferos, plantas o partes de plantas que contienen altas concentraciones de taninos. Esto ocurre en los frutos inmaduros en los que se concentran los taninos en la piel. Sin embargo, los taninos del vino tinto tienen efectos beneficiosos en la salud humana al bloquear la formación de endotelina-1, una molécula señal que provoca vasoconstricción. (Avalos y Perez 2009).

La presencia de taninos afecta negativamente la ingesta de forraje y la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Así mismo, pueden causar disminución de la digestibilidad y la acción de los protozoos en el rumen. Sin embargo, presentan efectos benéficos como la reducción de grasa en canal (Carulla y Pabón, 2004).

La lignina es un polímero altamente ramificado de fenilpropanoides. Después de la celulosa es la sustancia orgánica más abundante en las plantas. Se encuentra covalentemente unida a la celulosa y a otros polisacáridos de la pared celular. Es insoluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos lo que hace muy difícil su extracción sin degradarla. Desempeña un papel estructural fundamentalmente, su naturaleza química es la base de su dureza mecánica y de su rigidez que se manifiesta en los tallos lignificados, los troncos de los árboles, imprimiendo su carácter a la madera. Se encuentra en la pared celular de varios tejidos de soporte y de transporte, en traqueidas y en los vasos del xilema. Principalmente se deposita en la pared secundaria, fortalece los tallos y los tejidos vasculares permitiendo el crecimiento vertical y la conducción de agua y minerales a través del xilema. También tiene función protectora dado que su resistencia mecánica evita que las plantas sean alimento para animales y, además, su naturaleza química hace que sea difícil digerirla por los herbívoros. (Avalos y Perez, 2009).

1.5.3. Esteroles. Son alcoholes sólidos con C27 a C 29 átomos, de origen animal: colesterol, aunque reportado en algas rojas: coprosterol, o vegetal: fitosteroles, B-sitosterol, ergosterol, estigmasterol, cuyo esqueleto fundamental corresponde al ciclopentano perhidro fenantreno, común a todos los esteroides y una cadena

lateral en la que pueden insertarse radicales metilo o etilo, particularmente en C-24. En los vegetales se pueden encontrar libres, como ésteres o como glicósidos (esterolinas): el ipuranol (glicósido de B-sitosterol). Se han encontrado en todos los órganos de las plantas, principalmente en las semillas (Domínguez, 1973).

La principal función de los esteroides en plantas es formar parte de las membranas y determinar su viscosidad y su estabilidad. Algunos esteroides tienen funciones protectoras frente a insectos como en el caso de la ecdisoma aislada del helecho común. (Avalos y Pérez, 2009)

1.5.4. Alcaloides. Constituye un grupo muy heterogéneo de bases vegetales nitrogenadas. Estos son productos terminales del metabolismo del nitrógeno, se les asocia con la protección de la planta ante actos predatorios de insectos y herbívoros. Sin embargo, éstos producen daños internos como la cirrosis hepática, edema del peritoneo y distensión de la vesícula biliar (Cheeke y Kelly, 1989).

Químicamente son un grupo diverso que comparten propiedades alcalinas (de ahí su nombre), y contienen nitrógeno en anillos heterocíclicos. A los herbívoros, les resultan desagradables por su sabor amargo (Cheeke y Kelly 1989). D'Mello (1995) los define como compuestos nitrogenados básicos, los cuales pueden formar sales con ácidos. Se identifican tres grupos: alcaloides verdaderos, pseudoalcaloides y protoalcaloides. Se ha determinado la existencia de doce diferentes alcaloides en las especies *Lupinus spp*, con diferentes grados de toxicidad. En dietas para cerdos, su utilización se indica bajo una tolerancia de hasta un 0,03% de alcaloides; en tanto que en humanos, el National Health and Medical Research Council australiano lo limita a no más de un 0,02% (Liener, 1989).

Los alcaloides de lupinos están basados en un anillo bicíclico de quinolizidina, que es la estructura más simple y representativa de este grupo. El alcaloide quinolizidina (tetracíclico) mayormente encontrado es la lupanina. Tienen diversos efectos biológicos, incluyendo limitaciones al consumo, efectos neurológicos y teratogenicidad. Se metabolizan en el hígado, donde interviene el citocromo P-450. Los efectos metabólicos del alcaloide son primariamente la inhibición neural, produciendo agudos signos de toxicidad como convulsiones y parálisis respiratoria. Se supone que el gusto desagradable es mediado parcialmente a través de efectos neurológicos (Cheeke y Kelly 1989).

Su efecto en las especies domésticas es variado. Así, los cerdos son muy susceptibles a cualquier nivel de inclusión de lupinos, causando una disminución en la tasa de crecimiento, y efectos como el rechazo del alimento y el vómito, aún con material térmicamente procesado. En cambio los pollos de engorda toleran niveles de 20% sin acusar efectos nocivos y los conejos llegan a tolerar inclusiones de 50% (Cheeke y Kelly 1989). Los alcaloides están presentes en

varias plantas de interés para la alimentación animal, tales como *Glycine max*, *Lupinus spp*, *Lens culinaris*, *Vicia faba*, *Cicer arietinum* y otros.

1.6. MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES

La conservación de forrajes busca conservar en la mayor proporción posible los elementos nutritivos que contienen sus tallos, hojas y flores para el alimento animal en el momento adecuado. El porcentaje más elevado en dichos elementos se obtiene inmediatamente antes de la floración, descendiendo gradualmente desde ese momento; lo interesante será transformar o almacenar la planta en ese estado de máximo valor nutritivo. Para ello pueden emplearse tres procedimientos, como el ensilado, el henificado y el deshidratado. Es, sin embargo, el último el que obtiene la mayor concentración de materia seca, además de conservar en gran proporción los carotenos. Esta técnica comenzó a experimentarse hace unos cincuenta años en Inglaterra, pasando rápidamente a extenderse por todo el mundo, donde hay ya una gran cantidad de instalaciones que producen millares de toneladas de forraje deshidratado en forma de harina o gránulo, que son las dos posibilidades finales. (Piqueras, 1974).

La desecación o deshidratación es un procedimiento de los más antiguos y aún es uno de los más importantes para la conservación de diferentes plantas y para ello, los métodos de secado más utilizados, según Gálvez (2006), son:

1.6.1. Al aire libre y al sol. En este método el material fresco se extiende en capas delgadas para evitar pudrición, removiéndolo con frecuencia. La desventaja es que puede perderse rápidamente el color y algunos compuestos de la planta, pueden utilizarse, sin problemas, cortezas y raíces. Además se debe tapar por la noche para protegerlas de la humedad del ambiente en la madrugada. Lo más importante es que el secado sea lo más rápido posible, de tal manera que las hojas deshidratadas conserven su color verde.

1.6.2. A la sombra y bajo abrigo. En este método se pueden usar bodegas, graneros o secadores con láminas o plástico, extendiendo las plantas sobre bastidores, parrillas o bandejas de madera con el fondo de malla, tela o cartón. También debe extenderse en capas delgadas y removerse con frecuencia. Tanto cuando se secan al sol, como a la sombra el punto óptimo de secado se presenta cuando el forraje se torna quebradizo al tacto.

1.6.3. Métodos industriales. Estos métodos emplean el secado con aire caliente, por rayos infrarrojos y liofilización. El método con aire caliente elimina el agua por evaporación a la presión atmosférica, siendo este el principio de las deshidrataciones industriales del forraje (Piqueras, 1974). Los rayos infrarrojos se utilizan para irradiar los productos, hasta obtener una elevación térmica que evapora el agua. Si para productos homogéneos en calidad y espesor puede dar resultados positivos, para el forraje, con diversidad de estados, produce

alteraciones perjudiciales a causa del exceso de temperatura en alguna zona irradiada en exceso. (Piqueras, 1974). La liofilización se basa en el desecado de determinados materiales por medio de la sublimación del agua contenida en éstos. Se realiza congelando el producto y se remueve el hielo aplicando calor en condiciones de vacío, de esta forma el hielo se sublima evitando el paso por la fase líquida. (Ramirez, 2006).

Después del secado Galvez (2006) recomienda la elaboración de harinas de forrajes con el siguiente proceso:

1.6.4. Molido: debe hacerse en caliente, cuando las hojas están quebradizas. Si guardamos las hojas secas, éstas recogen humedad y se vuelven cauchosas para el molido. Éste se puede hacer en molinos manuales o de martillo. El tamaño de las partículas depende del tipo de concentrado y de la especie: finas para omnívoros y un poco más gruesas para herbívoros.

1.6.5. Empacado: se puede hacer en sacos de fique o de polipropileno, con capacidad para 40 ó 50 kg y almacenar en un lugar fresco y seco.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. LOCALIZACIÓN

Las pruebas de digestibilidad y de comportamiento animal se llevaron a cabo en los galpones de propiedad del señor Arcesio Valenzuela, en la cabecera del Municipio de Cumbal, Resguardo de Cumbal, Departamento de Nariño a 135 kilómetros al suroriente de la ciudad de Pasto, a una altura promedio de 3.050 msnm, con temperatura media de 10°C y precipitación anual promedio de 951 mm (www.cumbal-narino.gov.co).

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PASTO BRASILEIRO (*Phalaris sp*)

Salamanca (1990), describe las siguientes características para el pasto Brasileiro: es un híbrido natural obtenido, del cruce de *Phalaris tuberosa* y *Phalaris rudinácea*. Es originario de los Estados Unidos, en 1970 fue introducido a Colombia, estudiado en varias zonas del departamento de Nariño, en alturas superiores a 2800 msnm. Es una gramínea rizomatosa que no produce semilla botánica, solamente se propaga por medio de esquejes, que es una característica ventajosa para su diseminación.

La clasificación botánica según el mismo autor es la siguiente:

REINO	Vegetal
CLASE	Angiosperma
SUBCLASE	Dicotiledónea
FAMILIA	Gramínea
GENERO	<i>Phalaris</i>
ESPECIE	Sp

Tabla 4. Contenido nutricional del pasto Brasileiro.

Materia seca	17,2%
Proteína cruda	15,7%
Extracto etéreo	2,8%
Ceniza	10,8%
Fibra cruda	46,3%
FDN	59,2%
FDA	38,6%
Celulosa	28,9%
Lignina	9,7%
Calcio	0,2%
Fósforo	0,2%
Magnesio	0,1%

Fuente: Laboratorio Universidad de Nariño

2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL Y ANTINUTRICIONAL DE LAS ESPECIES *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*

Se tomaron 2 muestras de hojas frescas de 400 g cada una por especie de árboles adultos en prefloración y de la parte media de los mismos, en la finca las Cangaguas en Cumbal, en agosto de 2012. Las muestras se llevaron al Laboratorio de la Universidad de Nariño en bolsas de papel previamente pesadas. Las diferentes fracciones se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos para el análisis químico de alimentos del laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño, basado en las técnicas de la AOAC (AOAC, 2012), aplicando los siguientes principios:

2.3.1. Humedad (H). Corresponde al contenido de agua en porcentaje presente en la muestra. Se determinó por el método de secado en dos pasos, un secado parcial a 65°C, seguido de un secado total a 105°C, mediante el análisis de Weende. Según código 930.04 AOAC.

