

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



“DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD Y ENERGIA
DIGESTIBLE DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA (Stizolobium
deeringianum) EN CUYES”

ROCÍO VALENZUELA ROCHA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima-Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD Y ENERGIA DIGESTIBLE DEL
FORRAJE SECO DE MUCUNA (Stizolobium deeringianum) EN CUYES”**

ROCÍO VALENZUELA ROCHA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

PATROCINADA POR:

Mg. Sc. ALEJANDRINA SOTELO MENDEZ

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Ing. Víctor Vergara Rubín

Presidente

Ing. José Sarria Bardales

Miembro

Ing. Gloria Palacios Pinto

Miembro

Ing. Alejandrina Sotelo Méndez

Patrocinadora

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, por su amor, su sacrificio, sus consejos, su ejemplo diario y apoyo incondicional en todos mis proyectos.

A Paul, mi amor, por ser mi mejor consejero, mi motivación, mi fuerza e impulso para terminar el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

- Mi profundo agradecimiento a la Ing. Alejandrina Sotelo por su asesoría, cariño, paciencia y apoyo en cada etapa del presente trabajo.
- Al Ing. Álvaro Hurtado por sus valiosos consejos y ayuda, sin los cuales habría sido imposible la realización de la tesis.
- Al Dr. Enrique Flores y la Dra. Lucrecia Aguirre por su colaboración y por todas las facilidades brindadas en el Jardín Agrostológico.
- Al Ing. Víctor Vergara y la Ing. Vanessa Basurco por las facilidades brindadas en la Planta de Alimentos.
- Al Ing. Víctor Hidalgo y la Ing. Teresa Montes por su invaluable ayuda.
- A la Sra. Silvia, Sr. Rondinel, Don Mauro, Don Reynaldo, Don Ciro y Don Eleuterio por su preocupación y colaboración constante.
- A todos mis amigos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. PLANTA DE MUCUNA	3
2.1.1. TAXONOMÍA	3
2.1.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y AGRONÓMICAS	4
2.1.3. VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE	5
2.1.4. FACTORES ANTINUTRICIONALES	9
2.2. DIGESTIBILIDAD Y DIGESTIBILIDAD APARENTE	12
2.2.1. FUNDAMENTOS Y FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD	12
2.2.2. ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD.....	17
2.3. ENERGÍA BRUTA Y ENERGÍA DIGESTIBLE APARENTE.....	18
2.4. FISIOLOGÍA DIGESTIVA Y REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DEL CUY	20
2.4.1. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL CUY.....	20
2.4.2. NECESIDADES NUTRITIVAS DEL CUY	21
2.5. UTILIZACIÓN DE LA MUCUNA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	27
III. MATERIALES Y METODOS	31
3.1. LUGAR Y FECHA DE ESTUDIO	31
3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS	31
3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES	32
3.4. DIETAS EXPERIMENTALES.....	32
3.5. FORRAJE EN ESTUDIO.....	36
3.6. PRUEBA DE CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD	36
3.7. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.....	38
3.8. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	38
3.9. ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA DIGESTIBLE	39

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA	41
4.2. ENERGÍA DIGESTIBLE DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA	45
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
VIII. ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1:	Composición química de la planta de mucuna (base seca)	6
CUADRO 2:	Digestibilidad de los nutrientes de la planta de mucuna (base seca)	7
CUADRO 3:	Cuadro comparativo entre la mucuna y los cultivos de mayor uso agropecuario	10
CUADRO 4:	Composición química de alfalfa (heno en floración), heno de alfalfa, harina de kudzú y harina de stylo (base seca)	11
CUADRO 5:	Valores de digestibilidad aparente de diferentes alimentos en el cuy	14
CUADRO 6:	Energía digestible de diferentes alimentos en el cuy	19
CUADRO 7:	Contenido de nutrientes recomendados por el NRC para la alimentación de cuyes en crecimiento (base fresca)	22
CUADRO 8:	Estándares nutricionales para cuyes mejorados en crecimiento explotados en régimen intensivo (base fresca)	23
CUADRO 9:	Composición porcentual de los ingredientes y valor nutritivo calculado de la dieta basal (tal como ofrecido)	33
CUADRO 10:	Análisis químico proximal y energético de la dieta basal	34
CUADRO 11:	Análisis químico proximal y energético de la dieta experimental (80% dieta basal y 20% forraje seco de mucuna)	35
CUADRO 12:	Análisis químico proximal y energético del forraje seco de mucuna	37
CUADRO 13:	Coeficientes de digestibilidad aparente del forraje seco de mucuna (base seca)	42
CUADRO 14:	Energía digestible del forraje seco de mucuna (base seca)	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1:	Coeficientes de digestibilidad aparente del kudzú, alfalfa y heno de alfalfa comparados al forraje seco de mucuna	43
GRÁFICO 2:	Energía digestible de los forrajes más usados en la alimentación de cuyes comparados al forraje seco de mucuna	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I:	Ecuación para la estimación de la Energía Bruta (Alimentation Equilibre Commentry, 1978).....	57
ANEXO II:	Cantidad de la dieta basal (DB) ingerida por cada animal (base seca).....	58
ANEXO III:	Cantidad de la dieta experimental (DE) ingerida por cada animal (base seca)	59
ANEXO IV:	Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta basal (DB) (en grs) (base seca).....	60
ANEXO V:	Peso de las heces de los animaes alimentados con la dieta experimental (DE) (en grs) (base seca)	61
ANEXO VI:	Composición químico proximal y energética de las heces (base seca).....	62
ANEXO VII:	Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta basal (base seca)	63
ANEXO VIII:	Coeficientes de digestibilidad de la dieta basal (base seca)	64
ANEXO IX:	Cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la dieta experimental (base seca).....	65
ANEXO X:	Coeficientes de digestibilidad de la dieta experimental (en base seca).....	66
ANEXO XI:	Coeficientes de digestibilidad del forraje seco de mucuna (base seca).....	67
ANEXO XII:	Energía digestible de la dieta basal (base seca).....	68
ANEXO XIII:	Energía digestible de la dieta experimental (base seca)	69
ANEXO XIV:	Energía digestible del forraje seco de mucuna (base seca)	70

RESUMEN

DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD Y ENERGÍA DIGESTIBLE DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA (*Stizolobium deeringianum*) EN CUYES

El experimento fue conducido en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y consistió en determinar los coeficientes de digestibilidad y la energía digestible del forraje seco de mucuna (*Stizolobium deeringianum*). Se usó el método indirecto, considerando como dieta basal el concentrado utilizado en la Granja de Cuyes de Cieneguilla. El experimento tuvo dos fases, una de adaptación y una de colección de heces, con una duración de 17 y 5 días respectivamente. Se utilizaron 10 cuyes machos adultos colocados de forma aleatoria en jaulas metabólicas. Cinco animales fueron alimentados con la dieta basal y los otros cinco fueron alimentados con la dieta experimental: 80% dieta basal y 20% forraje seco de mucuna. Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos fueron de: 66.29% para materia seca, 66.13% para materia orgánica, 74.02% para proteína cruda, 52.44% para fibra cruda, 60.18% para el extracto etéreo, 78.22% para el extracto libre de nitrógeno y 73.33% para la ceniza. El valor de energía digestible determinado fue de 2.61 Kcal/g.

Palabras clave: Digestibilidad, energía digestible, cuyes, forraje seco de mucuna, *Stizolobium deeringianum*.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas dentro de la producción animal es la disponibilidad de alimentos de bajo costo y que al mismo tiempo posean un elevado valor nutricional. En la crianza de cuyes, las especies forrajeras de mayor uso tanto como forraje fresco o como ingrediente dentro del concentrado son el maíz chala y la alfalfa.

En lo que respecta a la producción de gramíneas como el maíz, se requiere una elevada inversión en fertilizantes para lograr una adecuada producción; mientras que en el caso de la alfalfa su producción se ve encarecida debido a los altos costos de mantenimiento. El uso de grandes cantidades de fertilizantes trae como consecuencia la pérdida de la fertilidad natural del suelo lo que ocasiona un aumento gradual de la dependencia de agroquímicos. En este contexto, surge la necesidad de encontrar nuevas alternativas que puedan reemplazar a estos dos cultivos tradicionales y que posean similares características nutritivas, un menor costo de producción, así como también que permita el desarrollo sostenible e integrado de la actividad agrícola y pecuaria.

Un cultivo que cumple con estas características es la mucuna, leguminosa tropical que ha sido cultivada con éxito en las zonas de selva baja y en la costa central de nuestro país, demostrando tener altos rendimientos productivos y nutritivos, buena aceptabilidad por los animales, así como también se ha caracterizado por su capacidad para mejorar los suelos y controlar las malas hierbas.

El objetivo del presente trabajo es: determinar los coeficientes de digestibilidad y estimar la energía digestible del forraje seco de mucuna (*Stizolobium deeringianum*) a través de ensayos de digestibilidad in vivo en cuyes.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANTA DE MUCUNA

La fuente más económica de proteína la constituyen las leguminosas forrajeras que proveen, generalmente, abundante forraje con alto contenido proteico y muy buena aceptación por el ganado (Herrera et al., 1966).

La mucuna (Stizolobium deeringianum, Bort) es una leguminosa tropical, que por sus características agronómicas y nutricionales, representa una alternativa como especie forrajera en la alimentación animal, así como un excelente mejorador de suelos en la agricultura. En el Perú, la siembra de la mucuna está poco difundida, y se le cultiva o se encuentra en estado silvestre en zonas de selva tropical como planta de cobertura o como mejoradora de suelos en campos agrícolas de frutales, árboles y café (Escudero, 2005).

2.1.1. TAXONOMÍA

La mucuna es originaria del sur de China y de la India Oriental desde donde se ha distribuido ampliamente por los trópicos (Cook et al., 2005).

Es una planta de porte rastrero que pertenece al Filo Magnoliophyta, Clase Magnonópsida, Orden de los Febales y a la familia Febácea o Leguminosae; género Mucuna o Stizolobium y especie deeringianum (Skerman, 1991). Es conocida por los siguientes nombres científicos: *Stizolobium deeringianum*, *Mucuna deeringianum* o *Mucuna deeringiana*, todos ellos referidos a un cultivar de *Mucuna pruriens(L) var. utilis* (National Academy of Science, 1979; citada por Campos, 2007). El género *Stizolobium* incluye un gran número de especies de leguminosas anuales y perennes, incluido el frijol mucuna anual (Brack, 1996; citado por Campos, 2007). Skerman (1991) cita los diversos nombres

comunes de la mucuna alrededor del mundo: “Velvet bean” (EEUU, Australia, Sudáfrica), pica pica (Venezuela); frijol terciopelo (América Latina); “Bengal bean” (India). En el Perú se le conoce como mucuna o frijol terciopelo.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y AGRONÓMICAS

El ciclo de vida de la mucuna es anual, la planta crece en forma rastrera y tiene bejucos de hasta 14 m de largo, los cuales suben y se enredan en las plantas cercanas. Sus hojas son grandes y trifoliadas, de folíolos anchos y membranosos. Tiene una gran cantidad de raíces superficiales y sus flores blancas o violetas se forman en largos racimos, produce de 10 a 14 vainas por racimo, las cuales son anchas, cortas, aplastadas y de punta curva (Merayo, 2001).

Las semillas pueden ser de color negro, rojo oscuro, crema, blanco, plomo, marrón, marrón claro y moteadas. El peso de 100 semillas varía en un rango de 55 a 85 g y no requieren escarificación o inoculación con *Rhizobium* previo a la siembra (Cook *et al.*, 2005).

El período vegetativo es corto, tiene un amplio ámbito de adaptación a diferentes condiciones de suelos y su exigencia en nutrientes no es muy significativa. Durante la siembra, la semilla requiere que el suelo este húmedo, pero no crece en suelos inundados. Tarda desde la siembra hasta la cosecha de la semilla de 100 a 290 días, dependiendo de las condiciones. Por ejemplo, si crece en un suelo fértil no requiere fertilizantes. Sin embargo, en suelos pobres, rojos y orgánicos, con pH inferior a 5,5 crece muy lentamente y las hojas se tornan de color amarillento. Se adapta mejor en tierras ubicadas entre los 200 y 1000 m.s.n.m. Cuando crece en condiciones favorables produce gran cantidad de forraje verde y de materia seca.