2.3.2. Proteína cruda (PC). Se cuantificó por el método de Kjeldahl, el cual se fundamentó en tres pasos: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcalinizó y el amoniaco liberado se destiló para su posterior titulación. Según código 977.02 AOAC

2.3.3. Extracto etéreo (EE). Se empleó el método Soxhlet, que consistió en una extracción con un solvente orgánico, éter etílico, sobre una muestra previamente seca. Incluye sustancias como glicéridos, fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, pigmentos carotenoides y clorofílicos, vitaminas liposolubles, entre otros. Según código 930.09 AOAC

2.3.4. Ceniza (CEN). Se evaluó por el método de incineración en mufla, en el que la materia orgánica se quemó y la materia inorgánica remanente se enfrió y pesó. Según código 930.05 AOAC

2.3.5. Fibra cruda. Se utilizó el método de Weende que utilizó una muestra exenta de grasa tratada con ácido sulfúrico en ebullición y después con hidróxido de sodio en ebullición. El residuo que queda después de la ebullición de muestra se incinera en mufla, la pérdida de peso constituye la fibra cruda. Según código 930.10 AOAC

2.3.6. Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina. Se empleó el análisis de Van Soest secuencial, que dividió los nutrimentos que se encuentran en los tejidos vegetales en un primer grupo (contenido celular) que generalmente se encuentra fácilmente disponible para los animales y en un segundo grupo (paredes celulares) las cuales

son mucho menos disponibles. Al hervir la muestra con un detergente neutro, se solubilizó el contenido celular y la pectina, que dejó un residuo que es la pared celular que contiene la celulosa, hemicelulosa y lignina (Fibra Detergente Neutro). Por ebullición de la FDN con un detergente ácido, se hidrolizó la hemicelulosa que se encontraba libre y la que estaba combinada con lignina, dejando la celulosa y la lignina como Fibra Detergente Ácido. La hemicelulosa se calculó como la diferencia entre la Fibra Detergente Neutro y la Fibra Detergente Ácido. La Fibra Detergente Ácido se trató con una solución de permanganato de potasio para oxidar la lignina y dejar como residuo del proceso la celulosa y algo de contenido mineral no extraído de la muestra.

2.3.7. Energía (E). La energía bruta se determinó por el método del calorímetro adiabático para efectuar la combustión de la muestra contenida en una bomba de oxígeno. La bomba se sumergió en una cantidad establecida de agua midiendo exactamente el aumento de la temperatura del agua, se puede calcular las unidades de calor liberadas.

2.3.8. Minerales. La cuantificación de los elementos se hizo en forma total. El análisis constó de dos etapas principales: la mineralización por vía húmeda, que destruyó la materia orgánica y dejó el elemento en condiciones adecuadas para ser determinado y cuantificado espectrofotométricamente. Se determinaron Calcio, Fósforo y Magnesio. Según código 975.03 AOAC

2.3.9. Contenido de metabolitos secundarios de las plantas. Para determinar los MSP, se siguieron las metodologías descritas por Bilbao (1997) y Domínguez (1973), a partir de las mismas muestras utilizadas para la determinación de nutrientes, se realizaron las siguientes pruebas cualitativas en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño:

- Espuma, Antrona y Rosenthaler para saponinas.
- Cloruro férrico, gelatina - sal y acetato de plomo para fenoles.
- Lieberman – Burchard, Rosenheim y Salkowski para esteroides.
- Drangendorff, Wagner y Mayer para alcaloides.

2.4. PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* APARENTE DE LAS ARBUSTIVAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*

2.4.1. Instalaciones y equipos. El experimento se realizó en un galpón con un área de 23 m², piso en concreto, muros en ladrillo, techo de eternit y plástico, iluminación natural y ventanas laterales, en el que se instalaron 15 jaulas metabólicas con las siguientes dimensiones: 0,35 m de ancho x 0,35 m de profundidad y 0,88 m de altura, incluye bandejas para la recolección de heces y orina, en cada una de ellas se alojó a un animal. Para el pesaje de los animales, el

suministro y rechazo de alimento y heces, se empleó una balanza gramera con capacidad de medida 5 kg.

2.4.2. Animales. Para la investigación se utilizaron 15 cuyes machos mejorados de 3 meses de edad, con pesos comprendidos entre 900 y 1000g.

2.4.3. Plan Sanitario. El galpón fue desinfectado con yodo por aspersión al 27,53%, utilizando 1 cc/l de agua. Con el fin de controlar parásitos internos, se le suministro a lo cuyes Fenbendazol al 10%.

2.4.4. Alimentación. La alimentación estuvo constituida básicamente por forraje oreado a voluntad, proveniente de las especies *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*, según los tratamientos planteados y forraje oreado de pasto Brasileiro (*Phalaris sp*), suministrados una vez al día. El forraje de recolectó diariamente en la finca las Cangaguas en la vereda Cuetial del municipio de Cumbal.

2.4.5. Etapa pre-experimental. Esta etapa se dividió en dos fases, la fase 1 duró 7 días, en la cual se adaptaron los animales a la dieta, se pesaron los cuyes y se alojaron al azar en grupos de 5 (1 grupo por tratamiento), en jaulas de 80cm de largo x 60 cm de ancho y 60 cm de alto. El primer grupo recibió pasto brasileiro oreado, el segundo grupo forraje oreado de pasto brasileiro + forraje de *Gynoxys campii*, y el tercer grupo forraje oreado de pasto brasileiro + forraje de *Monticalia andicola*. Los tres grupos iniciaron con 500 g de forraje/animal/día, pero en los grupos dos y tres se redujo diariamente 100 g de brasileiro por animal y a la vez se incremento 100 g de *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*, hasta llegar a suministrar 100% de estas dos especies. Las cantidades de forraje se determinaron con base en los requerimientos de forraje para cuyes adultos de la tabla 1.

La segunda fase duró 5 días, en la cual se continuó la misma dieta y se adaptaron los animales a las jaulas individuales, cuya dimensión fue de 24,5 cm de ancho, 36 cm de largo y 60 cm de alto, se utilizaron 15 jaulas, 5 por tratamiento.

2.4.6. Etapa experimental. Esta etapa tuvo una duración de 10 días, en donde los 15 animales se trasladaron individualmente a las jaulas metabólicas previo pesaje. La distribución de los tratamientos con sus replicas se hizo al azar. Una vez al día y a la misma hora (7.a.m.), se suministró a voluntad, pasto brasileiro oreado al T0, forraje oreado de *Gynoxys campii* al T1 y forraje oreado de *Monticalia andicola* al T2. Se peso diariamente el forraje ofrecido y el rechazado, así como las heces de cada replica, a las que se limpió de restos de forraje y pelaje, se depositaron en bolsas plásticas resellables previamente rotuladas y se refrigeraron para su posterior análisis al final de la etapa.

2.4.7. Análisis químico. El contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, FDN, FDA, lignina, hemicelulosa y celulosa, calcio,

fósforo y magnesio de las heces para cada tratamiento se hizo en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. El anexo (A) podemos observar el resultado de los análisis bromatológicos de las heces de pasto Brasileiro, en el (B) el de las heces de *Gynoxys campii* y en el (C), el de las heces de *Monticalia andicola*.

2.4.8. Tratamientos. Estuvieron constituidos de la siguiente manera:

- T1 Forraje de pasto *Phalaris sp*
- T2 Forraje de *Gynoxys campii*
- T3 Forraje de *Monticalia andicola*

El forraje de cada tratamiento se suministró una vez al día a voluntad.

2.4.9. Diseño experimental. Para las variables consumo de alimento, coeficientes de digestibilidad y nutrientes digestibles totales, se aplicó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con tres tratamientos, 5 réplicas por tratamiento, cada réplica estuvo conformada por un cuy macho, para un total de 15 unidades experimentales.

El modelo estadístico que se aplicó es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_j + E_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = Respuesta de la unidad experimental i que recibe el tratamiento j .

u = Media general del experimento.

T_j = Efecto del tratamiento.

E_{ij} = Variación debida a factores no controlados es decir el error experimental para un número igual de réplicas.

Se planteó las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_t$$

La media de los tratamientos es igual. No hay diferencias significativas en las variables evaluadas.

Hipótesis alterna

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \mu_T$$

La media de los tratamientos no es igual. Por lo tanto, al menos una de las medias muestra diferencias estadísticas significativas en las variables evaluadas.

2.4.10. Variables evaluadas

Consumo de alimento (CA). Fue calculado durante el desarrollo de la prueba de digestibilidad, mediante la diferencia entre el peso del alimento suministrado y

rechazado diariamente por réplica. Al final del ensayo se obtuvo un promedio por réplica (1 cuy) en gramos de materia seca/día, utilizando el contenido de materia seca del análisis bromatológico de los forrajes.

Coefficiente de digestibilidad *In vivo* aparente (CD). Se evaluaron los siguientes nutrientes: materia seca, proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, para determinar estas variables se tuvieron en cuenta el análisis bromatológico de los forrajes ofrecidos y de las heces. Para calcular la digestibilidad de cada nutriente, se determinó primero el consumo de cada uno en materia seca multiplicando el promedio de consumo de materia seca/animal/día por el porcentaje de este nutriente en el forraje y se le restó la cantidad del nutriente excretado obtenido multiplicando el promedio de materia seca de heces excretada/animal/día por el porcentaje del nutriente en las heces. Esta cantidad se dividió en la cantidad consumida y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de digestibilidad.

La digestibilidad de cada nutriente se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CD = (Mo - Me/Mo)100$$

En donde:

CD = Coeficiente de digestibilidad

Mo = Material ofrecido

Me = Material excretado

Nutrientes digestibles totales (NDT). Se determinaron por medio de la siguiente fórmula:

$$NDT = ((PD \text{ proteína } Xi) + (PD \text{ EE } * 2,25) + (PD \text{ ELN } Xi) + (PD \text{ fibra } Xi))$$

En donde:

NDT = Nutrientes digestibles totales

PD = Principio digestible

EE = Extracto etéreo

ELN = Extracto libre de nitrógeno

Para determinar los principios digestibles (PD) se utiliza la siguiente fórmula:

$$PD = \frac{CD \times \text{análisis químico}}{100}$$

2.5. PRUEBA DE COMPORTAMIENTO CON LA INCLUSIÓN DE HARINA DE LAS FORRAJERAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN LAS DIETAS DE CUYES.

2.5.1. Animales. Para la prueba de comportamiento se utilizaron 80 cuyes machos destetos con peso inicial entre 340 y 440 g.

2.5.2. Alimentación. La alimentación estuvo constituida por forraje de pasto Brasileiro más harina de las arbustivas no tradicionales, *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*, o forraje de pasto Brasileiro más concentrado comercial.

2.5.3. Plan sanitario. Previo a la iniciación de la etapa experimental, las instalaciones y las jaulas fueron desinfectadas con un producto comercial a base de yodo al 27,53%, a razón de 1 cc/l de agua. La desparasitación interna de los animales se realizó con un producto comercial a base de Fenbendazol al 10%.

2.5.4. Instalaciones y equipos. Se utilizó un galpón con una área de 23 m², piso en concreto, muros en ladrillo y techo de eternit y plástico, iluminación natural, con ventanas laterales. Se emplearon 10 jaulas de un piso con tapa, de 120 cm de largo, 60 cm de ancho y 27 cm de alto, divididas en dos compartimentos y en cada compartimento se colocaron 4 cuyes, en total 8 cuyes por jaula.

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

1. Baldes
2. Pesa electrónica con capacidad desde 1 a 5000 g y sensibilidad de 1 g.
3. Comederos plásticos para el suplemento
4. Implementos de aseo y lavado (desinfección de pisos y jaulas).
5. Palas metálicas
6. Mesa de madera

2.5.5. Elaboración de las harinas de *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

La elaboración de la harina se realizó de acuerdo al siguiente plan:

- Cosecha del forraje: El forraje de las dos arbustivas se recolectó en la finca las Cangaguas, vereda Cuetial, municipio de Cumbal, de propiedad del señor Fidel Chalparizan y de zonas baldías de páramo de la misma vereda, a 3340 msnm. Se recolectaron tallos y hojas con peciolo de la parte media de los arbustos en estado de prefloración.
- Oreado y secado: el material se distribuyó sobre una lona plástica, bajo invernadero, durante de 5 días en promedio. El forraje se removió todos los días al menos tres veces al día.

- Limpieza y selección del material: este procedimiento se realizó de forma manual, descartando los tallos. Una vez seco el forraje se almacenó en costales de polipropileno.
- Molido: la materia prima se pasó por un molino de martillos para tejido vegetal de la Universidad de Nariño, para obtener un tamaño de partícula de 2 mm. La harina se almacenó en costales de polipropileno en un lugar fresco y seco.
- Rendimiento del forraje en harina y costos de producción:

Gynoxys campii

Peso inicial: 10 kg de hojas y tallos frescos
 Peso hojas limpias deshidratadas: 1,92 Kg
 Peso de harina: 1,45 Kg

Costo de recolección de 10 kilos de forraje	2.000 pesos
Secado de los 10 kilos	1.165 pesos
Molido de los 10 kilos	200 pesos
Total costo de 1,45 kg de harina	3.365 pesos
<u>Costo por kg de harina</u>	<u>2.321 pesos</u>

Monticalia andicola

Peso inicial: 10 Kg de hojas y tallos frescos
 Peso hojas limpias y deshidratadas: 1,72 Kg
 Peso de harina: 1,25 Kg

Costo de recolección de 10 kilos de forrajes	1.700 pesos
Secado de 10 kilos	1.225 pesos
Molido de 10 kilos	200 pesos
Total costo de 1,25 Kg de harina	3.125 pesos
<u>Costo por Kg de harina</u>	<u>2.500 pesos</u>

Se puede observar que el costo de recolección del forraje de *Monticalia andicola* es menor, debido a la mayor cercanía de los árboles al lugar de secado, sin embargo los costos de secado son mayores debido a su mayor contenido de humedad.

2.5.6. Tratamientos. En la presente prueba de comportamiento, los tratamientos estuvieron constituidos de la siguiente manera:

T0: forraje de pasto brasilero (15,7% de proteína)

T1: forraje de pasto brasileiro + concentrado comercial (20% de proteína)
T2: forraje de pasto brasileiro + harina de *Monticalia andicola* (13% de proteína)
T3: forraje de pasto brasileiro + harina de *Gynoxys campii* (10,5% de proteína)
T4: forraje de pasto brasileiro + harina de *Monticalia* y *Gynoxys* (50% y 50%)

Se utilizó el forraje de pasto brasileiro a voluntad como base de la dieta, suplementada con harinas de los forrajes arbustivos, o concentrado, suministrando 10 g. diarios por cuy en los primeros 25 días, 20 g. en los segundos 25 días y 30 g. en los 25 días finales. La cantidad del suplemento se determinó usando los índices de consumo de concentrado y afrechos en cuyes adultos de la tabla 1. Las harinas fueron suministradas humedecidas con agua en comederos plásticos de PVC.

2.5.7. Diseño experimental. Se empleó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con 5 tratamientos, cuatro réplicas por tratamiento y cuatro animales por réplica, para un total de 80 animales, cuatro animales fueron alojados en cada uno de los compartimentos de la jaula, para un total de 20 unidades experimentales. Se realizaron los respectivos análisis de varianza para las variables consumo, incremento de peso, conversión alimenticia y mortalidad, además de las pruebas de significancia entre los tratamientos evaluados.

El modelo estadístico del diseño DIA es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij} \quad \text{con } i = 1, \dots, 3 \text{ y } j = 1, \dots, 4$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la unidad experimental i que recibe el tratamiento j .

μ = Media general del experimento.

T_j = Efecto del tratamiento.

E_{ij} = Variación debida a factores no controlados es decir el error experimental para un número igual de réplicas.

2.5.8. Variables evaluadas

Consumo de Alimento (CA). Fue calculado en base seca durante el desarrollo del ensayo mediante la diferencia entre el peso del alimento ofrecido y rechazado diariamente por réplica, tanto del forraje como de las harinas y del concentrado.

$$\text{Consumo} = \text{Alimento ofrecido} - \text{alimento rechazado}$$

El consumo fue determinado obteniendo un promedio del consumo de los 75 días, en gramos de materia seca/animal/día por réplica, sumando el consumo de materia seca del forraje más el del suplemento (harina o concentrado), utilizando los resultados de los análisis bromatológicos de la harina de *Gynoxys campii* (Anexo D), de la harina de *Monticalia andicola* (Anexo E), del concentrado (Anexo F) y de *Phalaris sp.*

Ganancia de Peso. Para determinar la ganancia de peso, se tuvo en cuenta el peso inicial y el peso final de los animales por réplica obtenido a los 75 días, como se describe a continuación:

$$\text{Incremento de peso} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

Para la ganancia diaria de peso se dividió el incremento de peso sobre el número de días que duró la investigación, de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia diaria de peso} = \frac{\text{Incremento de peso}}{75}$$

Se realizaron controles de peso individual cada 15 días hasta finalizar el periodo de investigación, en total 6 pesajes.

Conversión Alimenticia. A partir del consumo de alimento en materia seca/animal/día y de la ganancia diaria de peso por animal, se aplicó la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{alimento consumido}}{\text{incremento de peso}}$$

Mortalidad. Se evaluó teniendo en cuenta el número inicial de individuos y el número de muertes por tratamiento, como porcentaje.

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{No. animales muertos}}{\text{No. inicial de animales}} * 100$$

2.6. BENEFICIO ECONÓMICO DE LA INCLUSIÓN DE LAS ARBUSTIVAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN LA DIETA DE CUYES EN LEVANTE Y ENGORDE.

Para determinar la relación costo – beneficio del proyecto, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Costos fijos: animales y mano de obra.
- Costos variables: alimentación, medicamentos e insumos.

El costo total de producción y la rentabilidad se calculó mediante las siguientes relaciones:

$$\text{Costo total} = \text{costos fijos} + \text{costos variables}$$

$$\% \text{ Rentabilidad} = \frac{\text{ingreso neto}}{\text{costo total}} * 100$$

2.7. CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE LAS ESPECIES *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

La información fue recolectada en la finca las Cangaguas, vereda Cuetial, municipio de Cumbal, tomando los datos de 10 árboles de cada especie y sacando un promedio por especie.

La medida y estimación de las dimensiones de las especies arbustivas, se efectuó teniendo en cuenta la metodología propuesta por Ugalde (1981) para las siguientes características:

Diámetro a la altura del pecho (DAP). Se midió el diámetro que tiene el fuste del árbol a la altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo.

Altura total (AT). La que va desde el suelo hasta el ápice de la copa.

Altura del fuste (AF). La que va del suelo hasta la base de la copa

Altura de la copa (AC). La diferencia entre las dos anteriores

Espesor de corteza (EC). En secciones cortadas, para lo cual se utilizó un medidor de corteza.

Dimensiones de copa (DC). Se midió el diámetro de la proyección de la copa sobre el suelo, en dos direcciones perpendiculares.

Peso del follaje. Se cosecharon las hojas con peciolo y se promedió los valores obtenidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la información obtenida se hizo en primera instancia con la determinación del contenido nutricional y antinutricional del forraje proveniente de las arbustivas *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*, posteriormente se estableció la digestibilidad *In vivo* aparente de las especies en estudio, se evaluó el efecto de la inclusión de harina de las forrajeras en el comportamiento productivo de los cuyes, se estimó el beneficio económico de la inclusión de las harinas en la dieta de los cuyes y finalmente se caracterizó dasométricamente las dos especies.

3.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL Y ANTINUTRICIONAL DE LAS ESPECIES *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

3.1.1 Contenido nutricional. Es necesario destacar que sobre estas especies la literatura no reporta información nutricional y menos aún, estudios sobre digestibilidad y pruebas de comportamiento en animales. A continuación se puede observar los resultados del análisis químico proximal de las especies arbustivas:

Tabla 4. Composición química de los forrajes utilizados:

Fracción	<i>Gynoxys campii</i>	<i>Monticalia andicola</i>
Materia seca %	34,5	28,5
Ceniza %	8,42	9,16
Extracto etéreo %	2,47	6,86
Proteína%	10,7	15
ELN%	25,91	33,08
Energía Kcal/100g	427	499
FDN%	52,5	35,9
FDA%	36,1	27,2
Lignina%	15,7	14,2
Celulosa %	20,5	13,3
Hemicelulosa%	16,3	8,62
Nitrógeno%	1,72	2,40
Calcio%	0,73	0,64
Fósforo%	0,13	0,21
Magnesio%	0,22	0,18

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

3.1.1.1. Materia seca (MS). En la tabla 5 se observa el contenido de materia seca de las especies estudiadas que presentaron valores de 28,5% para *Monticalia andicola* y 34,5% para *Gynoxys campii*, encontrándose por debajo de los citados por Patiño y Burgos (2010) para colla negra (*Smallanthus pyramidalis*), quienes reportan un valor de 36,96%. Casanova (2005) en un estudio realizado en el

departamento de Nariño encontró valores de MS para acacia negra (*Calliandra sp.*) de 33,24%, retamo (*Cytisus monspessulanus*) de 32,75% y sauco (*Sambucus peruviana*) de 15,26%. La materia seca de las gramíneas, arbustos y arbustivas presentan gran variabilidad en virtud de las características genéticas y morfológicas, época del año, condiciones edafoclimáticas, edad y parte de la planta entre otras (Belalcázar y Narváez, 2008).