Es importante destacar que no se han informado problemas de plagas causadas por insectos en esta planta. Si se requiere sembrar un terreno para producir semilla de mucuna, se puede hacer a una distancia de 50 cm entre planta y 1 m entre hileras, colocando dos semillas por golpe de siembra (Merayo, 2001).

Herrera (1966) señala que la producción varía con el suelo y con la humedad; en el estado de floración puede rendir hasta 36 ton/Ha de forraje verde (cinco a seis meses después de la siembra). Entre la floración y prefructificación presenta el valor nutricional más alto. En este estado se puede cosechar por tres ocasiones, al cabo de las cuales la población decrece en forma considerable y es necesario sembrar nuevamente.

Se ha reportado que la mucuna aporta alrededor de 150 Kg/ha de nitrógeno al suelo (CATIE, 2001), lo que la convierte en la fuente más eficiente y barata de nitrógeno que cualquier otro material nitrogenado que se pueda comprar como fertilizante comercial (Campos, 2007).

2.1.3. VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE

El valor nutricional de una leguminosa depende de la cantidad que se ingiere y de la medida en que el alimento consumido proporciona al animal: energía, proteína, minerales y vitaminas (Minson, 1999; citado por Escudero, 2005).

En el Cuadro 1 y en el Cuadro 2 se presentan la composición química y la digestibilidad de los nutrientes de la planta de mucuna, respectivamente.

Se han analizado en base seca algunas plantas en flor y también las vainas. La planta contenía 15.65% de proteína bruta (PB), 34.47% de fibra bruta (FB), 1.21% de calcio (Ca) y 0.16% de fósforo (P). Las vainas contenían 16.36% de PB, 27.95% de FB, 1.02% de Ca y 0.18% de P (Axmayer *et al.*, 1938; citados por Skerman, 1991).

En Brasil se han obtenido buenos resultados con la mucuna, llegando a considerarlo un pasto muy productivo y de alta calidad, que contenía 18% de proteína cruda (PC); 3.7% de extracto etéreo (EE); 36.7% de extracto libre de nitrógeno (ELN); 32% de fibra cruda (FC) y los contenidos de NDT fueron de 50 a 60%. En otros resultados, de 10.4% a 10.8% fueron para PC; 1.7 a 2.9% para EE; 23.9 a 26.6% para ELN y 10.3 a 11.2% para FC y el contenido de materia seca digerible fue alrededor de 50% (Escudero, 2005).

CUADRO 1: Composición química de la planta de mucuna (base seca)

Partes de la planta	Componentes (%)								
	MS	PB	FB	CENZ	EE	ELN	Ca	P	Localidad
Parte aérea fresca(3m)	19.6	15.3	36.2	12.2	1.5	34.8	-	-	Trinidad
Parte aérea fresca(9m)	24.2	16.5	40.5	8.3	1.6	33.1	-	-	Trinidad
Fresco, mitad floración fertilizado	19.1	15.5	34.4	5.6	4.3	40.2	1.21	0.13	Puerto Rico
Heno fase lechosa	90.6	14.8	30.7	8.9	2.6	43.0	-	-	Zimbabwe

FUENTE: FAO (2000)

CUADRO 2: Digestibilidad de los nutrientes de la planta de mucuna (base seca)

Partes de la planta		Digestibilidad (%)				
		PB	FB	EE	ELN	EM (Mcal/Kg)
Fresco, mitad floración	Ovinos	75	57	67	79	2.58
Heno, fase lechosa	Bovinos	63.9	72.8	79.1	78.6	2.60

FUENTE: FAO (2000)

Dependiendo del estado de madurez, el contenido de proteína cruda en el follaje varía entre 11-23% y en las semillas entre 20-35%. La semilla tiene altos contenidos de lisina y también de minerales como potasio, magnesio, calcio y hierro. La digestibilidad del follaje varía entre 60 y 65% y de la semilla es mayor a 95% (Cook *et al.*, 2005).

Escudero (2005) reportó la composición química y valor nutricional del forraje mucuna. El contenido de proteína total del forraje fluctuó de 27.45% a 14.29%; la fibra detergente neutro (FDN) a los 84 días fue de 44.80% siendo este valor máximo; de igual forma el máximo contenido de fibra detergente ácido (FDA) correspondió a esta edad (33.15%). Mientras tanto, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca varió de 81.19% a 55.26% encontrándose el máximo valor a los 21 días de edad fenológica y la mínima digestibilidad a los 105 días. La diferencia de dicha digestibilidad es imperceptible a los 42, 63 y 84 días encontrándose valores de 70.1%, 68.27%; y 66.12% respectivamente. La energía neta de lactación estimada a partir del porcentaje de FDA del forraje fue máxima a los 42 días (1.74 Mcal ENI/ Kg MS), en tanto que el mínimo valor correspondió a los 84 días con 1.43 Mcal ENI/Kg MS.

Comparando con otras leguminosas forrajeras a edades similares, el contenido proteico de la mucuna es superior al *Centrosema pubescens*, y *Vigna sinensis*; similar al *Dolichos lablab* y *Phaseolus calcaratus*; levemente inferior al *Glicine max* y *Medicago sativa* (Rojas y Lotero, 1972; citados por Bogdan, 1997).

Escudero (2005) determinó que la máxima acumulación de materia seca, proteína total, energía neta de lactación y materia seca digestible se da hasta los 84 días de edad (50% de floración) disminuyendo posteriormente. Concluyendo que a esta edad es el momento oportuno de uso del forraje en la alimentación animal, cuando la planta alcanza un rendimiento de materia seca de 6.422 TM/ha, contenido proteico de 14.97%, FDN de 44.8%, FDA de 33.15%, ENL de 1.43 Mcal/KgMS y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 66.12%.

Todas estas características convierten a la mucuna en un valioso recurso que contribuye a darle un carácter sustentable a la agricultura; adicionalmente, su potencial en la alimentación animal podría considerar su uso como abono verde y como alimento (Campos, 2007).

En el Cuadro 3 se presentan las ventajas de la mucuna como fuente alimenticia y como mejorador de los suelos en comparación a los cultivos de mayor uso; y en el Cuadro 4 se presenta la composición química en base seca de las principales leguminosas: alfalfa (heno en floración), heno de alfalfa, harina de kudzú y harina de stylo.

2.1.4. FACTORES ANTINUTRICIONALES

Los mayores obstáculos para el uso masivo de la mucuna son los factores antinutricionales, sobre todo en la semilla. El frijol terciopelo (*Mucuna* spp.) ha sido desde hace años un buen cultivo de cobertura debido a su resistencia, a la gran cantidad de follaje que produce y a su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (Eilitta, 2002; citado por García Echevarría y Bressani, 2006); sin embargo, el grano contiene una alta cantidad de Levodopa (L-Dopa), sustancia tóxica para los animales y para el ser humano, hasta el punto de ser una fuente comercial de la misma para tratar la enfermedad de Parkinson (García Echevarría y Bressani, 2006).

El frijol mucuna posee los mismos factores antinutricionales de las demás leguminosas, como inhibidor de proteasa, inhibidor de amilasa, ácido fítico, taninos, ácido cianhídrico (HCN) y factores de flatulencia en cantidades similares. El problema es que también contiene L-Dopa (6.97% a 9.16%), sustancia que comparte con la Vicia faba (1.5%) (Szabo, 2002; citado por García Echevarría y Bressani, 2006).

Se le considera como principal sustancia tóxica a la L-Dopa, aminoácido fenólico considerado metabolito intermedio entre la tirosina y la dopamina (Buckles *et al.*, 1998; citado por Campos, 2007), debido a su elevada concentración ya que puede ocasionar un estado de confusión mental, perturbaciones gastrointestinales, náuseas y vómitos (Szabo y Tebbett , 2002; citados por Campos, 2007).

CUADRO 3: Cuadro comparativo entre la mucuna y los cultivos de mayor uso agropecuario

Especie forrajera	Rendimiento forrajero(TM MS/ha/año)	Cantidad de Proteína (Kg/ha/año)	Costos de producción (S/ha/año)	Costo de la proteína(S/kg)	Aporte de nutrientes al suelo(S/ha/año)
Alfalfa	22.4	3808	295.4	0.07	+ 78.7
Chala	36	1800	393.9	0.21	- 158.1
Mucuna	30	4500	177.3	0.04	+ 157.57

FUENTE: CIP, 2006; citado por Escudero et al., 2006

CUADRO 4: Composición química de alfalfa (heno en floración), heno de alfalfa, harina de kudzú y harina de stylo (base seca)

Componentes	Alfalfa (heno en floración) (1)	Heno de alfalfa (2)	Harina de kudzú (3)	Harina de stylo (3)
Proteína Cruda (%)	17.12	17.90	15.99	14.60
Fibra Cruda (%)	33.68	28.30	13.74	30.22
Extracto Etéreo (%)	1.28	1.72	1.92	0.99
ELN (%)	37.68	41.54	62.95	49.21
Cenizas (%)	10.24	10.54	5.40	4.98
Energía Bruta(Kcal/g)	4.02	4.04	4.23	4.18

(1)Gélvez (2010)

(2)Landeo (1992)

(3)Rosales y Tang (1996)

Marjatta Eilitta (2001); citado por Escudero (2005), señala que los niveles de L-Dopa también difieren en función a las partes de la planta. Las hojas y los tallos de la mucuna contienen niveles de L-Dopa en pequeñas cantidades no dañinas para el organismo de los animales herbívoros (en las hojas cerca de 0.5%); pero puede ser un factor que ayude a la planta a resistir a enfermedades y plagas, lo cual le da un gran potencial forrajero.

Como se mencionó anteriormente, los tallos y hojas de la mucuna contienen mínimas cantidades de L-Dopa a diferencia de las semillas donde se puede encontrar hasta niveles cercanos al 6%, atribuyéndole a la cáscara de la semilla de 0.008 a 0.09% de L-Dopa (Myrhman, 2002; citado por Campos, 2007).

Se ha investigado sobre la concentración de otros compuestos secundarios, como triptaminas, bufoteninas; pero sólo se encontró triptaminas en concentraciones menores a 0.0001% en la semilla cruda; por lo tanto se concluye, que los compuestos secundarios son mucho menos problemáticos que el L-dopa (Szabo, 2000; citado por Escudero, 2005).

2.2. DIGESTIBILIDAD Y DIGESTIBILIDAD APARENTE

2.2.1. FUNDAMENTOS Y FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

La escogencia o selección de un forraje o alimento para cuyes, que pueda suplir adecuadamente sus necesidades nutricionales, depende no sólo del conocimiento que se tenga de su composición química, de su disponibilidad en el medio y palatabilidad, sino además del grado de aprovechamiento que el animal tenga del alimento, es decir de su digestibilidad (Caycedo, 2000).

De la ingesta total, una parte del alimento no es absorbido, sino que atraviesa el tracto digestivo sin ser utilizado, por lo que aparece en las heces. Como las sustancias no digeridas no son asimiladas por el organismo, constituyen una pérdida de nutrientes (Cañas, 1998). Una fracción del nitrógeno, las grasas, los carbohidratos y los elementos inorgánicos que aparecen en las heces proviene de fuentes endógenas; es decir, células desprendidas de la mucosa intestinal y secreciones digestivas (nutrientes metabólicos fecales). De esta manera, las heces contienen residuos de

alimento sin absorber y fuentes endógenas de nitrógeno, carbono y elementos inorgánicos.

El término digestibilidad aparente toma en cuenta tanto los residuos de alimento no absorbidos como los componentes de las heces que son de origen endógeno (Church *et al.*, 2002). Por el contrario, si a las heces se les restan los nutrientes metabólicos fecales se obtiene la digestibilidad real. Desde el punto de vista nutricional, es más relevante hablar de digestibilidad aparente debido a que la porción de nutrientes metabólicos fecales también forma parte del requerimiento de mantenimiento que está incluido en la dieta (Cañas, 1998).