3.1.1.2. Ceniza. Esta variable presentó valores de 8,42% para *Gynoxys campii* y 9,16% para *Monticalia andicola* (tabla 5). Patiño y Burgos (2010) reportaron un valor de 11,36% para colla negra, Casanova (2005) para retamo, sauco y acacia negra valores de 3,69, 10,10 y 4,57% respectivamente.

Las cenizas representan el contenido de minerales del alimento; en general, estas suponen menos del 5% de la materia seca. Los minerales, junto con el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se pueden oxidar en el organismo para producir energía, en la medida en que su concentración se incrementa, en esa medida se reduce la cantidad de energía disponible en los alimentos (NRC, 2001).

3.1.1.3. Extracto etéreo (EE). El contenido de EE en las especies estudiadas fue de 2,47% para *Gynoxys campii* y 6,86% para *Monticalia andicola* (tabla 5), valores que se encuentran por debajo de los encontrados por Patiño y Burgos (2010) en colla negra. Casanova (2005) encontró en retamo 3,93%, sauco 7,08% y en acacia negra 3,72%. El contenido de EE en las arbustivas forrajeras se encuentra cercano al rango reportado por Caravaca (2003) quien menciona que el contenido óptimo de extracto etéreo oscila entre 2,8 y 6,4%, ya que altos contenidos de lípidos así como bajos, disminuyen la digestibilidad del mismo.

3.1.1.4. Proteína cruda (PC). Las especies incluidas en este estudio presentan porcentajes entre rangos bajo para *Gynoxys campii* (10,7%) y mediano para *Monticalia andicola* (15%). (tabla 5). Según Vargas (1994) los árboles y arbustos forrajeros se pueden distribuir en diferentes rangos para calificar su potencial como suplemento proteico: súper alto > 30%, muy alto 25-30%, alto 20-24%, mediano 15-19%, bajo 10-14% y muy bajo < 10%. Patiño y Burgos (2010) encontraron valores de 22,76% para colla negra, Casanova (2005) de 22,26% para acacia negra, contenidos que se encuentran por encima a los de las arbustivas estudiadas.

Es importante tener en cuenta que existen varios factores que influyen en el contenido de proteína como: estado vegetativo de la planta, condiciones de fertilidad del suelo y presencia de nitrógeno no proteico (Estrada, 2002).

3.1.1.5. Extracto libre de nitrógeno (ELN). Esta fracción fue calculada a partir de los resultados obtenidos para las demás fracciones en el laboratorio y representa los carbohidratos disponibles no fibrosos, entre más alto sea su valor,

mejor es la calidad del forraje. Para *Gynoxys campii* el valor es de 25,91% y para *Monticalia andicola* de 33,08%, valores bajos debido a los altos contenidos de fibra de los forrajes. Estos porcentajes, sin embargo son mejores que los reportados por Belalcazar y Narváez (2008), para colla negra que fue de un 10,97%. Por el contrario Caycedo y Apraéz (2005), reportan valores superiores para las malezas *Sonchus oleraces* (38,8%), *Galisonga ciliata* (36,82%), *Oplismenus barmannii* (40,91%), *Mimosa albida* (45,15%) y *Bidens pilosa* (45,82%), que muestran más potencial para la alimentación de cuyes.

3.1.1.6. Energía. Los resultados encontrados para la fracción energética por el método de bomba calorimétrica fueron de 427 kcal/100 g para *Gynoxys campii* y de 499 kcal/100 g para *Monticalia andicola* (tabla 5), Belalcazar y Narváez (2008), reportaron un valor de 318 kcal/100g para colla negra y Casanova (2005) reporta 327 kcal/100g para retamo, 319 kcal/100g para sauco y 278 kcal/100g para acacia negra. Esto muestra el gran valor energético de las dos arbustivas y por consiguiente las potencialidades para su uso en la alimentación animal.

3.1.1.7. Fibra detergente Neutro (FDN). Los resultados para esta variable fueron de 52,5% para *Gynoxys campii* y 35,9% para *Monticalia andicola* (tabla 5). El FDN es la porción de alimento insoluble y se relaciona directamente con el consumo del alimento, a bajo FDN, mayor consumo de materia seca y viceversa (Estrada, 2002). Por lo tanto la FDN puede ayudar a hacer un estimativo de la calidad del forraje, en este sentido Aikman (2008) clasifica como pobres aquellos que presentan contenidos mayores al 65%, bueno entre 54 y 65%, excelente entre 40 a 53% y superior cuando es menor de 40%. Se puede afirmar que *Monticalia andicola* es de calidad superior y *Gynoxys campii* excelente.

Belalcazar y Narváez (2008) reportan un contenido de 35,88% para colla negra, similar a *Monticalia andicola*. Los valores encontrados de FDN para las dos especies del presente estudio, presentan una relación inversa a los de proteína, resultados similares a los reportados por Caycedo y Apraéz (2005) en las malezas *Sonchus oleraces*, *Brassica napus*, *Galisonga ciliata*, *Oplismenus barmannii*, *Mimosa albida* y *Bidens pilosa*, utilizadas en la alimentación de los cuyes.

3.1.1.8. Fibra detergente ácido (FDA). Los contenidos para esta fracción son de 36,1% para *Gynoxys campii* y 27,2% para *Monticalia andicola* (tabla 5). La FDA es el mejor indicador de la digestibilidad del forraje, debido a su alto contenido de lignina que se correlaciona con la baja digestibilidad del forraje (Estrada, 2002), al respecto Aikman (2008) menciona que a valores mayores de 45% la calidad es pobre, entre 41 y 45% es buena, entre 31 y 40% es excelente y menor a 31% es superior. Por lo tanto se puede inferir que *Gynoxys campii* es un forraje excelente y *Monticalia andicola* superior en cuanto contenido de FDA.

Por otra parte Cheeke (1989) manifiesta que los porcentajes de FDA dan una idea de la fracción indigerible, pero la mayor o menor digestibilidad de estos componentes depende en gran medida de las características de los enlaces donde está presente la lignina. Belálcazar y Narváez (2008) reportan un porcentaje de 23,65% para colla negra, mucho mejor que los forrajes del presente estudio.

3.1.1.9. Lignina. Los contenidos para esta fracción son de 15,7% para *Gynoxys campii* y 14,2% para *Monticalia andicola*, porcentajes similares de este componente indigerible para los cuyes.

3.1.1.10. Celulosa. Para esta fracción los porcentajes encontrados son de 20,5% para *Gynoxys campii* y 13,3% para *Monticalia andicola*, en este caso se puede decir que *Monticalia* tiene mejor calidad que *Gynoxys*, pues la celulosa es una de las fracciones de menor digestibilidad.

3.1.1.11. Hemicelulosa. Los porcentajes encontrados para esta fracción son de 16,3% para *Gynoxys campii* y 8,62% para *Monticalia andicola*. Se puede observar que *Gynoxys* tiene un contenido de hemicelulosa de casi el doble que *Monticalia*, lo que nos muestra la mejor calidad del forraje de esta última.

3.1.1.12. Calcio. De acuerdo al análisis bromatológico (tabla 5) se observa que *Gynoxys campii* presenta mayor contenido de calcio (0,73%) respecto al de *Monticalia andicola* (0,64%), contenidos que están por debajo del 0,8-1,0% que requieren los cuyes según lo manifiesta Caycedo (2000). Sin embargo estos contenidos se encuentran por encima de los de pasto Brasileiro (0,2%) como se observa en la tabla 4, que es uno de los forrajes usados en la zona.

3.1.1.13. Fósforo. Como se observa en la tabla 5, el contenido de fósforo es de 0,13 y 0,21% para *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* respectivamente, estos porcentajes se encuentran por debajo de los requerimientos de los cuyes, que según Caycedo (2000), es de 0,4-0,7%. Como se observa en la tabla 4, el pasto Brasileiro tiene un contenido similar al de *Monticalia andicola* (0,2%) y por encima de *Gynoxys campii*.

Es de importancia en la actividad de cada elemento la relación calcio-fósforo de la dieta, un desbalance de estos minerales, que generalmente es de 2:1, produce una lenta velocidad de crecimiento, rigidez en las articulaciones por la alta incidencia de depósitos de sulfato de calcio en los tejidos blandos y elevada mortalidad como lo afirma Aliaga (1979). Aunque *Gynoxys campii* tiene un mayor contenido de calcio que *Monticalia andicola*, la relación calcio-fósforo es mejor en *Monticalia andicola* (3:1), lo que es considerado más importante.

3.1.1.14. Magnesio. El análisis bromatológico (tabla 5) muestra que los contenidos de magnesio son de 0,22 y 0,18% para *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* respectivamente, los cuales se encuentran por encima de los

requerimientos reportados por Caycedo (2000) para cuyes, que son de 0,1 a 0,3%. La deficiencia de magnesio en cuyes jóvenes produce pérdidas de pelo, poco aumento de peso, poca coordinación muscular, endurecimiento o rigidez de los miembros posteriores, elevado contenido de fósforo en el suero y anemia (Maynard, Morris y O'Dell, citados por el NRC, 1978). En este caso los contenidos de las arbustivas también son superiores a los mostrados en la tabla 4 para el pasto Brasileiro (0,1%).

3.1.2. Metabolitos secundarios de las plantas. Para la lectura de las pruebas fitoquímicas preliminares, se tomó en cuenta la siguiente tabla para la interpretación de los datos.

Tabla 5. Rangos para la lectura fitoquímica cualitativa.

NEGATIVO	-
BAJO	+
MODERADO	++
ABUNDANTE	+++

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño. 2012

En la tabla 7 se presentan la valoración cualitativa de los metabolitos secundarios presentes en los forrajes de las arbustivas analizadas.

Tabla 6. Pruebas fitoquímicas preliminares, metabolitos secundarios.

Parámetro	Método	Técnica	<i>Gynoxys campii</i>	<i>Monticalia Andicola</i>
Saponinas	Espuma	Cualitativa	-	-
	Rosenthaler (Vainillina-HCl)	Cualitativa	+	-
	Antrona	Cualitativa	+	-
Fenoles	Cloruro férrico	Cualitativa	+++	+++
	Gelatina-sal	Cualitativa	+	+
	Acetato de plomo	Cualitativa	+	+++
Esteroles	Liebermann Buchard	Cualitativa	++	+++
	Rosenheim	Cualitativa	-	-
	Salkowski	Cualitativa	+++	+++
Alcaloides	Dragendorff	Cualitativa	-	-
	Wagner	Cualitativa	-	-
	Mayer	Cualitativa	-	-

Fuente: Laboratorios especializados. Universidad de Nariño. 2012.