En el Cuadro 5 se presentan los valores de digestibilidad aparente de diferentes alimentos en el cuy.

La digestibilidad es una medida biológica de la calidad de los alimentos y en ella intervienen un gran número de factores (Fonnesback *et al.*, 1981; citados por Cañas, 1998) que se clasifican en:

Composición del alimento: Cañas (1998) sostiene que la digestibilidad de un alimento está estrechamente relacionada con su composición química, como son los niveles de proteína, carbohidratos y extracto etéreo, tipo de carbohidratos estructurales y aporte de minerales. La fracción de la fibra cruda es la que tiene la mayor influencia en la digestibilidad, la que a su vez está influenciada tanto por la cantidad como por la composición química de la fibra.

Los métodos modernos de análisis de alimentos, persiguen diferenciar las fracciones correspondientes a la pared celular y al contenido celular. Este último, se digiere casi totalmente (es decir, su digestibilidad real es igual al 100%), aunque la digestibilidad aparente resulta 10-15% más baja, debido a la excreción de productos metabólicos en el intestino. La digestibilidad de las paredes celulares es mucho más variable ya que depende del grado de lignificación, que en términos químicos se expresa por el contenido en lignina de la fibra ácido detergente (Mc Donald, 2002).

CUADRO 5: Valores de digestibilidad aparente de diferentes alimentos en el cuy

ALIMENTOS	%DIGESTIBILIDAD							Autor
	MS	PC	FC	EE	ELN	CENIZA	MO	
Kudzú	-	61.86	26.52	23.91	73.80	-	-	Chauca <i>et al.</i> (1978)
Broza henificada de espárrago	38.26	61.68	36.22	29.35	76.00	-	-	Landeo (1992)
Afrechillo	61.17	78.13	60.11	33.24	92.84	-	61.09	Ninanya (1991)
Heno de alfalfa	59.82	58.98	40.71	23.36	78.89	-	59.69	
Hoja de camote	74.08	72.07	59.40	70.85	81.39	-	-	
Maíz chala	50.19	62.58	46.91	45.78	43.35	-	-	Saravia <i>et al.</i> (1992)
Alfalfa	60.67	64.96	32.27	40.92	75.14	-	-	
Panca de maíz	28.20	47.10	6.10	55.80	35.30	22.20	28.80	Caballero (1992)
Hoja de morera	69.40	75.55	81.68	21.50	86.82	13.71	-	Zevallos (1994)

La digestibilidad de los alimentos también puede reducirse como consecuencia de las deficiencias o excesos de nutrientes u otros componentes. Por ejemplo, los componentes que se unen a las proteínas y aminoácidos como los taninos, reducen su digestibilidad (Mc Donald, 2002).

En general, los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones tienen buena digestibilidad en todas las especies de animales de granja. Posiblemente, los granos menos digestibles son la avena y cebada por su gran porción fibrosa. Las pastas proteicas y las harinas de carne y pescado tienen también buena digestibilidad para todas las especies. Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, y el principal causante de dicha variabilidad es el estado de madurez, pues a medida que la planta madura disminuye su contenido de proteína y de azúcares y se eleva el de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que lleva consigo una disminución gradual de la digestibilidad (Shimada, 2003).

Composición de la ración: La digestibilidad de un alimento es afectada no solo por su propia composición, sino también por la composición de otros alimentos consumidos (Cañas, 1998).

Church *et al.* (2002) señalan que un fenómeno común observado en los datos sobre la digestibilidad es que las mezclas de alimentos no siempre dan los resultados que se predecirían tomando como base los valores de la digestibilidad de los componentes individuales de la mezcla. Esta respuesta se conoce como efecto asociativo o no aditivo. Este tipo de respuesta se observa con frecuencia, en particular en animales herbívoros que dependen en gran medida de la fermentación microbiana. Los componentes de la dieta de prueba que estimulan la actividad fermentadora por lo general son la causa de la mayor digestibilidad.

Preparación del alimento: Los tratamientos más comunes a que se someten los alimentos son el picado, troceado, aplastamiento, molienda y cocción (Mc Donald, 2002). Así, la molienda de los granos aumenta la digestibilidad, sin

embargo, esto incrementa también la velocidad a la que pasa el alimento por el tubo gastrointestinal, por lo que el efecto neto es una disminución ligera de la digestión (Shimada, 2003).

El picado de los forrajes como ocurre con la paja de cereales es una medida que tiende a evitar la selección. El tamaño óptimo de las partículas de una dieta es el que permite aumentar la digestibilidad del alimento (Cañas, 1998).

Factores del animal: La digestibilidad es más una propiedad del alimento que del consumidor, pero ello no implica que un alimento suministrado a diferentes animales tenga la misma digestibilidad (Cañas, 1998).

Shimada (2003) señala que es común que los cerdos y las aves digieran más eficientemente aquellos alimentos con gran contenido de proteína y baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes son notorios por su capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico. Además de las diferencias entre especies, dentro de cada una de ellas existen diversas etapas productivas que muestran hábitos y requerimientos alimenticios diferentes; por ende, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar.

Por otro lado, Campos (2007) sostiene que la menor eficiencia enzimática por parte de animales jóvenes genera una digestión deficiente, debido a la poca actividad funcional realizada por su aparato digestivo. Por lo tanto, la digestibilidad de los nutrientes aumenta con la edad de los animales.

La variabilidad entre animales en las pruebas de digestibilidad tiende a ser más baja en las pruebas de crecimiento. En consecuencia, comúnmente bastan de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencias entre dietas (Church *et al.*, 2002).

Nivel de alimentación: Cañas (1998) señala que un aumento de la cantidad de alimento consumido produce una mayor velocidad de paso del mismo, que a su vez está expuesto un menor tiempo a las enzimas digestivas. Esto produce una disminución de la tasa de degradación del alimento dando origen a una

disminución de la digestibilidad. Por esta razón, los ensayos de digestibilidad se deben realizar a dos niveles de consumo. El primero, es al nivel máximo (*Ad libitum*) y el segundo a nivel mínimo (nivel de mantención), a fin de poder medir el aprovechamiento real de un alimento.

Según Mc Donald (2002) *et al.*, las reducciones en la digestibilidad debidas al aumento en el ritmo de paso, son mayores para los componentes de los alimentos de digestión más lenta, es decir, los componentes de la pared celular.

A medida que la digestibilidad del forraje aumenta, el consumo voluntario de éste también aumenta, existiendo por tanto una relación directa entre ambos parámetros (Minson, 1999; citado por Escudero, 2005).

2.2.2. ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD

Consiste en una prueba con animales, en la que se suministra una cantidad conocida del alimento cuya digestibilidad se desea determinar. Esto se hace por un periodo de tiempo determinado previamente y una vez que el animal está acostumbrado a la dieta se recogen las heces. Además se debe proporcionar agua *ad libitum* durante todo el período del ensayo (Cañas, 1998).

En los experimentos de digestibilidad, el alimento en estudio se administra a los animales en cantidades conocidas, determinándose la excreción fecal. Se emplean varios animales debido, en primer lugar, a que los animales, aunque sean de la misma, edad y sexo, presentan pequeñas diferencias en su capacidad digestiva y, en segundo lugar, porque las repeticiones permiten detectar los posibles errores en las determinaciones (Mc Donald *et al.*, 2002).

Se recomienda mantener una ingestión diaria de alimento constante a fin de reducir al mínimo la variación día a día de la excreción fecal. El tiempo necesario para que los residuos de alimento atraviesen el conducto gastrointestinal es de 1 a 2 días o menos en el caso de la mayoría de los no rumiantes. Por tanto, es necesario un periodo preliminar de 3 a 10 días para limpiar el conducto gastrointestinal de residuos de alimento ingeridos antes de la prueba y permitir que el animal se adapte a la nueva dieta. Luego del período

preliminar de adaptación viene un periodo de recolección de 4 a 10 días (Church et al., 2002).

Cañas (1998) sostiene que el ensayo debe hacerse con al menos tres repeticiones y se toma el promedio de todas las mediciones para contrarrestar la variación normal existente entre animales. Se lleva un registro diario de consumo y de las heces, que deben ser recolectadas en un 100%. Para el ensayo se utilizan jaulas de digestibilidad que disminuyen la movilidad del animal. Estas deben tener piso ranurado para evitar el exceso de humedad y recoger las heces.

2.3. ENERGÍA BRUTA Y ENERGÍA DIGESTIBLE APARENTE

La energía bruta es la energía que desprende un alimento al quemarse totalmente en una bomba calorimétrica. Es un parámetro aproximado de energía, que se obtiene en forma rápida en un laboratorio equipado con el mencionado aparato, sin necesidad de efectuar estudios con animales, y tiene la desventaja de que no indica la disponibilidad o el aprovechamiento de la energía por parte del animal que la ingiere en el alimento (Shimada, 2003). En general, se estima que las proteínas, carbohidratos y los lípidos liberan 5.7, 4.1 y 9.4 kcal/g, respectivamente, al oxidarse en la bomba. Esto se expresa en la ecuación para la determinación de la Energía Bruta (Anexo I).

Una vez que un alimento se consume y se somete a los procesos de degradación gastrointestinal, el remanente se elimina en las heces. Si al valor de EB se le resta la energía contenida en la materia fecal, se obtiene el parámetro llamado energía digestible aparente, que es indicativo de la energía disponible para el animal (Shimada, 2003).

En el Cuadro 6 se muestran los valores de energía digestible para diversos alimentos utilizados en el cuy.

CUADRO 6: Energía digestible de diferentes alimentos en el cuy

	E.D (Kcal/g)	Autor
Maíz chala	1.89	Saravia, <u>et al.</u>
Alfalfa	2.56	(1992)
Hoja de camote	3.08	
Panca de maíz	1.28	Caballero (1992)
Sub-producto de trigo	3.22	Correa
Heno de alfalfa	2.48	(1994)
Maíz chala	2.38	
Hoja de morera	3.17	Zevallos (1994)

2.4. FISIOLOGÍA DIGESTIVA Y REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DEL CUY

2.4.1. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL CUY

El cuy está clasificado dentro del grupo de los monogástricos herbívoros y por consiguiente realizan fermentación post gástrica con una gran capacidad de consumo de forraje (Van Soest, 1991; citado por Vergara, 1992).

Posee un estómago donde se inicia la digestión enzimática y un ciego desarrollado funcional donde se realiza la fermentación a través de la flora bacteriana y protozoarios, siendo las primeras altamente predominantes. Ambas clases de microorganismos son los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (Caycedo, 2000).

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de ésta al ciego. Sin embargo el pasaje por el ciego es más lento pudiendo permanecer en el parcialmente por 48 horas. Se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas.

La absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago y en el intestino delgado, incluyendo los ácidos grasos de cadenas largas (Hagen y Robison, 1953; citados por Gómez y Vergara, 1993).

La mayor acción fermentadora ocurre en el ciego y continúa en el colon y recto, siendo aproximadamente 66% la capacidad digestiva en estos dos compartimentos, estando por encima del conejo que cuenta con un 51% de dicha capacidad. Dos horas después de la ingesta de alimento ocurre un significativo incremento de la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) con una consecuente acidificación de lo ingerido. La intensa absorción de AGV y agua a nivel del colon proximal sugiere una analogía funcional entre esta

porción del intestino del cuy y el omaso de los rumiantes (Esquerre *et al.*, 1974; citados por Inga, 2008).

Gómez y Vergara (1993) señalan que el ciego de los cuyes es menos eficiente que el rumen debido a que los microorganismos se multiplican en un punto que sobrepasa al de la acción de las enzimas proteolíticas. A pesar que el tiempo de multiplicación de los microorganismos del ciego es mayor que la retención del alimento, esta especie lo resuelve por mecanismos que aumentan su permanencia y en consecuencia la utilización de la ingesta.

2.4.2. NECESIDADES NUTRITIVAS DEL CUY

Las necesidades nutricionales de los cuyes van a depender de diversos factores como: edad, genotipo, estado fisiológico y medio ambiente (Vergara, 1992). Esta especie presenta una gran capacidad de consumo, presentando consumos promedios de materia seca que van desde 30.14 a 78.9 g/día (Paredes *et al.*, 1972; Tamaki, 1972; citados por Campos, 2007).

El consumo del alimento puede estar influenciado por el tipo de forraje, nivel energético, consumo voluntario del alimento, temperatura ambiental, comportamiento individual, estrés y otros (Caycedo, 2000).

En el Cuadro 7 se presentan los requerimientos recomendados para cuyes en crecimiento por el NRC (1995) y en el Cuadro 8 se presentan los estándares nutricionales para cuyes mejorados en crecimiento explotados en régimen intensivo en nuestro país.

El requerimiento de energía citado por Caycedo (2000) para las etapas de gestación, lactación y crecimiento fue de 2800, 3000 y 2800 Kcal de ED/kg, respectivamente, mientras que el NRC (1995) sugiere valores de 3000 Kcal de ED/ Kg para la fase de crecimiento en cuyes de laboratorio.

Al evaluar raciones con diferente densidad energética se encontró mejores ganancias de peso y mayor eficiencia de utilización de alimentos con las dietas de mayor densidad energética. Por lo tanto, los cuyes responden eficientemente

CUADRO 7: Contenido de nutrientes recomendados por el NRC para la alimentación de cuyes en crecimiento (base fresca)

NUTRIENTES	CANTIDAD
Energía Digestible, kcal/kg	3000
Proteína, %	18
Fibra, %	10
Ácido graso insaturado, %	< 1.0
Aminoácidos	
Arginina, %	1.2
Histidina, %	0.35
Lisina, %	0.84
Metionina, %	0.6
Vitaminas	
Vitamina A, UI/kg	1000
Vitamina D, UI/kg	7
Vitamina E, UI/kg	50
Vitamina C, mg/kg	200
Vitamina B12, mg/kg	10
Colina g/kg	1
Minerales	
Calcio, %	0.8-1.0
Fósforo, %	0.4-0.7
Cobre, mg/kg	6
Fierro, mg/kg	50
Selenio, mg/kg	0.1

FUENTE: National Research Council (NRC) 1995; citado por Vergara (2008)

Requerimientos mínimos, no incluye márgenes de seguridad.

Cantidades adicionales pueden ser necesarias para cuyes en reproducción

CUADRO 8: Estándares nutricionales para cuyes mejorados en crecimiento explotados en régimen intensivo (base fresca)

Energía Digestible	Mcal/kg	2.8
Fibra	%	8
Proteína	%	18
Lisina	%	0.83
Metionina	%	0.36
Met. + Cist	%	0.74
Arginina	%	1.17
Treonina	%	0.59
Triptófano	%	0.18
Calcio	%	0.8
Fósforo	%	0.4
Sodio	%	0.2
Vitamina C	mg/Kg	200

FUENTE: Vergara (2008)

al suministro de alta energía (Zaldívar y Vargas, 1969; citado por Campos, 2007).

Airahuacho (2007) evaluó el efecto de diferentes niveles de energía digestible (2.7 y 2.9 Mcal de ED/kg) y densidades de nutrientes (100, 110 y 120%, respecto al NRC) y observó que las mejores ganancias diarias (15.5 g/animal) se lograron con el nivel de 120% de densidad de nutrientes y 2.9 Mcal de ED/kg, no ocurriendo lo mismo en las dietas con 2.7 Mcal de ED/kg, ya que la cantidad de energía digestible ingerida fue deficiente para los procesos de síntesis cárnica.

Con respecto a la proteína, estudios realizados en el Perú indican que el rango que mejora el consumo de materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia se encuentra de 14 a 18%. Samamé (1983) indica que los mejores resultados se obtienen con un rango amplio de 14 a 18%, mientras que, los resultados obtenidos por Bocanegra (1972) y Oñate (1990), ambos citados por Campos (2007), establecen que con el nivel de 14% de proteína se obtiene los mejores rendimientos productivos.

Se han logrado adecuados rendimientos con 17% de proteína para la etapa de crecimiento, 16% para desarrollo y engorde y 18% para hembras en gestación y lactancia, en raciones mixtas con forraje y suplemento concentrado (Caycedo, 2000). Según el NRC (1995); citado por Vergara (2008), un nivel de 18% de proteína es adecuado para satisfacer los requerimientos del crecimiento para cuyes de laboratorio.

En cuanto a los requerimientos de aminoácidos, algunos de ellos son sintetizados y otros deben ser adicionados con la ración, entre ellos se encuentran la metionina, lisina, arginina, treonina, triptófano, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e histidina. Se ha sugerido que los requerimientos de metionina más cistina y de lisina en la etapa de crecimiento (21 a 49 días) es de 0.43% y 0.68% y en la etapa de acabado (49 a 91 días) es de 0.31% y 0.58%, respectivamente (Vargas, 1988; citado por Campos, 2007). Por otro lado,

Remigio (2006) indica un rango de 0.71% a 0.79% de metionina más cistina y de 0.78% a 0.84% de lisina en dietas peletizadas con 2.75 Kcal ED/g.

Cuando se trabajó con tres niveles de lisina (0.78, 0.84 y 0.90%) y tres de aminoácidos azufrados (0.63, 0.71 y 0.79%) se generaron mayores ganancias de peso con los niveles de 0.78% de lisina y 0.71% de aminoácidos azufrados, así como con el nivel de 0.84% de lisina y 0.79% de aminoácidos azufrados, correspondiendo estos niveles a una relación de aminoácidos azufrados y de lisina alrededor de 91 a 94%, siendo superior a la relación de 71% que reporta el NRC de 1995 (Remigio, 2006).

Por otro lado, cuando se evaluaron dos niveles de energía y proteína, la mayor ganancia de peso (14.18 g/animal/día) fue obtenida con la dieta de 2.8 Mcal de ED/ Kg, seguida por otra de 3.0 Mcal de ED/Kg (13.19 g/animal/día), ambas con 18% de proteína; atribuyendo este resultado a la relación de aminoácidos azufrados y de lisina que fue de 74% y 71% respectivamente (Torres, 2006; citado por Inga, 2008).

En relación a las necesidades de fibra, se recomienda que ésta se encuentre en el rango de 9 a 18% (Moreno, 1989; Hidalgo *et al.*, 1995). Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes están entre 5 y 18%. Cuando se trata de alimentar a cuyes como animal de laboratorio, donde recibe como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra. El suministro de fibra en un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta (Chauca, 1997; citado por Ciprian, 2005).

Se ha encontrado valores de coeficiente de digestibilidad de la fibra para la harina de heno de alfalfa, afrechillo y maíz grano molido de 40.71, 60.11 y 59.06% respectivamente, lo que indica que los cuyes tienen alta capacidad de utilización de la fibra principalmente por la digestión microbiana realizada a nivel del ciego y colon, produciendo ácidos grasos que podrían contribuir

significativamente en satisfacer los requerimientos de energía (Humala, 1971; citado por Ciprian, 2005).

Según De Blas (1989); citado por Villafranca (2003), cuando el porcentaje de fibra es adecuado se mantiene una velocidad de paso normal, ya sea por la repleción digestiva o por su acción de lastre y estimulante del peristaltismo.

La fibra es importante en la composición de las raciones no sólo por la capacidad de los cuyes en digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio a través del tracto digestivo (INIA – CIID, 1996; citado por Villafranca, 2003).

Con respecto a los minerales, se mencionan 11 elementos inorgánicos para cuyes en crecimiento; calcio, fósforo, magnesio, potasio, manganeso, zinc, cobre, hierro, yodo, selenio y cromo, los cuales han sido investigados bajo condiciones de laboratorio, indicando rangos que precisen su requerimiento (Campos, 2007). El NRC (1995) recomienda para cuyes en crecimiento niveles de 0.8 – 1.0% de calcio, 0.4-0.7% de fósforo, 6 mg/Kg de cobre, 50 mg/Kg de fierro y 0.1 mg/Kg de selenio.

Con respecto a los requerimientos de vitaminas, el NRC (1995) recomienda un nivel de 200 mg/Kg de vitamina C para cuyes en crecimiento. Moreno (1989), afirma que el requerimiento de vitamina C no debe ser menor a 10 mg/día e Hidalgo *et al.* (1995), indican un requerimiento de 7 mg/día. Mientras que, Benito *et al.* (2008) citados por Vergara (2008) recomiendan niveles de 30 mg de vitamina C en el alimento de inicio, 20 mg en el de crecimiento, 15 mg en el de acabado y 15 mg en el de reproductores por cada 100 g de alimento.

Los cuyes no pueden sintetizar ácido ascórbico debido a la deficiencia de la enzima L- gulonolactona oxidasa. La carencia de esta vitamina produce pérdida del apetito, disminución del crecimiento, heridas en la mucosa bucal y parálisis de los miembros posteriores, puesto que la imposibilidad de formación de

colágeno, determina defectos estructurales en huesos, cartílagos y tejido conectivo y muscular (Mc Donald et al., 1995).

En cuanto a los requerimientos de vitamina A, de acuerdo con Bentley y Morgan (1945) citados por la NRC (1995) con 6.6 mg de retinol o 28.0 mg de B-carotenos por kilogramo de alimento, el cual puede satisfacer sus requerimientos por simple asimilación de B- carotenos, constituyente normal de la dieta.

El requerimiento de Vitamina B1 (Tiamina) es de 2 mg/kg de alimento para óptimo crecimiento, el requerimiento de Vitamina B2 (Riboflavina) es de 3 mg/kg de alimento y de Vitamina B6 (Piridoxina) es de 2 a 3 mg/kg de alimento, su deficiencia produce anorexia y retardo en el crecimiento (NRC, 1995). El requerimiento de vitamina B12 (Cobalamina) parecen ser satisfechos por la síntesis bacteriana siempre que la dieta contenga adecuada cantidad de cobalto (Ciprian, 2005).

El requerimiento de vitamina D es de 0.025 mg/kg de alimento, pero cuando el nivel de calcio y fósforo de la dieta está bien balanceada, aparentemente el cual no requiere vitamina D adicional (NRC, 1995).

2.5. UTILIZACIÓN DE LA MUCUNA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

La mucuna es una especie que por su vigor se cultiva sola o con más frecuencia en mezclas con maíz y algunas veces con sorgo forrajero o con pastos perennes rústicos, como Brachiaria mutica, Panicum maximum, Hiparrhenya rufa. En Brasil se han reportado mezclas con pastos anuales como Eragrostis tef o Setaria Italic, con buenos resultados en la alimentación animal (Correa y Peña, 1952; citados por Bogdan y Skerman, 1997). Puede usarse en combinación con gramíneas, se puede ensilar en mezclas con maíz, sorgo y pasto elefante, principalmente (Herrera et al., 1966).

Cook et al. (2005) sostienen que puede ser suministrada a los animales en su totalidad ya sea como forraje, ensilaje o heno y las semillas pueden ser

utilizadas dentro del concentrado. Aunque existen reportes de que el forraje de mucuna tiene baja palatabilidad, hay otras experiencias que sugieren que las áreas de cultivo de frijol mucuna necesitan estar bien cercadas para evitar el pastoreo por los animales sueltos. El frijol mucuna es usado exitosamente como abono verde y como forraje en sistemas intensivos en el este y sur de África (Uganda, Malawi y Zimbabwe), y su utilización está incrementando rápidamente.

En un estudio reciente en el oeste de África, se demostró que reemplazando 50% de torta de algodón por heno de mucuna en la dieta de ganado bovino, no hay efectos negativos en la digestibilidad, producción y composición de leche (Anago *et al.*, 2006; citados por Rojas, 2010).

En la Selva Baja de nuestro país (Puerto Maldonado) se han conseguido buenos resultados con la siembra de mucuna considerándolo un buen forraje para las vacas, ovejas y cerdos; aunque no soporta el pisoteo (Groll y Lazo, 2001).