Los resultados muestran que *Monticalia andicola* no contiene saponinas, mientras que *Gynoxys campii* presenta un contenido bajo, es importante tener en cuenta este contenido, debido a la influencia tóxica que tiene sobre el animal cuando

están presentes en altas cantidades (McSweeney *et al.*, 2003). Apráez *et al.* (2012) reportan contenidos similares en el forraje del sauco (*Sambucus nigra*) en el municipio de Guachucal.

Para los fenoles, podemos observar que las dos arbustivas presentan niveles abundantes, aunque probablemente con mayor cantidad en *Monticalia andicola*, este factor tiene una gran incidencia en el consumo y digestibilidad de los forrajes porque los fenoles y lignina le dan vigor y rigidez a los tejidos de las plantas, característica que afecta la digestibilidad por parte de los microorganismos alojados en el rumen o en ciego de algunas especies de animales (Estrada, 2002). En la prueba de digestibilidad el consumo de *Monticalia andicola* fue inferior al consumo de *Gynoxys campii*, probablemente debido al contenido de fenoles.

Galindo *et al.* (1989), reportaron en el guamo (*Inga spectabilis*) un contenido similar al de las especies estudiadas (+++), al suministrar las hojas frescas de esta especie en cabras, encontraron un cuadro toxicológico agudo, que afectó la frecuencia respiratoria y cardíaca. Además demostraron que la baja tasa de degradabilidad del guamo se debió al alto contenido de fenoles, que afectó la degradabilidad de los principios alimenticios.

Los esteroides en *Monticalia andicola* son abundantes y en *Gynoxys campii* moderados. El alto consumo de esteroides en humanos (20 g/día) produce diarrea y en ratas (administración subcutánea superior a 5mg/Kg) produce disminución de semen y del tamaño de los testículos. (Valenzuela y Ronco, 2004). Apráez *et al.* (2012), relacionan niveles moderados para el forraje de chilca en la zona de Guachucal.

No se observó presencia de alcaloides en ninguna de las dos especies analizadas en el estudio.

3.2. ESTABLECIMIENTO DE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* APARENTE DE LAS ARBUSTIVAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

El ANDEVA (Tabla 8) muestra los resultados de consumo de materia seca y digestibilidad para las fracciones MS, PC, F, EE, ELN y NDT, con diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para todas las variables.

Tabla 7. ANDEVA para las variables CMS, DMS, DPC, DF, DEE, DELN y NDT de los forrajes de brasilero, *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*

F.V	G.L	CMS	DMS	DPC	DF	DEE	DELN	NDT
Trat.	2	4299,3*	964,34*	321,12*	740,44*	3919,54	805,76*	1076,38
		*	*	*	*	**	*	**
Error	12	37,95	37,34	24,95	63,84	39,14	41,78	33,72
Medi		62,81	60,79	70,98	56,48	55,7	62,3	58,72
a								
C.V.		9,8	10,05	7,04	14,15	11,23	10,37	9,8
(%)								

**= Diferencias altamente significativas; CMS= Consumo de materia seca; DMS= Digestibilidad de la materia seca; DPC= Digestibilidad de la proteína cruda; DF= Digestibilidad de la fibra; DEE= Digestibilidad del extracto etéreo; DELN= Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; NDT= Nutrientes digestibles totales.

A continuación se realiza el análisis de cada una de las variables:

3.2.1. Consumo de Materia Seca. En la tabla 9 se puede observar que el tratamiento 2 presenta el mayor consumo (87,2 g), seguido del tratamiento 1 (70,96 g) y del tratamiento 3 (30,28 g). ($P < 0,01$). El menor valor en T3, se debe posiblemente a que los altos niveles de fenoles y esteroides contenidos en el forraje de *Monticalia andicola* limitaron el consumo hasta ocasionar la muerte a algunos animales.

Así mismo el segundo menor consumo de T1 se debe al mayor contenido de fibra del pasto Brasilero, que hace más voluminoso el forraje y limita su consumo a la capacidad del tubo digestivo del animal.

Tabla 8. Prueba de Tukey para las variables CMS, DMS, DPC, DF, DEE, DELN y NDT de los forrajes de brasilero, *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*

Trat.	CMS g/animal/día	DMS	DPC	DF %	DEE	DELN	NDT
1	70,96B	46,38C	63,11B	44,72B	27,62C	49,19C	44,70C
2	87,20A	61,89B	70,69B	56,69AB	55,88B	63,18B	57,50B
3	30,28C	74,09A	79,13A	69,02A	83,62A	74,54A	73,97A
Tukey	10,39	10,31	8,42	13,48	10,56	10,91	9,8

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes. A es el mejor valor promedio, seguido de B y C.

Caycedo (2000) reporta que el consumo de materia seca con arboles como nacedero, morera y chachafruto puede variar entre el 7 y 8,7% del peso vivo, teniendo en cuenta que el peso registrado al inicio de la presente prueba de

digestibilidad osciló entre 795 g y 1055 g, el consumo debería estar entre 62,4 y 82,81g/animal/día. Condición que no se cumple para el tratamiento 3, lo que comprueba el efecto negativo del alto contenido de fenoles y esteroides presentados en el forraje de *Monticalia andicola*.

Al respecto Cheeke (1995), menciona que uno de los factores de mayor influencia en el consumo voluntario es el contenido energético de la ración, adicionalmente, animales como el conejo y el cuy consumen alimento en función de su tamaño, estado fisiológico y temperatura ambiental, sin embargo la densidad energética de la ración es decisiva. Esto sucedió posiblemente con *Monticalia andicola*, la cual presentó mayor cantidad de energía (Tabla 5) pero menor consumo con respecto a *Gynoxys campii*.

3.2.2. Digestibilidad *In vivo* de la materia seca. El análisis (Tabla 9) muestra que la digestibilidad de *Monticalia andicola* fue mayor (74,09%), seguida de *Gynoxys campii* (61,89%) y del pasto Brasileiro (46,38%). ($P < 0,01$). Esto se debió a que *Monticalia andicola* es el forraje que tiene el mejor equilibrio entre el porcentaje de proteína (15%) y el aporte de NDT (73,97%), seguido de *Gynoxys campii* que aunque tiene menor porcentaje de proteína (10,7%) que el pasto Brasileiro (15,7%), aporta más NDT (57,5%) que el pasto (44,7%).

Al respecto Caycedo (2000) afirma que dietas con un balance sincronizado en cuanto a energía y proteína, tienen un mayor aprovechamiento en el tracto gastrointestinal del cuy, es decir, alimentos con mayor concentración de proteína degradable en función de la energía digestible muestran mayores digestibilidades que alimentos pobres proteica y energéticamente, esto explica el mayor coeficiente de digestibilidad de *Monticalia andicola* con respecto a *Gynoxys campii* y al Brasileiro.

Belalcazar y Narváez (2008), reportan para la colla negra un coeficiente de digestibilidad de la materia seca 74,4%, similares al forraje de *Monticalia andicola*.

Burgos y Luna (1986), reportan coeficientes de digestibilidad de la materia seca de 63,69 y 72,17%, para pasto Aubade (con 20% de proteína) y Tetralite (con 20.33 de proteína) respectivamente, muy por encima del pasto brasileiro, que tiene menores porcentajes de nutrientes.

3.2.3. Digestibilidad de la proteína cruda. La tabla 9 muestra que la DPC fue mayor para *Monticalia andicola* (79,13) seguida de *Gynoxys campii* (70,69%) y del pasto Brasileiro (63,11%). ($P < 0,01$). Esto puede atribuirse a la mejor calidad de la proteína de *Monticalia andicola* y a su composición por aminoácidos más digestibles.

En el caso del pasto Brasileiro, la digestibilidad de la proteína pudo verse afectada por el mayor contenido de fibra que a su vez pudo afectar también la actividad

enzimática y bacteriana en estomago y ciego, presentándose una mayor velocidad de paso (Caycedo, 2000). Se puede decir que estos niveles son altos, debido a la capacidad del cuy de aprovechar el nitrógeno no proteico para la síntesis de proteína microbiana en el ciego y subsiguiente consumo por la actividad cecotrófica (Maynard, 1981).

La digestibilidad de la proteína puede estar influenciada por el bajo nivel de consumo de los forrajes, ya que esta puede ser la consecuencia de un mayor tiempo de permanencia del bolo alimenticio en el tracto gastrointestinal, lo que aumentaría la digestión, gracias al mayor tiempo de contacto de la digesta con las vellosidades del intestino (Gómez y Vergara, 1993), condición que se evidenció en *Monticalia andicola* que presentó un menor consumo de materia seca.

Belalcazar y Narváez (2008), registran un valor de 80% para colla negra, el cual lo consideran como alto, a la vez que mencionan que la mayor DPC se relaciona con el mayor contenido de proteína del forraje.

Burgos y Luna (1986), reportan coeficientes de DPC de 67,65 y 73,77% para pasto Aubade y Tetralite respectivamente, que son altos si se compara con el del pasto Brasileiro.

3.2.4. Digestibilidad de la fibra. Los resultados para esta variable muestran que la digestibilidad de la fibra del forraje de *Monticalia andicola* (69,02%) fue mayor que la de *Gynoxys campii* (56,69%) y el pasto Brasileiro (44,72%). ($p < 0,01$). Esto se debe a la mejor calidad de la fibra de *Monticalia andicola* frente a los demás forrajes. Por otro lado quizá la mejor calidad de proteína de *Monticalia andicola*, aumentó la digestibilidad de la fibra, ya que se ha demostrado que los alimentos ricos en proteínas promueven el desdoblamiento microbiano de la fibra, pues provee de vitaminas específicas o de otros factores necesarios para el mejor crecimiento de las bacterias, lo que estimula la actividad microbiana (Maynard, 1981).

Se puede observar también en la tabla 9 que no existen diferencias significativas ($P < 0,01$) entre la digestibilidad de la fibra del forraje de *Gynoxys campii* y la de pasto Brasileiro, que son los dos forrajes que tienen mayor contenido de fibra y por consiguiente tienen una velocidad de paso mayor en el tracto gastrointestinal. Sumado a esto el pasto Brasileiro contiene el mayor porcentaje de FDA (38,6%), seguido de *Gynoxys campii* (36,1%) y de *Monticalia andicola* (27,2%), que es uno de los nutrientes de menor digestibilidad.

Belalcazar y Narváez (2008), mencionan un valor de DF de 92,48% para colla negra, este es un contenido elevado que obedece a su mayor cantidad proteica (22,76%). Burgos y Luna (1986), reportan coeficientes de DF de 47,37 y 68,64% para pasto Aubade y Tetralite respectivamente, se puede observar que el

coeficiente para pasto Aubade es similar al de Brasileiro reportado en el presente estudio.