Escudero *et al.* (2006) llevaron a cabo un proyecto el cual fue realizado con los pequeños productores agropecuarios de la costa central del Perú, en el Distrito de Lurigancho Chosica, donde se planteó la introducción del cultivo de mucuna como una opción para mejorar la fertilidad de los suelos y como fuente alimenticia para los animales domésticos. Los agricultores vieron a la mucuna como una alternativa para suplir a los cultivos tradicionales de chala y alfalfa en la crianza de cuyes. Una de las ventajas reconocidas por los agricultores fue que la mucuna presentó una buena aceptabilidad por parte de los animales. Asimismo, tuvo una buena performance como forraje y como incorporador de materia orgánica al suelo, sobre todo en las estaciones de verano y otoño y al mismo tiempo permitió reducir los costos de producción en la crianza de los animales.

Maasdorp (2004); citado por Rojas (2010), señala que en muchas partes del mundo se utiliza el forraje en ensilaje y heno para alimentar ganado, y las semillas son utilizadas para elaborar concentrado.

Se ha reportado que cantidades mayores al 10% de la semilla, en la dieta alimenticia de animales, pueden ocasionar efectos negativos en su desarrollo, causados por los factores anti-nutricionales presentes en la semilla (Del Carmen *et al.*, 1999; citado por Rojas, 2010).

A pesar de la presencia de compuestos anti-nutricionales y tóxicos, hay pruebas de que los granos de mucuna se pueden destinar para alimentar rumiantes con el fin de complementar su dieta sin problemas aparentes, incluso se pueden alimentar animales monogástricos, con adecuados tratamientos de la semilla para la extracción de los compuestos anti-nutricionales como: inhibidores de tripsina, taninos y L- Dopa (Matenga *et al.*, 2003; citados por Rojas, 2010).

Maasdorp (2004); citado por Rojas (2010), estudió la semilla de mucuna como suplemento alimenticio, donde logro sustituir en un 30% de maíz por mucuna en ganado bovino sin registrar cambios adversos en los animales.

En investigaciones realizadas por Matamoros *et al.* (2002); citados por Campos (2007), se probó el efecto de la harina de frijol mucuna cruda en la alimentación de las vacas. La producción de leche y el aumento de peso de las vacas fueron similares a los resultados obtenidos con concentrado a base de soya. Dichos investigadores indican que el frijol mucuna puede servir como sustituto para el frijol soya en la dieta de vacas lecheras, esto se debe probablemente a que en el rumen sucede alguna transformación que ayuda a la detoxificación del frijol.

Según la FAO (2000) se puede utilizar harina de semillas de mucuna en raciones compuestas para toda clase de ganado. Los pollos toleran, sin efectos adversos en la producción, hasta el 15% en la ración, sin embargo los cerdos no deben consumir grandes cantidades de mucuna ni en forma de forraje ni como semillas. Según experiencias reportadas en la literatura, los animales en general, no pueden tolerar más del 25% de la ración diaria, a menos que las semillas se sometan a un pre-tratamiento (cocción).

Trejo *et al.* (1999) y Trejo *et al.* (2000); citados por Campos (2007), indicaron una mejor aceptación del frijol mucuna comparado con otras leguminosas en pruebas con pollos en crecimiento.

Campos (2007) estudió el uso del frijol mucuna en la alimentación de cuyes. Este fue suministrado a los animales en forma cruda y sometido a dos tipos de procesamiento (remojado y tostado), concluyendo que el mejor tratamiento es el tostado y que el nivel de utilización más adecuado dentro del alimento balanceado es hasta 20% para dietas de crecimiento-engorde de cuyes.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR Y FECHA DE ESTUDIO

El trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos y los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA), ambos correspondientes al Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de Mayo y Junio del 2009.

La etapa previa al experimento, en la cual se realizó el procesamiento del forraje mucuna, se llevó a cabo de la siguiente manera: el picado del forraje cosechado se realizó en la Granja de ovinos, el secado en sombra del forraje picado se realizó en el laboratorio situado al costado del Laboratorio Académico de Nutrición (actualmente Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos), el secado en estufa en La Planta de Alimentos y la molienda en el Laboratorio de Secado y Molienda perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS

Los animales experimentales fueron alojados individualmente en 10 jaulas metabólicas de acero inoxidable con área de 0.1055 m² cada una: 37 cm de largo por 28.5 cm de ancho y 30 cm de altura, cada una de las cuales contaba con un piso de malla de acero, comederos metálicos incorporados y bebederos de vidrio tipo chupón de 250 ml de capacidad ubicados en la parte externa de las jaulas y se conectaban con el interior a través de un tubo de vidrio.

Cada jaula contaba además con una bandeja en forma de embudo para la colección de heces y orina por separado.

3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron 10 cuyes machos de línea mejorada tipo 1 provenientes de la Granja de Cuyes de Cieneguilla de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de aproximadamente 3 meses de edad y con un peso promedio de 854.2 g. Los animales fueron distribuidos al azar individualmente en cada jaula metabólica. Se formaron dos grupos de 5 animales cada uno. Un grupo recibió la dieta basal y el otro la dieta experimental.

3.4. DIETAS EXPERIMENTALES

Dieta 1: 100% Dieta basal (D_B)*

Dieta 2: 20% Forraje seco de mucuna + 80% Dieta basal = Dieta experimental (D_E)

*Dieta basal: Alimento balanceado en polvo utilizado en la Granja de Cuyes de Cieneguilla (Cuadro 9). En los Cuadros 10 y 11 se presentan la composición química de la dieta basal y de la dieta experimental, respectivamente.

Se adicionó vitamina C protegida a una concentración de 0.60 g/Kg de alimento. Tanto el NRC (1995) como Benito *et al.* (2008) citados por Vergara (2008) recomiendan un nivel de 0.20 g/Kg. Se adicionó un amplio margen de seguridad debido a las características físicas de esta vitamina (polvo fino), ya que podrían haber pérdidas en su manipulación. Asimismo, se facilitaba el pesado de la vitamina y al mismo tiempo se aseguraba un contenido adecuado en la mezcla debido a que se utilizó una mezcladora de poca capacidad (5 Kg). La vitamina C protegida tiene la cualidad de ser más estable si se conserva en buenas condiciones de almacenamiento (un lugar fresco y seco, alejado de luz excesiva), lo que garantizó que los animales consumieran la cantidad necesaria dentro de su alimento.

**CUADRO 9: Composición porcentual de los ingredientes y valor nutritivo
calculado de la dieta basal (tal como ofrecido)**

INGREDIENTES	%
Afrecho	62.01
Hominy feed	15.00
Forraje seco de maíz	10.00
Torta de soya	7.50
Heno de alfalfa	4.00
Carbonato de Calcio	1.00
Fosfato dicálcico	0.10
Sal	0.30
Metionina	0.05
Proapak	0.04
TOTAL	100.00
VALOR NUTRITIVO CALCULADO	
Materia seca (%)	88.55
Proteína cruda (%)	17.25
Fibra cruda (%)	9.25
Calcio (%)	0.55
Fosforo disponible (%)	0.34
Energía Digestible (Kcal/Kg)	2845.79

CUADRO 10: Análisis químico proximal y energético de la dieta basal

COMPONENTES	UNIDAD	BASE PARCIALMENTE SECA (TAL COMO OFRECIDO)	BASE SECA
HUMEDAD	(%)	11.35	0.00
MATERIA SECA	(%)	88.65	100.00
PROTEINA CRUDA/1	(%)	19.62	22.13
FIBRA CRUDA/1	(%)	7.52	8.48
EXTRACTO ETHEREO/1	(%)	4.39	4.95
ELN/1	(%)	51.47	58.06
CENIZAS/1	(%)	5.65	6.37
MATERIA ORGANICA	(%)	83.00	93.62
ENERGIA BRUTA/2	Kcal/g		4.45

FUENTES: (1) Análisis Proximal, realizado en el Laboratorio de Evaluación

Nutricional de Alimentos (LENA)

(2) Estimada a través de la ecuación del AEC (1978) (ANEXO I)

**CUADRO 11: Análisis químico proximal y energético de la dieta experimental
(80% dieta basal y 20% forraje seco de mucuna)**

COMPONENTES	UNIDAD	BASE PARCIALMENTE SECA (TAL COMO OFRECIDO)	BASE SECA
HUMEDAD	(%)	11.78	0.00
MATERIA SECA	(%)	88.22	100.00
PROTEINA CRUDA/1	(%)	17.96	20.36
FIBRA CRUDA/1	(%)	11.28	12.79
EXTRACTO ETereo/1	(%)	3.74	4.24
ELN/1	(%)	49.09	55.65
CENIZAS/1	(%)	6.14	6.96
MATERIA ORGANICA	(%)	82.07	93.04
ENERGIA BRUTA/2	Kcal/g		4.36

FUENTES: (1) Análisis Proximal, realizado en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA)

(2) Estimada a través de la ecuación del AEC (1978) (ANEXO I)

3.5. FORRAJE EN ESTUDIO

En el presente trabajo se utilizó para la siembra semillas de frijol mucuna (*Stizolobium deeringianum*) de la variedad moteado, el cual fue proporcionado por una Empresa Agropecuaria en el Distrito de Andahuasi-Huaura, Lima-Perú. Este fue sembrado en el Jardín Agrostológico de la Facultad de Zootecnia en una parcela de 10 m² y fue cosechado a los 6 meses cuando alcanzó 50% de floración, ya que es el momento óptimo para suministrarlo como alimento. El rendimiento forrajero fue de 24 TM/ha aproximadamente. El procesamiento realizado al forraje mucuna fue el siguiente: Inicialmente fue picado y puesto a secar en sombra durante 7 días, luego fue llevado a estufa a una temperatura de 60-70°C durante 4 horas aproximadamente.

Se utilizó para la molienda un molino “Wiley” de tijeras con una malla de 2 mm para obtener el forraje seco de tamaño adecuado. En el Cuadro 12 se presenta la composición química del forraje seco de mucuna.

Se evaluó el forraje seco de mucuna en forma combinada con la dieta basal. La mezcla de la dieta experimental se realizó en una mezcladora Hobart de 5 Kg de capacidad.

3.6. PRUEBA DE CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD

El experimento constó de dos períodos: un período de adaptación y un período de colección de heces. En el primer período el objetivo fue acostumbrar a los cuyes al manejo, instalaciones, tipo de alimento y determinar el consumo diario promedio. Esta etapa tuvo una duración de 17 días. Durante los primeros 7 días se realizó un cambio gradual del alimento, suprimiendo poco a poco el consumo de forraje (chala) a los 10 animales y aumentando el nivel del forraje seco de mucuna dentro del concentrado a cinco de ellos, hasta conseguir el nivel requerido (20%). El otro grupo de 5 cuyes solo consumió la dieta basal.

CUADRO 12: Análisis químico proximal y energético del forraje seco de mucuna

COMPONENTES	UNIDAD	BASE PARCIALMENTE SECA (TAL COMO OFRECIDO)	BASE SECA
HUMEDAD	(%)	12.96	-
MATERIA SECA	(%)	87.04	100
PROTEINA CRUDA/1	(%)	12.43	14.28
FIBRA CRUDA/1	(%)	29.14	33.48
EXTRACTO ETHEREO/1	(%)	1.38	1.59
ELN/1	(%)	35.33	40.59
CENIZAS/1	(%)	8.76	10.06
MATERIA ORGANICA	(%)	78.28	89.94
ENERGIA BRUTA/2	Kcal/g		4.00

FUENTES: (1) Análisis Proximal, realizado en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA)

(2) Estimada a través de la ecuación del AEC (1978) (ANEXO I)

En los 10 días siguientes del período de adaptación, se determinó el consumo voluntario de alimento mediante la diferencia del alimento ofrecido menos el residuo cada 24 horas.

El período de colección de heces tuvo una duración de 5 días, durante el cual también se registró el consumo de alimento (Anexos II y III). Se realizó la colección total de heces (Anexo IV), utilizando las bandejas en forma de embudo de cada jaula metabólica. Las heces de cada animal fueron pesadas diariamente y refrigeradas en bolsas de polietileno individualmente. Una muestra de las heces (5 gramos) fue secada en la estufa (105 °C por 5 horas) para determinar la humedad inicial. Las heces restantes de cada animal fueron mezcladas (pool de heces/animal), secadas y molidas (2 mm) para el análisis químico proximal.

La cantidad diaria de alimento ofrecido a cada animal fue de 80 g. suministrándose una vez al día a la misma hora (9 a.m.). Diariamente se suministró agua limpia y fresca *Ad libitum*. Para el pesaje del alimento y de las heces se utilizó una balanza electrónica de marca OHAUS, modelo GT 2100, de 0.1 g de sensibilidad.

3.7. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Las muestras de la dieta basal, dieta experimental y heces colectadas en la prueba de digestibilidad fueron sometidas al análisis químico proximal utilizando las técnicas establecidas por la A.O.A.C. (1980).

3.8. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD

En base a los resultados obtenidos en la prueba de consumo, recolección de heces y en los análisis proximales respectivos de las dietas y las heces, se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de los nutrientes, aplicando el método directo para la dieta basal y la dieta experimental (Anexos XIII y X). Los coeficientes de digestibilidad del forraje seco de mucuna (Anexo

XI) se determinaron utilizando el método indirecto, mediante las fórmulas descritas por Crampton y Harris (1974):

Método directo:

$$\text{CDA (\%)} = \left(\frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente en heces}}{\text{Nutriente ingerido}} \right) \times 100$$

Método indirecto:

$$D = \frac{100(T - B)}{S} + B$$

Dónde:

D = Coeficiente de digestibilidad del alimento en estudio

B = Coeficiente de digestibilidad de la dieta basal

T = Coeficiente de digestibilidad de la dieta experimental

S = Nivel de sustitución de la dieta basal por el alimento en estudio

Los cálculos de digestibilidad se realizaron en base al 100% de materia seca.

3.9. ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA DIGESTIBLE

Para el cálculo de la energía digestible, se estimó previamente la energía bruta (Anexo I), multiplicando los porcentajes de la fracción proximal de las dietas y de las heces con sus valores calóricos promedios (proteína: 5.7 Kcal/g; extracto etéreo: 9.3 Kcal/g; ELN y fibra: 4.1 Kcal/g); según AEC (1978). Luego, en base a su contenido energético se determinó la energía digestible del alimento mediante la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974):

$$ED = EB - \frac{EH \times Qh}{Ia}$$

Dónde:

ED = Energía digestible del alimento (Kcal/g)

EB = Energía bruta del alimento (Kcal/g)

EH = Energía bruta de las heces (Kcal/g)

Qh = Cantidad de heces producidas por día (g)

Ia = Cantidad de alimento ingerido por día (g)

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizaron los siguientes parámetros estadísticos:

- 1) Promedio (\bar{X})
- 2) Desviación Estándar (D.E) y
- 3) Coeficiente de Variabilidad (C.V. %)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA

En el Cuadro 13, se presentan los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno del forraje seco de mucuna y en el Gráfico 2 se muestran los valores de digestibilidad aparente del kudzú, la alfalfa y heno de alfalfa comparados al forraje seco de mucuna.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (66.29%) y materia orgánica (66.13%) obtenidos en este experimento son mayores respecto al heno de alfalfa (59.82 % y 59.69% respectivamente), estudiado por Ninanya (1991). Asimismo, el coeficiente de digestibilidad de la materia seca (66.29%) es mayor a la alfalfa (60.67%), reportada por Saravia, *et al.* (1992) y a la broza henificada de espárrago (38.26%) encontrada por Vilcapoma (1990), pero menor a la hoja de camote (74.08%) reportada por Saravia *et al.* (1992).

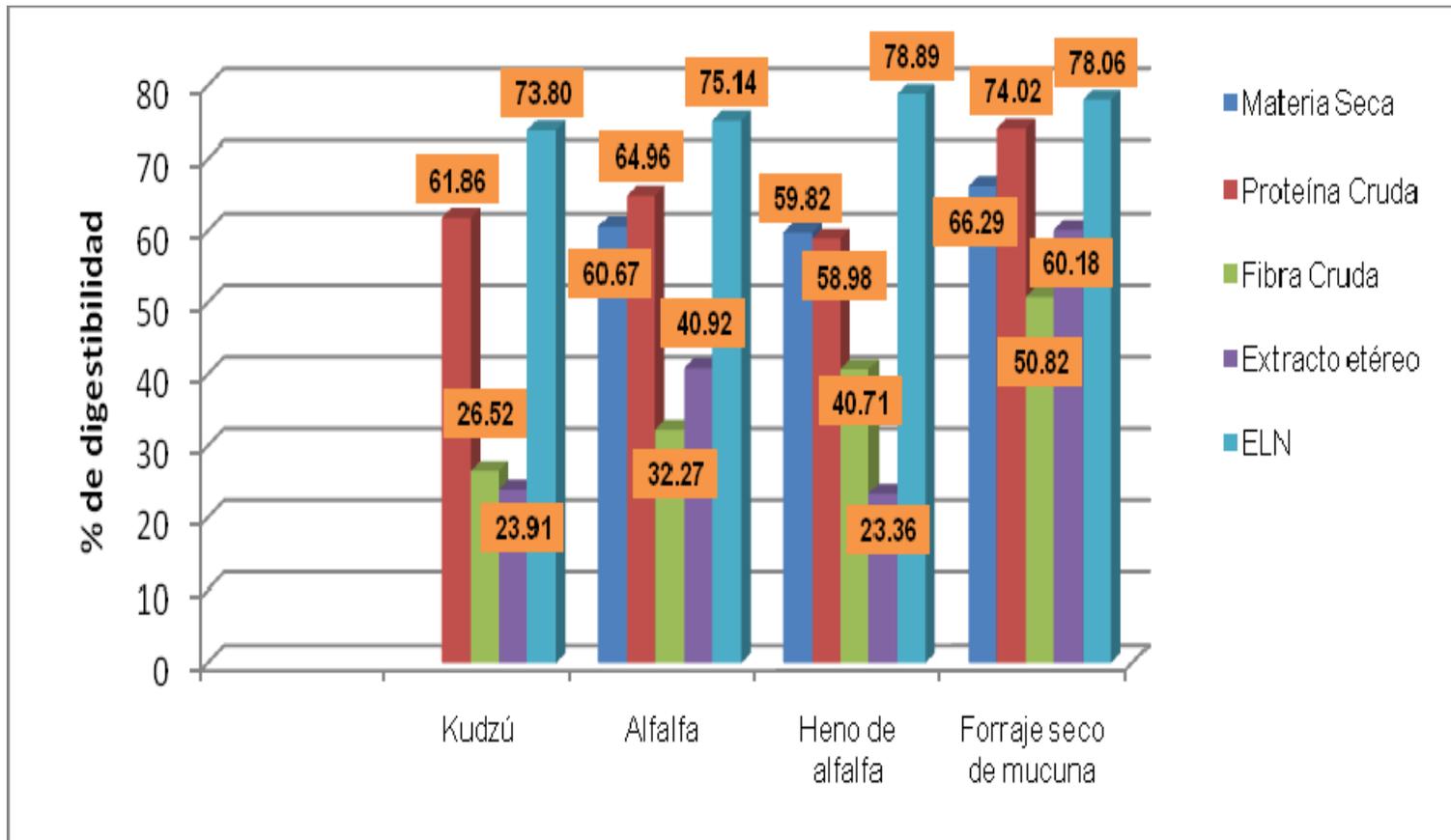
La digestibilidad de materia seca y materia orgánica está relacionada a la edad del forraje al momento del corte. La temperatura parece ser el factor más importante en la calidad del forraje. Cuando la temperatura aumenta se registran mayores contenidos de fibra cruda y menores digestibilidades en materia seca (Esparza y Marín, 2004).

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda fue 74.02%, superior a la alfalfa (64.96%) reportada por Saravia *et al.* (1992), al heno de alfalfa (58.98%), citado por Ninanya (1991) a la hoja de camote

CUADRO 13: Coeficientes de digestibilidad aparente del forraje seco de mucuna (base seca)

PARAMETROS	% DIGESTIBILIDAD	C.V. (%)
MATERIA SECA	66.29	11.41
MATERIA ORGANICA	66.13	11.16
PROTEINA CRUDA	74.02	7.61
EXTRACTO ETereo	60.18	21.61
FIBRA CRUDA	50.82	56.79
CENIZA	73.33	18.56
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	78.22	11.18

GRÁFICO 1: Coeficientes de digestibilidad aparente del kudzú, alfalfa y heno de alfalfa comparados al forraje seco de mucuna



(72.07%), reportada por Saravia *et al.* (1992), al kudzú (61.86%) estudiado por Chauca *et al.* (1978) y a la broza henificada de espárrago (61.68%) encontrada por Vilcapoma (1990).

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (50.82%) fue superior al heno de alfalfa (40.71%) estudiado por Ninanya (1991). Igualmente, fue superior a la alfalfa (32.27%) estudiada por Saravia *et al.* (1992), al kudzú (26.52%) citado por Chauca *et al.* (1978) y a la broza henificada de espárrago (36.22%) encontrada por Vilcapoma (1990). Sin embargo, tuvo una menor digestibilidad que la hoja de camote (59.40%) reportada por Saravia *et al.* (1992).

La digestibilidad de la fibra depende del grado de maduración, es decir del contenido de la pared celular y el grado de lignificación del forraje, el cual también varía de una especie a otra. El contenido de taninos también afecta la digestibilidad, ya que estos se ligan a la fibra y se hace más resistente a la degradación por los microorganismos. Los taninos libres también pueden inactivar a los microorganismos y a sus enzimas (Esparza y Marín, 2004).

Respecto a la digestibilidad del extracto etéreo (60.18%) se encontró un valor superior al heno de alfalfa (23.36%), reportado por Ninanya (1991). Además, fue superior a la alfalfa (40.92%) estudiada por Saravia *et al.* (1992), a la broza henificada de espárrago (29.35%) encontrada por Vilcapoma (1990) y al kudzú (23.91%) estudiado por Chauca *et al.* (1978). Sin embargo, fue inferior a la hoja de camote (70.85%) reportada por Saravia *et al.* (1992).

En cuanto a la digestibilidad del ELN se determinó un valor de 78.22%, el cual es muy similar al valor reportado para el heno de alfalfa (78.89%) por Ninanya (1991). Fue superior a la alfalfa (75.14%) citada por Saravia *et al.* (1992), a la broza henificada de espárrago (29.65%) encontrada por Vilcapoma (1990) y al kudzú (73.80%) estudiado por Chauca *et al.* (1978), sin embargo, fue inferior a la hoja de camote (81.39%) reportada por Saravia *et al.* (1992).