3.2.5. Digestibilidad del extracto etéreo. En la tabla 9 se observa que la DEE es mayor en *Monticalia andicola* (83,62%), seguido de *Gynoxys campii* (55,88%) y de pasto Brasileiro (27,62%). ($P < 0,01$). Esto se debe posiblemente a la mayor presencia de ácidos grasos insaturados en las especies arbustivas estudiadas. Al respecto Maynard (1981) manifiesta que los ácidos grasos insaturados son más digeribles que los saturados. El coeficiente reportado en este estudio para pasto Brasileiro es bajo, probablemente por la presencia de lípidos de baja digestibilidad. Al respecto, Lloyd *et al.* (1982), refieren que en los alimentos de origen vegetal, casi la mitad del extracto etéreo puede ser compuesto por esteroides, ceras y otros lípidos de bajo valor biológico.

Belalcazar y Narváez (2008), muestran una digestibilidad del 53,57% para colla negra y argumentan que es un coeficiente bajo, posiblemente debido a la presencia de ceras y esteroides que no son utilizadas por el animal.

Burgos y Luna (1986), reportan coeficientes de DEE de 47,81 y 48,52% para pasto Aubade y Tetralite respectivamente, considerados bajos por estos autores, pero que se encuentran por encima de los reportados en este estudio para pasto Brasileiro.

3.2.6. Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno. Con respecto a esta variable, se observa (Tabla 9) que el forraje de *Monticalia andicola* presentó un mayor porcentaje (74,54%), seguido de *Gynoxys campii* (63,18%) y de pasto Brasileiro (49,19%) ($P < 0,01$), lo que indica que este último forraje tiene una menor proporción de carbohidratos solubles que de carbohidratos estructurales (Hurtado, 2012). En el presente estudio la digestibilidad del ELN manifestó una relación directamente proporcional al contenido de ELN de los forrajes.

Belalcazar y Narváez (2008), mencionan que la colla negra presenta una DELN de 28,89%, quienes la consideran baja, debido al bajo contenido de ELN de 10,97%. Burgos y Luna (1986), reportan coeficientes de 70,11 y 78,69%, para pasto Aubade y Tetralite respectivamente, que consideran aceptables y buenos por la disponibilidad biológica de los principios nutritivos para los animales.

3.2.7. Nutrientes digestibles totales (NDT). En la tabla 9 se puede observar que el mejor porcentaje lo presenta el forraje de *Monticalia andicola* (73,97%), seguido de *Gynoxys campii* (57,5%) y de Brasileiro (44,7%). ($P \leq 0,01$). De estos 3 forrajes, solo *Monticalia andicola* cumple los requerimientos de nutrientes digestibles totales para los cuyes en levante y engorde que según el NRC (1978) deben encontrarse entre el 65 a 70%, lo que significa que este forraje tiene un mejor equilibrio entre los distintos nutrientes. En los tres forrajes el nutriente que más

energía aportó fue el extracto libre de nitrógeno, seguido de la fibra, la proteína y el extracto etéreo.

Belalcazar y Narváez (2008) encontraron un porcentaje de 72,72% de NDT para colla negra, considerada alta por estar por encima de los requerimientos de los cuyes de levante y engorde. Burgos y Luna (1986), encontraron porcentajes de 59,78 y 70,22%, para pasto Aubade y Tetralite respectivamente, en donde solo el Tetralite cumple con los requerimientos exigidos.

3.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE LAS FORRAJERAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS CUYES.

En el análisis de varianza se presentaron diferencias ($p < 0.01$) por efecto de la inclusión de la harina de las forrajeras en las variables consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) (Tabla 10).

Tabla 9. ANDEVA para las variables CMS, GDP Y CA

F.V.	G.L	CMS	GDP	CA
Trat.	4	60,93**	5,14**	3,37**
Error	15	1,62	0,26	0,22
Media		63,37	7,54	8,53
C.V(%)		2,00	6,77	5,51

**= Diferencias altamente significativas; CMS= consumo de materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso; CA= Conversión alimenticia.

3.3.1. Consumo de Materia Seca (CMS). El análisis de esta variable indica que los cuyes consumieron menos materia seca ($p < 0,01$) de pasto brasilero respecto a los demás tratamientos en donde hubo inclusión tanto de concentrado como de harina de las forrajeras en estudio (Tabla 11).

Tabla 10. Prueba de Tukey para las variables CMS, GDP Y CA.

Trat.	CMS g/día	GDP g/día	CA
0	56,45B	6,53C	8,70A
1	65,82A	9,43A	7,00B
2	64,94A	7,65B	8,51A
3	64,48A	6,92BC	9,34A
4	65,17A	7,17BC	9,11A
Tukey	2,8	1,12	1,02

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes. A es el mejor valor seguido de B y C, a excepción de CA en donde es lo contrario.

El menor consumo observado en T0 obedece a que el forraje del pasto brasilero contiene mayor porcentaje de fibra (tabla 4), factor que influye en el rápido llenado del tracto digestivo, sin que el animal haya cumplido con sus requerimientos de materia seca (Caycedo, 2000).

Para T1, T2, T3 y T4 el consumo de materia seca fue mayor debido a que la adición de los suplementos mejoró el balance de los nutrientes, con menores contenidos de fibra y mayores contenidos de proteína y energía. En la tabla 12 se puede observar que los consumos de materia seca de forraje y de suplementos sumados, son similares entre estos 4 tratamientos, a pesar de las diferencias del porcentaje de proteína de las dietas, debido posiblemente a que con estos consumos saturan su capacidad digestiva.

Los resultados encontrados difieren de los reportados por Suarez (1987), quien reporta que un cuy después de las cuatro semanas consume un total de 78,8 g de materia seca al día.

Un efecto similar al encontrado en este estudio, obtuvieron Patiño y Burgos (2010) cuando suministraron en dietas para cuyes pasto kikuyo más concentrado y kikuyo más suplemento con harina de colla con porcentajes de proteína de 17,19 y 21% en donde no observaron diferencias en la cantidad de materia seca consumida. El comportamiento similar en T1, T2, T3 y T4 se debió a que las dietas evaluadas no presentaron grandes variaciones en los aportes nutricionales de proteína y NDT (tabla 12).

Tabla 11. Balance de proteína y NDT de los tratamientos

Trat.	Fuente	MS (g/día)	% PB	Proteína (g/día)	%PB Mezcla	% NDT	NDT (g/día)	%NDT Mezcla
T0	Brasilero	56,45	15,7	8,86	15,7	60,1	33,92	60,1
T1	Brasilero	54,7	15,7	8,58		60,1	32,92	
	Concentrado	11,12	20	2,22		79	8,78	
	Total	65,82		10,8	16,42		41,7	63,35
T2	Brasilero	54,84	15,7	8,61		60,1	32,95	
	H. Puliza	10,10	13	1,31		71	7,18	
	Total	64,94		9,92	15,27		40,13	61,77
T3	Brasilero	54,94	15,7	8,63		60,1	33,01	
	H Sal buena	9,54	10,5	1		58	5,53	
	Total	64,48		9,53	14,93		38,54	59,77
T4	Brasilero	54,52	15,7	8,56		60,1	32,76	
	H. Puliza	5,33	13	0,69		71	3,78	

H.Sal buena	5,33	10,5	0,56	58	3,09	
Total	65,17		9,81	15,05	39,63	60,81

El consumo de los suplementos no presentó un efecto limitante que suponen los denominados metabolitos secundarios, condición que se hizo evidente en la prueba de digestibilidad con el forraje de *Monticalia andicola*. Al respecto Nava y Belmar (1999), mencionan que el secado es una de las formas de disminuir el contenido de metabolitos secundarios.

3.3.2. Ganancia de peso. Los resultados muestran que los animales del T1 obtuvieron las mayores ganancias de peso ($p < 0,01$), seguidos de T2, T3 y T4, finalmente el T0 obtuvo las menores ganancias de peso semejantes a T3 y T4 (Tabla 11).

Los mayores resultados observados en T1 obedecen a las características composicionales del tratamiento en cuanto a proteína (16,42%) y NDT (63,35%). Investigaciones realizadas sobre niveles de proteína en las distintas fases fisiológicas del cuy reportan que se han logrado adecuados rendimientos con contenidos del 16% para desarrollo y engorde, en raciones mixtas con forraje y suplemento concentrado (Caycedo, 2000).

Las ganancias de peso para T0 se encuentran dentro del rango de incremento reportado por Caycedo (2000), quien afirma que los cuyes alimentados con forraje tienen una ganancia de peso diaria de 6-7 g., de igual manera los incrementos del T1 se encuentran dentro de los rangos reportados por el mismo autor: 8-12 g. para cuyes alimentados con forraje y concentrado. Para T2, T3 y T4, los resultados se encuentran por debajo de los reportados por Patiño y Burgos (2010) en cuyes suplementados con harina de colla (8,31-9,78g/animal/día).

De los tratamientos con inclusión de harina, el que mejor resultado presentó fue T2, al que se adicionó harina de *Monticalia andicola*, debido a que tiene mayor contenido de proteína (13%), NDT (71%) y menor FDN (38,2%), respecto a la harina de sal buena con un menor contenido de proteína (10,5%), de NDT (58%) y mayor FDN (49,8%); adicionalmente el forraje de *Monticalia andicola* presentó la mejor digestibilidad de sus componentes.

Las menores ganancias obtenidas por T0, coinciden con los menores consumos de materia seca (56,45 g/día), proteína (8,86 g/día) y NDT (33,92 g/día), estos resultados son similares a los obtenidos por Patiño y Burgos (2010), quienes reportan que a menor consumo de materia seca, menor incremento de peso.

Según los requerimientos nutricionales que reporta el NRC (tabla 3) para cuyes durante la etapa de crecimiento-engorde: de 14-17% de proteína y 2500-2800

Kcal, los tratamientos del presente ensayo se encuentran dentro de estos rangos, como se puede observar en la tabla 13.

Tabla 12. Balance de proteína y energía total de los tratamientos

Tratamiento	% Proteína	% NDT	ED Kcal
T0	15,7	60,1	2631,5
T1	16,42	63,35	2774,7
T2	15,27	61,77	2705,5
T3	14,93	59,77	2617,9
T4	15,05	60,81	2663,4

3.3.3. Conversión alimenticia. En la tabla 11 se observan los resultados para esta variable, en donde T1 obtuvo la mejor conversión respecto a los demás tratamientos ($p < 0,01$).

El T1 obtuvo mayores consumos, ganancias de peso y una mejor conversión alimenticia, debido a la calidad de la dieta suministrada en cuanto a proteína y NDT (tabla 12).

En T0, T2, T3 y T4 la conversión fue similar, debido a que los contenidos de proteína y energía fueron similares, aunque no existen diferencias entre estos tratamientos, se observa que T2 es ligeramente superior a los demás por estar conformado por harina de *Monticalia andicola*, la cual presentó mejores contenidos nutricionales.