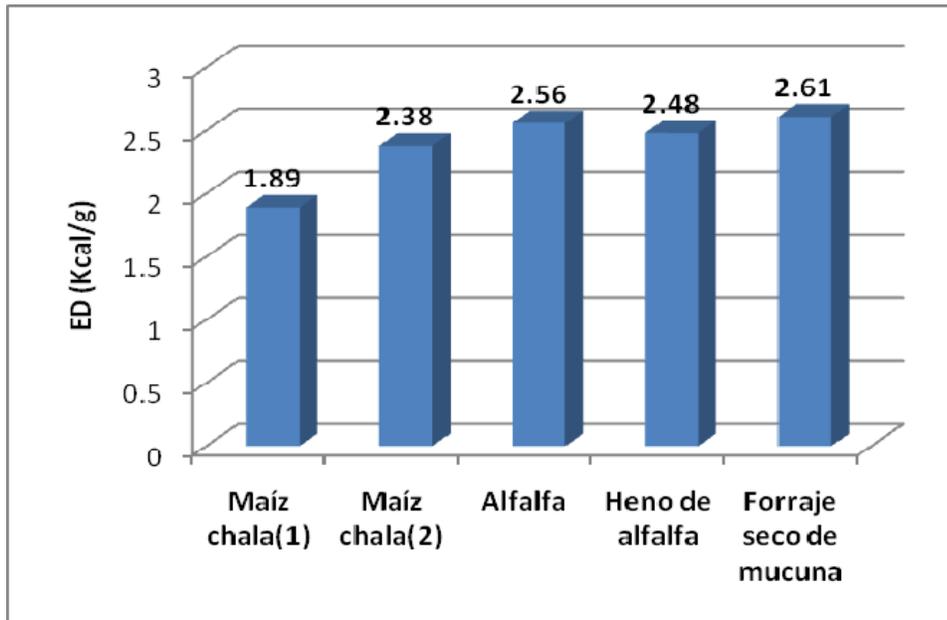
4.2. ENERGÍA DIGESTIBLE DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA

La energía digestible(ED) determinada para el forraje seco de mucuna fue de 2.61 Kcal/g en base seca (Cuadro 14). En el Gráfico 2 se muestra el valor de energía digestible del forraje seco de mucuna comparado a los forrajes de mayor uso. El valor obtenido es muy similar a la alfalfa (2.56 Kcal/g) estudiada por Saravia *et al.* (1992) y ligeramente superior al heno de alfalfa (2.48 Kcal/g) determinado por Correa (1994). Asimismo es muy superior a la energía digestible de la panca de maíz (1.28 Kcal/g), reportada por Caballero (1992), al maíz chala (1.89 Kcal/g y 2.38 Kcal/g) encontrado por Saravia *et al.* (1992) y por Correa (1994) respectivamente; pero inferior al valor de la hoja de camote (3.08 Kcal/g) y a la hoja de morera (3.17 Kcal/g) estudiados por Saravia *et al.* (1992) y por Zevallos (1994), respectivamente.

CUADRO 14: Energía digestible del forraje seco de mucuna (base seca)

COMPONENTES	UNIDAD	DIETA BASAL	DIETA EXPERIMENTAL (80% DIETA BASAL Y 20% FORRAJE SECO DE MUCUNA)	FORRAJE SECO DE MUCUNA
ENERGÍA BRUTA DEL ALIMENTO	Kcal/g	4.45	4.36	-
ENERGIA BRUTA DE LAS HECES	Kcal/g	4.16	4.15	-
CANTIDAD DE HECES	g/día	17.26	18.65	-
INGESTIÓN DE ALIMENTO	g/día	64.12	66.06	-
ENERGIA DIGESTIBLE	Kcal/g	3.33	3.19	2.61

GRÁFICO 2: Energía digestible de los forrajes más usados en la alimentación de cuyes comparados al forraje seco de mucuna



(1) Saravia *et al.*(1992)

(2) Correa(1994)

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Los coeficientes de digestibilidad del forraje seco de mucuna fueron: materia seca: 66.29%, materia orgánica: 66.13%, proteína cruda: 74.02%, extracto etéreo: 60.18%, fibra cruda: 50.82%, ceniza: 73.33%, extracto libre de nitrógeno: 78.22%.

2.- La energía digestible del forraje seco de mucuna fue de 2.61 Kcal/g.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el experimento se recomienda:

- 1.- Utilizar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y el valor de energía digestible del forraje seco de mucuna determinados en el presente trabajo.
- 2.- El contenido de nutrientes y la digestibilidad del forraje seco de mucuna la convierten en una buena alternativa dentro de las leguminosas forrajeras.
- 3.- Realizar estudios que permitan determinar el nivel de inclusión más óptimo del forraje seco de mucuna en la alimentación de cuyes en crecimiento, engorde y reproducción.
- 4.- Realizar ensayos de digestibilidad del forraje seco de mucuna en otras especies.
- 5.- Realizar pruebas de digestibilidad y consumo voluntario del forraje mucuna fresco tanto en cuyes como en otras especies.
- 6.-Realizar pruebas en alimentación de cuyes proporcionando forraje fresco de mucuna y el frijol mucuna dentro de concentrados de engorde y reproducción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **AIRAHUACHO, F.** 2007. Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus L.*). Tesis (Magister Scientiae). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
2. **ALIMENTATION EQUILIBRE COMMENTRY (AEC).** 1978. Animal Feeding. Energy, Aminoacids, Vitamins, Minerals. Document N° 4. Francia.
3. **A.O.A.C.** 1980. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. (13th edition) Washington, D.C.
4. **ARENAZA, M.** 1996. Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la harina de alga (*Chara globularis*) en el cuy. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
5. **BOGDAN, A.V. Y SKERMAN, P.J.** 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje (pastos y leguminosas).
6. **CABALLERO, N.** 1992. Valor nutricional de la panca de maíz: consumo voluntario y digestibilidad en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima- Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

7. **CAMPOS L, J.** 2007. Evaluación nutricional del frijol mucuna (Stizolobium deeringianum) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde. Tesis (Magister Scientiae). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
8. **CAÑAS, R.** 1998. Alimentación y Nutrición Animal. 2^{da} Edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile
9. **CAYCEDO V, A.** 2000. Experiencias investigativas en la Producción de Cuyes. Contribución al desarrollo técnico de la explotación. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia.
10. **CHAUCA, L; SARAVIA, J; AGUSTÍN, A.** 1978. Digestibilidad de kudzu, maicillo y gramalote en cuyes. Avances en Investigación-Ministerio de Agricultura y Alimentación (Perú). V.8 (1-2) p. 27-30.
11. **CHURCH, D.C.; POND, W.G. Y POND, K. R.** 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2da Edición. México, D.F. - México. Editorial Limusa, S.A.
12. **CIPRIAN, R.A.** 2005. Evaluación del tamaño de partícula y nivel de fibra en el concentrado para cuyes (*Cavia porcellus L.*) en crecimiento. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
13. **COOK, B.G., PENGELLY, B.C., BROWN, S.D., DONNELLY, J.L., EAGLES, D.A., FRANCO, M.A., HANSON, J., MULLEN, B.F., PARTRIDGE, I.J., PETERS, M. AND SCHULTZE-KRAFT, R.** 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Consultado 22 mar. 2010. Disponible en <http://www.tropicalforages.info>

14. **CORREA, S.H.** 1994. Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
15. **CRAMPTON, E; HARRIS, L.** 1974. Nutrición animal aplicada. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S. A.
16. **ESCUDERO, D.** 2005. Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pasto “Mucuna” (*Stizolobium deeringianum*) a lo largo de su periodo vegetativo. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
17. **ESCUDERO, D; BARBOZA, B; MENDIVIL, M.** 2006. La investigación participativa en los procesos de desarrollo. El caso del cultivo del mucuna (*Stizolobium deeringianum*) en la agricultura urbana de la ciudad de Lima. Programa de Cosecha Urbana del CIP. Lima- Perú.
18. **ESPARZA, C; MARÍN, R.** 2004. Compendio de Ensayos Cátedra: Evaluación de Forrajes. Plan de Estudios carrera de Zootecnia. Facultad de Medicina veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
19. **FAO.** 2000. Sistema de información de los recursos del pienso (en línea). Consultado mayo de 2009. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/266.htm>
20. **GARCÍA ECHEVARRIA, CL; BRESSANI, R.** Junio 2006. Efecto de diversos tratamientos en la cocción del frijol Mucuna sobre el contenido de L-Dopa. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 56 (2):175-184.
21. **GÉLVEZ, L.** 2010. Mundo pecuario. Animales y producción. Leguminosas más utilizadas en la preparación de raciones. Consultado abr. 2011. Disponible en http://mundo-pecuario.com/tema133/leguminosas_para_animales.html

22. **GÓMEZ, B; VERGARA, V.** 1993. Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares. Págs; 38-50. INIA-EELM-EEBI.
23. **GROLL, H; LAZO, H.** 2001. Intercambio de experiencias y semillas de agricultores. Asociación de agricultura ecológica. Puerto Maldonado – Perú. Consultado 20 ene. 2012. Disponible en <https://www.uni-hohenheim.de/~kirchman/mucuna.html>
24. **HERRERA, G; LOTERO, J; CROWDER, L.**1966.Frecuencia de corte en leguminosas forrajeras tropicales. Agricultura tropical. 22 (9): 473 – 483.
25. **HERRERA, G.** 1966. Pastos y forrajes. Ministerio de Agricultura. Instituto Colombiano Agropecuario. Asistencia Técnica-Manual N° 10. Programa Pastos y Forrajes ICA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Tulio Ospina, Medellín – Colombia.
26. **HIDALGO, V; MONTES, T; CABRERA, P; MORENO, A.** 1995. Crianza de cuyes. Programa de Investigación en Carnes. Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
27. **INGA, R.** 2008. Evaluación de dos niveles de energía digestible y dos niveles de fibra cruda en dietas de crecimiento con exclusión de forraje para cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima- Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
28. **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA (INIA).** Junio, 1994. Investigaciones en Cuyes. Informe Técnico N° 16 – 94. Lima –Perú.
29. **LANDEO, L.** 1992. Evaluación de tres niveles de heno de broza de espárrago (*Asparagus officinalis L.*) en dietas de engorde para cuyes. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

30. **MC. DONALD, P; EDWARDS, R; GREENHALGH, J; MORGAN, C.** 1995. Nutrición Animal. 5ª edición. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S. A.
31. **MC. DONALD, P; EDWARDS, R; GREENHALGH, J; MORGAN, C.** 2002. Nutrición Animal. 6ª edición. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S. A.
32. **MERAYO, A.** 2001. La mucuna: coberturas para el manejo de malezas. Manejo Integrado de Plagas. Centro de Enseñanza e investigación en agricultura tropical (CATIE). Hoja técnica – RMIP. N° 57. Unidad de Fitoprotección. San José-Costa Rica.
33. **MORENO, R.A.** 1989. Producción de cuyes. 2ª Edición. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
34. **NINANYA, C.** 1991. Coeficiente de digestibilidad del heno de alfalfa, afrechillo, maíz y harina de pescado, en cuyes. Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
35. **REMIGIO, R.** 2006. Evaluación de tres niveles de lisina y aminoácidos azufrados en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus L.*) mejorados. Tesis (Magister Scientiae). Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
36. **ROJAS B, A.F.** 2010. Caracterización físico-mecánica de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). Medellín-Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>
37. **ROSALES, J; TANG, T.** 1996. Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali. Folia Amazónica Vol. 8(2). Disponible en <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL676.pdf>

38. **SAMAME S, J.** 1983. Niveles de energía en cuyes (*Cavia porcellus*) en reproducción y crecimiento. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
39. **SARAVIA, J; RODRIGUEZ, W; RUESTA, I; CHAUCA, L; MUSCARI, J.** 1984. Coeficiente de digestibilidad de la hoja y tallo del maíz chala, alfalfa, grama china, hoja y tallo de camote en cuyes. Lima - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
40. **SARAVIA, J; RAMIREZ, S; MUSCARI, J.** 1992. Consumo voluntario y digestibilidad en cuyes de forrajes producidos en costa central. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
41. **SHIMADA, A.** 2003. Nutrición Animal. México, D.F.- México. Editorial Trillas.
42. **SILVA, E. G.** 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) germinados en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
43. **SKERMAN, P; CAMERON, D; RIVEROS F.** 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Italia.
44. **VERGARA, V.** 1992. 3^{er} Curso Internacional de Producción de cuyes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.
45. **VERGARA, V.** 2008. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

46. **VILLAFRANCA, A.** 2003. Evaluación de tres niveles de fibra en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima- Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
47. **ZEVALLOS, L.** 1994. Evaluación Biológica de la hoja de Morera (*Morus indica*) mediante pruebas de digestibilidad y crecimiento en Cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis (Ingeniero Zootecnista). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

VIII. ANEXOS

ANEXO I: ECUACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA BRUTA (ALIMENTATION EQUILIBRE COMMENTRY, 1978)

$$EB = 5.7 \times (\%PC) + 9.3 \times (\%EE) + 4.1 \times (\%FC + \%ELN)$$

Dónde:

EB = Energía Bruta (Kcal/100 g)

PC = Proteína Cruda (%)

EE = Extracto Etéreo (%)

FC = Fibra Cruda (%)

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno (%)

ANEXO II: CANTIDAD DE LA DIETA BASAL (D_B) INGERIDA POR CADA ANIMAL (BASE SECA)

Animal N°	(día)	Total alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Total alimento ingerido (g)	Total alimento ingerido por periodo (g)	Promedio
1	1	70.92	3.87	67.05	326.38	65.28
	2	70.92	3.52	67.40		
	3	70.92	7.34	63.58		
	4	70.92	8.34	62.58		
	5	70.92	5.14	65.78		
2	1	70.92	5.58	65.34	307.67	61.53
	2	70.92	17.91	53.01		
	3	70.92	4.80	66.12		
	4	70.92	6.74	64.18		
	5	70.92	11.91	59.01		
3	1	70.92	3.15	67.77	313.09	62.62
	2	70.92	5.26	65.66		
	3	70.92	4.45	66.47		
	4	70.92	9.51	61.41		
	5	70.92	19.14	51.78		
4	1	70.92	7.85	63.07	324.18	64.84
	2	70.92	5.08	65.84		
	3	70.92	6.46	64.46		
	4	70.92	4.65	66.27		
	5	70.92	6.38	64.54		
5	1	70.92	3.03	67.89	331.70	66.34
	2	70.92	3.77	67.15		
	3	70.92	4.92	66.00		
	4	70.92	3.37	67.55		
	5	70.92	7.81	63.11		
Promedio						64.12
Desviación Estándar						1.98
C. de variabilidad (%)						3.09

ANEXO III: CANTIDAD DE LA DIETA EXPERIMENTAL (D_E) INGERIDA POR CADA ANIMAL (BASE SECA)

Animal N°	(día)	Total alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Total alimento ingerido (g)	Total alimento ingerido por periodo (g)	Promedio
1	1	70.58	1.84	68.73	336.85	67.37
	2	70.58	5.17	65.41		
	3	70.58	3.62	66.96		
	4	70.58	2.16	68.41		
	5	70.58	3.24	67.34		
2	1	70.58	1.30	69.28	316.21	63.24
	2	70.58	0.88	69.69		
	3	70.58	2.34	68.24		
	4	70.58	30.81	39.77		
	5	70.58	1.35	69.23		
3	1	70.58	1.70	68.87	341.55	68.31
	2	70.58	2.78	67.80		
	3	70.58	2.75	67.82		
	4	70.58	2.64	67.94		
	5	70.58	1.46	69.12		
4	1	70.58	1.61	68.96	334.63	66.93
	2	70.58	2.13	68.45		
	3	70.58	1.65	68.93		
	4	70.58	2.41	68.17		
	5	70.58	10.45	60.12		
5	1	70.58	4.66	65.92	322.21	64.44
	2	70.58	6.68	63.90		
	3	70.58	11.05	59.52		
	4	70.58	5.12	65.46		
	5	70.58	3.17	67.41		
Promedio						66.06
Desviación Estándar						2.13
C. de variabilidad (%)						3.22

ANEXO IV: PESO DE LAS HECES DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON LA DIETA BASAL (DB) (EN GRS) (BASE SECA)

Animal N°	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Total/animal/periodo	Promedio/animal/periodo
1	17.70	15.95	19.21	16.87	18.37	88.10	17.62
2	12.79	16.41	13.24	14.66	13.63	70.73	14.15
3	16.02	13.81	17.27	14.59	16.81	78.50	15.70
4	19.62	18.29	20.41	20.34	18.54	97.20	19.44
5	19.67	17.57	20.93	19.63	19.15	96.95	19.39

**ANEXO V: PESO DE LAS HECES DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON LA DIETA EXPERIMENTAL (DE) (EN GRS)
(BASE SECA)**

Animal N°	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Total/animal/periodo	Promedio/animal/periodo
1	20.08	19.23	18.49	20.97	17.56	96.33	19.27
2	17.54	14.42	17.26	16.93	16.55	82.70	16.54
3	17.95	18.32	20.03	19.59	17.94	93.83	18.77
4	17.65	20.38	19.56	17.75	20.64	95.98	19.20
5	20.55	19.17	18.69	19.12	19.82	97.35	19.47

ANEXO VI: COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL Y ENERGÉTICA DE LAS HECES (BASE SECA)

Tratamientos	Animal N°	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta(Kcal/g)
Dieta Basal	1	19.82	3.18	17.28	10.25	49.47	89.75	4.16
	2	17.57	3.05	17.85	9.83	51.70	90.17	4.14
	3	17.23	2.37	18.30	9.77	52.33	90.23	4.10
	4	20.95	2.85	17.56	8.95	49.69	91.05	4.22
	5	20.18	3.10	19.26	9.65	47.81	90.34	4.19
Promedio		19.15	2.91	18.05	9.69	50.20	90.31	4.16
Desviación Estándar		1.65	0.33	0.77	0.47	1.82	0.47	0.05
C.V(%)		8.63	11.19	4.29	4.86	3.63	0.52	1.10
Dieta Experimental	1	17.39	2.84	23.54	8.87	47.39	91.13	4.16
	2	17.58	2.73	22.87	9.02	47.80	90.98	4.15
	3	17.79	3.29	28.02	9.98	40.92	90.02	4.15
	4	16.39	3.40	26.29	9.52	44.40	90.48	4.15
	5	17.15	3.19	25.13	9.36	45.17	90.64	4.16
Promedio		17.26	3.09	25.17	9.35	45.14	90.65	4.15
Desviación Estándar		0.54	0.29	2.08	0.44	2.76	0.44	0.01
C.V(%)		3.13	9.41	8.27	4.68	6.12	0.48	0.16

ANEXO VII: CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA BASAL (BASE SECA)

Total de nutrientes ingeridos(g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	65.28	14.45	3.23	5.54	4.16	37.90	61.12	2.91
2	61.53	13.62	3.05	5.22	3.92	35.73	57.61	2.74
3	62.62	13.86	3.10	5.31	3.99	36.36	58.63	2.79
4	64.84	14.35	3.21	5.50	4.13	37.64	60.70	2.89
5	66.34	14.68	3.29	5.63	4.23	38.52	62.11	2.95
Total de nutrientes excretados(g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	17.62	3.49	0.56	3.04	1.81	8.72	15.81	0.73
2	14.15	2.49	0.43	2.53	1.39	7.31	12.76	0.59
3	15.70	2.71	0.37	2.87	1.53	8.22	14.17	0.64
4	19.44	4.07	0.55	3.41	1.74	9.66	17.70	0.82
5	19.39	3.91	0.60	3.73	1.87	9.27	17.52	0.81

ANEXO VIII: COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA BASAL (BASE SECA)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	73.01	75.83	82.67	45.01	56.59	77.00	74.12	17.01
2	77.01	81.75	85.84	51.63	64.54	79.53	77.86	18.02
3	74.93	80.48	88.00	45.91	61.57	77.40	75.84	17.83
4	70.02	71.62	82.74	37.93	57.90	74.34	70.84	16.38
5	70.77	73.35	81.70	33.64	55.75	75.93	71.79	16.27
Promedio	73.15	76.61	84.19	42.82	59.27	76.84	74.09	17.10
Desviación Estándar	2.90	4.40	2.64	7.07	3.69	1.91	2.88	0.80
C. de variabilidad (%)	3.96	5.75	3.13	16.52	6.23	2.49	3.88	4.70

**ANEXO IX: CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA EXPERIMENTAL
(BASE SECA)**

Total de nutrientes ingeridos(g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	67.37	13.72	2.86	8.62	4.69	37.49	62.68	2.94
2	63.24	12.87	2.68	8.09	4.40	35.19	58.84	2.76
3	68.31	13.91	2.90	8.74	4.75	38.02	63.56	2.98
4	66.93	13.62	2.84	8.56	4.66	37.25	62.27	2.92
5	64.44	13.12	2.73	8.24	4.49	35.86	59.96	2.81
Total de nutrientes excretados(g)								
Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	19.27	3.35	0.55	4.54	1.71	9.13	17.56	0.80
2	16.54	2.91	0.45	3.78	1.49	7.91	15.05	0.69
3	18.77	3.34	0.62	5.26	1.87	7.68	16.89	0.78
4	19.20	3.15	0.65	5.05	1.83	8.52	17.37	0.80
5	19.47	3.34	0.62	4.89	1.82	8.79	17.65	0.81

ANEXO X: COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA EXPERIMENTAL (EN BASE SECA)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	71.40	75.57	80.84	47.37	63.55	75.65	71.98	16.87
2	73.85	77.42	83.16	53.24	66.10	77.54	74.43	17.51
3	72.53	75.99	78.68	39.82	60.61	79.80	73.42	16.55
4	71.32	76.91	77.00	41.05	60.77	77.12	72.11	16.39
5	69.79	74.55	77.27	40.64	59.37	75.48	70.57	16.20
Promedio	71.78	76.09	79.39	44.42	62.08	77.12	72.50	16.70
Desviación Estándar	1.51	1.13	2.60	5.77	2.72	1.75	1.48	0.51
C. de variabilidad (%)	2.11	1.48	3.28	12.99	4.38	2.27	2.04	3.07

ANEXO XI: COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA (BASE SECA)

Animal N°	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Ceniza	ELN	MO	Energía Bruta
1	64.43	71.44	67.45	65.56	80.70	70.88	63.54	15.94
2	76.64	80.66	79.03	94.89	93.45	80.32	75.76	19.13
3	70.05	73.55	56.64	27.80	65.97	91.64	70.73	14.36
4	64.00	78.12	48.22	33.94	66.76	78.22	64.17	13.54
5	56.34	66.32	49.56	31.90	59.77	70.02	56.46	12.57
Promedio	66.29	74.02	60.18	50.82	73.33	78.22	66.13	15.11
Desviación Estándar	7.57	5.64	13.00	28.86	13.61	8.74	7.38	2.57
C. de variabilidad (%)	11.41	7.61	21.61	56.79	18.56	11.18	11.16	16.99

ANEXO XII: ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA DIETA BASAL (BASE SECA)

Animal N°	Energía Bruta del alimento(Kcal/g)	Energía Bruta de heces(Kcal/g)	Cantidad de heces(g)	Ingestión de alimento(g)	Energía digestible(Kcal/g)
1	4.45	4.16	17.62	65.28	3.33
2	4.45	4.14	14.15	61.53	3.50
3	4.45	4.10	15.70	62.62	3.42
4	4.45	4.22	19.44	64.84	3.19
5	4.45	4.19	19.39	66.34	3.23
Promedio	4.45	4.16	17.26	64.12	3.33
Desviación Estándar	-	0.05	2.32	1.98	0.13
C. de variabilidad (%)	-	1.10	13.45	3.09	3.93

ANEXO XIII: ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA DIETA EXPERIMENTAL (BASE SECA)

Animal N°	Energía Bruta del alimento(Kcal/g)	Energía Bruta de heces(Kcal/g)	Cantidad de heces(g)	Ingestión de alimento(g)	Energía digestible(Kcal/g)
1	4.36	4.16	19.27	67.37	3.17
2	4.36	4.15	16.54	63.24	3.27
3	4.36	4.15	18.77	68.31	3.22
4	4.36	4.15	19.20	66.93	3.17
5	4.36	4.16	19.47	64.44	3.10
Promedio	4.36	4.15	18.65	66.06	3.19
Desviación Estándar	-	0.01	1.21	2.13	0.06
C. de variabilidad (%)	-	0.16	6.47	3.22	1.99

ANEXO XIV: ENERGÍA DIGESTIBLE DEL FORRAJE SECO DE MUCUNA (BASE SECA)

Animal N°	Energía digestible de la dieta experimental(Kcal/g)	Energía digestible de la dieta basal(Kcal/g)	% de Sustitución(Harina del forraje mucuna)	Energía digestible(Kcal/g)
1	3.17	3.33	20.00	2.52
2	3.27	3.33	20.00	3.04
3	3.22	3.33	20.00	2.78
4	3.17	3.33	20.00	2.53
5	3.10	3.33	20.00	2.20
Promedio				2.61
Desviación Estándar				0.32
C. de variabilidad (%)				12.15