La información obtenida es consistente con lo que reporta Caycedo (2000) sobre la CA, la cual para cuyes alimentados con pasto debe estar entre 8-12 y para cuyes alimentados con pasto + concentrado de 5-7.

Los valores encontrados son mejores a los reportados por Patiño y Burgos (2010), en cuyes alimentados con kikuyo + concentrado y kikuyo + suplemento con harina de colla de 15-21% de proteína, quienes encontraron conversiones de 9,79 y de 10,57-11,4 respectivamente.

3.3.4. Mortalidad. En la tabla 14 se puede observar que los animales del T1, T3 y T4 no presentaron mortalidad a diferencia de los tratamientos T0 y T2 con un 6,25% de mortalidad cada uno.

Tabla 13. Mortalidad de los cuyes para cada uno de los tratamientos

Tratamiento	%
T0	6,25
T1	0
T2	6,25
T3	0
T4	0

Ninguno de los tratamientos presentó mortalidad por el consumo del suplemento, esto se atribuye a que el manejo y alimentación fueron adecuados, a la vez es importante recalcar que la elaboración de harinas disminuyó en gran medida los metabolitos secundarios contenidos en los forrajes frescos.

La causa de la mortalidad se atribuye a competencia por alimento de los animales en los dos tratamientos T0 y T2.

3.4. BENEFICIO ECONÓMICO DE LA INCLUSIÓN DE LAS ARBUSTIVAS *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola* EN LA DIETA DE CUYES EN LEVANTE Y ENGORDE.

En la tabla 15 se evidencian los resultados económicos de los tratamientos, detallando los ingresos brutos, los egresos, los ingresos netos y la rentabilidad.

Los costos más bajos los presentó el T0 (\$143075,4), debido a que no incluyó ningún suplemento en la alimentación de los animales y los más altos fueron para el T2, debido a la inclusión de harina de *Monticalia* que fue la más costosa (\$2500/Kg).

El tratamiento con mayor rentabilidad fue T1 (30,77%), debido a los mayores incrementos de peso y al menor valor del concentrado (\$1500/Kg); el tratamiento de menor rentabilidad fue T2 (1,48%), debido al mayor valor de la harina de puliza y a la mortalidad (6,25%).

Es importante resaltar que T0 a base de pasto Brasileiro, con los menores ingresos (\$165,750), obtuvo la segunda rentabilidad (15,85%).

Tabla 14. Resultados económicos de los tratamientos

Concepto	T0	T1	T2	T3	T4
INGRESOS					
Peso promedio final (g)	884	1086,5	942	903,7	936
Valor gramo cuy (\$)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
No. Animales	15	16	15	16	16
Venta de animales (\$)	165750	217312	176625	180750	187200
EGRESOS (\$)					
Compra de animales	112000	112000	112000	112000	112000
Mano de obra	16000	16000	16000	16000	16000
Pasto brasilero	11075,4	11440	10766,2	11500	11410,5
Suplementos		22734	31275	29439,5	34016,9
Medicamentos y desinfectantes	4000	4000	4000	4000	4000
TOTAL EGRESOS (\$)	143075,4	166174	174041,2	172939,5	177427,5
INGRESO NETO (%)	22674,6	51138	2583,7	7810,4	9772,4
% RENTABILIDAD	15,85	30,77	1,48	4,52	5,51

El costo de los suplementos se calculó multiplicando el promedio de consumo cuy/día en gramos, por 75 días, por el número de cuyes al final del ensayo y por el valor del suplemento. En el caso del concentrado el promedio de consumo diario fue de 12,63g, harina de *Monticalia andicola* de 11,12g, harina de *Gynoxys campii* de 10,57 y la mezcla de las dos harinas de 11,76g.

El valor del concentrado comercial fue de 1.500 pesos/Kg, la harina de *Monticalia andicola* 2.500 pesos/Kg y la harina de *Gynoxys campii* de 2.321 pesos/Kg.

3.5. CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE LAS ESPECIES *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*.

Para realizar la caracterización dasométrica de las especies arbustivas, se recolectó la información de 10 árboles de cada especie distribuidos en la finca las Cangaguas y los valores obtenidos fueron promediados para cada una de las diferentes dimensiones, como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Caracterización dasométrica

Especie	DAP Cm	AT M	AF m	AC Cm	DC m	EC Mm	Peso follaje Kg
<i>Gynoxys c.</i>	19,4	3,6	1,4	2,2	2,25	2,3	2,5
<i>Monticalia a.</i>	23,76	4,26	1,58	2,67	2,62	2	2

DAP: Diámetro a la altura del pecho. AT: Altura total. AF: Altura del fuste. AC: Altura de la copa. DC: Dimensión de la copa. EC: Espesor de la corteza.

Se puede observar en la tabla 16, que aunque *Monticalia andicola* muestra mayores dimensiones, *Gynoxys campii* produce mayor cantidad de follaje pero por encontrarse en zonas de protección y estar en vía de extinción no se recomienda su extracción de este medio. Según la descripción de González (2013), *Gynoxys campii* tiene alturas superiores a 5 metros, por encima de las encontradas en este estudio.

RESULTADOS

Existe diferencia marcada entre el contenido nutricional de *Gynoxys campii* y *Monticalia andicola*. Los contenidos de proteína, FDN, FDA, ELN, energía bruta y fósforo son mejores en *Monticalia* que en *Gynoxys*, a excepción del contenido de calcio y magnesio.

Los análisis fitoquímicos cualitativos de las dos arbustivas muestran que el forraje de *Monticalia andicola* tiene más fenoles y esteroides que *Gynoxys campii*, y esta última más saponinas.

La digestibilidad *In vivo* aparente de *Monticalia andicola* fue superior a la de *Gynoxys campii* y a la del pasto Brasileiro en todas sus fracciones, debido al mejor balance de sus nutrientes.

El consumo de materia seca de *Monticalia andicola* en la prueba de digestibilidad fue el menor, debido al mayor nivel de fenoles y esteroides que limitaron el consumo del forraje.

Solamente el valor de los nutrientes digestibles totales de *Monticalia andicola*, es apropiado para los cuyes en levante y crecimiento, constituyéndose esta especie en un forraje promisorio para la alimentación cuyícola. En la prueba de comportamiento, los mayores incrementos de peso y las mejores conversiones se observaron en el tratamiento de mayor consumo de materia seca (T1), correspondiente a pasto Brasileiro más concentrado comercial.

La inclusión de harina de *Monticalia andicola* (13% proteína), en la dieta de cuyes no mejora la ganancia de peso ni la conversión frente a los concentrados comerciales pero sí frente al T0 con 100% de forraje de pasto Brasileiro. La elaboración de harina de los forrajes arbustivos, eliminó los metabolitos secundarios que causaron toxicidad y que limitaron el consumo del forraje de *Monticalia andicola*.

La inclusión de harinas en las dietas aumentó los costos de producción y disminuyó la rentabilidad económica. Es importante resaltar que el T0 sin suplementación obtuvo los menores costos de producción y la segunda mejor rentabilidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a que *Gynoxys campii* se encuentra en vía de extinción y a que no mostró en el presente estudio resultados satisfactorios, no se recomienda extraer esta especie de su medio para la alimentación de cuyes.

Buscar formas de propagación de *Gynoxys campii* para evitar su extinción y repoblar zonas de páramo y de protección de cuencas.

Realizar estudios agronómicos y fenológicos de *Monticalia andicola* para determinar su potencialidad productiva en la alimentación de cuyes.

Caracterizar más ampliamente el contenido nutricional y antinutricional del forraje de *Monticalia andicola* para identificar el tipo de aminoácidos presentes en el forraje y cuantificar los metabolitos secundarios determinados cualitativamente.

Realizar pruebas de comportamiento con distintos niveles de forraje de *Monticalia andicola* en asocio con gramíneas.

Evaluar el sabor y la calidad de la canal de los cuyes suplementados con harina de *Monticalia andicola*.

BIBLIOGRAFÍA

AGRONOMOS Y VETERINARIOS SIN FRONTERAS. (2009). Primer informe anual proyecto Gualkalá. 29 p.

AIKMAN, P.; REYNOLDS, C. Y BEEVER, D. (2008). Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 91:1103-1114p.

ALCALDIA MUNICIPIO DE CUMBAL. (2011). (www.cumbal-narino.gov.co).

ALIAGA, L. (1979). Producción de cuyes. Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. 320 p.

APRÁEZ, E.; INSUASTY, E.; PORTILLA, J. y HERNÁNDEZ, A. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Bracharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *Vet.zootec.* 6(1): 25-35p.

Association of Official Analytical Chemists. (2012). Official methods of analysis of AOAC international. 19th ed. Volume I. Editor Dr George w. Latimer.

AVALOS A, Pérez E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Rev Recursos Educ (Biología)*. 2 (3): 119-145 p.

BELALCAZAR, L. y NARVAEZ, O. (2008). Valoración nutritiva del forraje Colla negra (*Smallanthus pyramidalis*) en mezcla con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), fases de levante y engorde. Tesis Zoot. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. 87p.

BELMAR, R. (2001). Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Congreso de veterinaria. (10º: 2001: Trujillo) Memorias del X congreso de veterinaria. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, pp. 34-54.

BILBAO, M. (1997). Análisis fitoquímico preliminar. Universidad de Quindío, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas, Programa de Química de productos vegetales. 183 p.

BUITRAGO, J. 1992. Soya integral en la alimentación animal. Bogotá: Átropos. p.6.

BURGOS, A. Y LUNA, J. (1986). Digestibilidad aparente de los pastos raigrás aubade y raigrás tetralit (*Lolium hibridum*) en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). Tesis Zoot. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. 93 p.

CALDAS, V. y BLAIR, M. (2004) Cuantificación de taninos condensados e identificación de QTLs asociados a su acumulación en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. En: Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Bogotá. 43p.

CARAVACA, F.; CASTEL, J.; GUZMAN, J.; DELGADO, M.; MENA, Y.; ALCALDE, M. y GONZALEZ, P. (2003). Bases de la producción animal. Sevilla [España]: universidad de Sevilla. 517p.

CARULLA, J. y PABON, M. (2004). Un sistema in vitro para evaluar los efectos de los taninos en la degradación de la proteína bajo condiciones ruminales y abomasales. En: Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Bogotá. 15p.

CASANOVA, D. (2005). Identificación de especies silvestres forrajeras en una zona del pie de monte costero nariñense con potencial de uso en el establecimiento de sistemas silvopastoriles Tesis Agroforestal. Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional abierta y a distancia. 101p.

CAYCEDO, A. (2000). Experiencias Investigativas en la Producción de Cuyes. 1ra ed. Pasto: Graficolor. 320p.

CAYCEDO, A. y APRÁEZ, E. (1995). Digestibilidad *in vivo* e *in vitro* de algunas malezas utilizadas en la alimentación de cuyes. Informe final COLCIENCIAS. Universidad de Nariño. 77 p.

CHAMBERS, R. (1983). Rural development: putting the first. London, UK, Longman. 246 p.

CHAUCA, L. (1994). Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). En: Crianza de cuyes, Serie Didáctica. INIA. Lima. 45p.

CHAUCA, L. (1997). Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). [Online]. Perú: FAO, [Citado el 19 de julio de 2012]. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/w6562s/w6562s00.htm.

CHAMBERS, R. (1983) .Rural development: putting the last first. London, UK, Longman. 246 p.

CHEEKE, P. (1995). Alimentación y nutrición del conejo. Zaragoza [España]: Acribia. 127 p

CHEEKE, P. y KELLY, J. (1989). Metabolism, toxicity and nutritional implications of toxicity and nutritional implications of quinolidine (lupin) alkaloids. In: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the Firts International Workshop on 'Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds', Wageningen, The Netherlands November 23-25, 1988. Huisman, J., T.F.B. van der Poel and I.E. Liener (Editors). Pudoc Wageningen, Netherlands. . pp. 189-210.

DOMÍNGUEZ, X. (1973). Métodos de investigación fitoquímica, México, Limusa 1 ed. 300 p.

ESCOBAR, A. (1995). Encountering development: The making and unmaking of the Third World. Princeton. NJ, Princeton University Press. 290 p.

ESTRADA, J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales: Universidad de Caldas. 511p.

ESQUIVEL, R. (1997). Criemos cuyes. Cuenca. Ecuador. 100 p.

FAO. (2013). Los arboles en la economía doméstica. [Online]. Deposito de los documentos de la FAO. [Citado el 4 de junio de 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/s5500s/S5500S01.htm>

FLORES, L. y SALAZAR, G. (1995). Digestibilidad aparente de algunos forrajes arbóreos (nacedero, morera, chachafruto y maíz forrajero) en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis Zoot. Facultad Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. 130 p.

GALINDO, W.; ROSALES, M.; MURGUEITIO, E. Y LARRAHONDO, J. (1989). Sustancias antinutricionales en las hojas de guamo, nacedero y matarratón. Livestock Research for Rrural Development. 1(1):10-12 p.

GÁLVEZ, A. (2006). Módulo de producción agro ecológica de ganado de carne. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 14 p.

GIL, R.; MEJÍAS, R.; CARMONA, J. y RODRÍGUEZ, M. (2003) Estudio etnobotánico de algunas plantas medicinales expendidas en los herbolarios de Mérida, Ejido y Tabay (Estado Mérida - Venezuela). *REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA Vol. 45 (1)*

GOMEZ, B. y VERGARA, V. (1993). Fundamentos de nutrición y alimentación. En: I curso nacional de capacitación en crianzas familiares. La Molina. Lima. Peru. Instituto Nacional de Investigación Agraria. .38-50p.

GONZALEZ, M. (2013). Herbario Universidad de Nariño. Comunicación directa

GONZÁLEZ, R. (2001). Zapotec Science. Farming and food in the northern sierra of Oaxaca. Austin, Texas, University of Texas Press. 360 p.

GUERRERO, G. (1990). El cuy (*Cavia porcellus*) como recurso potencial para la obtención de proteína animal en la alimentación humana. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 19 p.

HURTADO, D.; NOCUA, S. y NARVÁEZ, W. (2012). Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Vet.zootec. 6(1): 56-65 p.

KUMAR, R., y D´MELLO, J. (1995). Antinutritional factors in forage legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. D´Mello. J. and C. Devendrá (Eds). CAB International. U. K. 95-133 p

LIENER, I. (1989). Antinutritional factors in legume seeds: State of the art. In: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Proceedings of the first International workshop on “ Antinutritional Factors (ANF) in legume seeds, Wagening, The Netherlands November 23-25, 1988. Huisman, J., T.F.B. Van der Poel and I.E. Liener (Editors). Pudoc Wagening, Netherlands. 141-155 p.

LONG, N. (2001). Development sociology; actor perspectives. New York, Routledge. 294 p.

LLOYD, I, MCDONALD, B Y CRAMPTON, E. (1982). Fundamentos de nutrición. Zaragoza, Acribia. 515 p.

MARTÍNEZ, R. (2006). Requerimientos nutricionales del cuy. En: PRIMER CURSO INTERNACIONAL DE CUYICULTURA. (1º: 2006: Ibarra). Memorias del Primer Curso Internacional de Cuyicultura. Ibarra: ASOPRAN.

MC DONALD, P.; EDWARD, R. y GREENHALGH, J. (1999). Nutrición animal. 5.ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 576p.

MAYNARD, L. (1981). Nutrición animal. México: Mac Graw Hill. 143 p.

MC SWEENEY, C.; MAKKAR, H. y J. D. REED. (2003). Modification of Rumen Fermentation to Reduce Adverse Effects of Phytochemicals. Matching Herbivore Nutrition to Ecosystems Biodiversity. International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Mérida, Yucatán, México, 241-268 p.

MONTÚFAR, R. y PITMAN, *Gynoxys campii*. In: IUCN (2011). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 11 January 2012.

MUZQUIZ, M. (2006). Factores no-nutritivos en fuentes proteicas de origen vegetal: Su implicación en nutrición y salud [Online]. BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TEC HNOLOGY [Río de Janeiro, Brasil]: [citado 25 enero de 2008]. Disponible en internet URL: http://www.ital.sp.gov.br/bj/bj_old/brazilianjournal/ed_especial_b/cor-15.pdf

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2001). The nutrient requirement of dairy cattle, 7th National Academy Press, Washington, D.C; National Academy Press.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1978). Nutrients of laboratory animals *Guinea pig*. Washington D.C. 96p.

NAVA, R.; RUIZ, B y BELMAR, R. (1999). Una reseña corta sobre el valor nutritivo y factores antinutricionales en follajes de canavalia y terciopelo dados a cerdos. Revista computarizada de Producción Porcina. 6 (3). 66p

ORTEGÓN, M Y MORALES, F. (1987). El cuy (*Cavia porcellus*). Pasto: MARMOR. 33p.

PATIÑO, J. y BURGOS, D. (2010). Evaluación de diferentes niveles de proteína con la inclusión de harina de colla negra (*Smalanthus pyramidalis*) en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis Zoot. Facultad Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. 96p.

PINTO, ZUÑIGA Y TORRES. (2002). Estudio sistemático del género *Cavia* en Colombia. Revisión de registro arqueológico colombiano. Bogotá: Guadalupe. P. 20-21.

PIQUERAS, R. (1974). Revistas hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura de España. 1974 Madrid. Número 2. 74p.

PRICE, K., Johnson, I., y Fenwick, G. (1987). The Chemistry and biological significance of saponinas in food and feedingstuffs. Crit, Rev, Food Sci. Nutr. 26.27-133 p.

- RAMIREZ, J. (2006). Liofilización, estado del arte. Universidad del Valle, programa doctoral en ingeniería. Ingeniería de alimentos. Cali Colombia. 30p
- RAMIREZ, S e HIDALGO, F. (1998). Evaluación de algunos recursos forrajeros en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis Zoot. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. 150 p.
- RANGEL, J. (2000). Biodiversidad en la región del páramo con especial referencia a Colombia. Banco de la República. 192 p.
- ROMERO, Y y RUIZ, Y. (2004). Caracterización anatómica del tracto gastrointestinal del cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar al título de Médico veterinario. Universidad de Nariño. Pasto. Nariño. Colombia. 171p.
- SALAMANCA, R. (1990). Pastos y forrajes, producción y manejo. Bogotá, Colombia: Editorial Santo Tomás de Aquino, USTA. 339p.
- SUAREZ, R. (1987). Manual técnico de nutrición y alimentación para cuyes. SENA Nariño. 35p.
- UGALDE, A., L. A. (1981), Conceptos básicos de dasometría. Turrialba: CATIE-24p.
- VALENCIA, R., N. C. A. PITMAN, S. LEÓN-YÁNEZ & P. M. JØRGENSEN. (2000). Libro Rojo PI. Endémic. Ecuador 2000 i-v, 1-489. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- VALENZUELA, A. y RONCO, A M. (2004). Revista chilena de nutrición. Vol 1. Suplemento 1. 161-169p .
- VARGAS, R. (1984). Agrostología. Universidad del Tolima. Conferencias. Ibagué 16-28p.

ANEXOS

Anexo A. Composición química de las heces de T1 pasto Brasileiro

Fracción	
Materia seca %	46,2
Ceniza %	15,2
Extracto etéreo %	3,78
Proteína%	10,8
ELN%	30,42
Energía Kcal/100g	410
FDN%	65
FDA%	39,8
Lignina%	5,62
Celulosa %	27,4
Hemicelulosa%	25,2
Nitrógeno%	1,73
Calcio%	0,18
Fósforo%	0,32
Magnesio%	0,06

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

Anexo B. Composición química de las heces de T2 *Gynoxys campii*

Fracción	
Materia seca %	47,3
Ceniza %	6,05
Extracto etéreo %	2,86
Proteína%	8,23
ELN%	32,16
Energía Kcal/100g	452
FDN%	65,3
FDA%	50,7
Lignina%	19,3
Celulosa %	30,8
Hemicelulosa%	14,7
Nitrógeno%	1,32
Calcio%	0,39
Fósforo%	0,24
Magnesio%	0,10

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

Anexo C. Composición química de las heces de T3 *Monticalia andicola*

Fracción	
Materia seca %	45,3
Ceniza %	7,47
Extracto etéreo %	4,56
Proteína%	12,7
ELN%	41,07
Energía Kcal/100g	481
FDN%	51,1
FDA%	34,2
Lignina%	12
Celulosa %	21,3
Hemicelulosa%	16,9
Nitrógeno%	2,02
Calcio%	0,48
Fósforo%	0,52
Magnesio%	0,06

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

Anexo D. Composición química de la harina de *Gynoxys campii*

Fracción	
Materia seca %	90,26
Ceniza %	8,04
Extracto etéreo %	2,37
Fibra cruda%	47,3
Proteína%	10,5
ELN%	31,9
Energía Kcal/100g	
FDN%	49,8
FDA%	34,2
Lignina%	11,7
Celulosa %	21,6
Hemicelulosa%	15,6
Nitrógeno%	
Calcio%	
Fósforo%	
Magnesio%	

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

Anexo E. Composición química de la harina de *Monticalia andicola*

Fracción	
Materia seca %	90,99
Ceniza %	7,92
Extracto etéreo %	5,96
Fibra cruda%	29,9
Proteína%	13
ELN%	43,2
Energía Kcal/100g	
FDN%	38,2
FDA%	24,6
Lignina%	10,3
Celulosa %	13,9
Hemicelulosa%	13,6
Nitrógeno%	
Calcio%	
Fósforo%	
Magnesio%	

Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño, 2012

Anexo F. Composición química del concentrado comercial

Humedad	12%
Fibra cruda	16%
Proteína	20%
Grasa	3%
Ceniza	8%
