

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

"VALORACIÓN ENERGÉTICA DE DIFERENTES TIPOS DE BALANCEADO UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (Cavia porcellus)"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del titulo de:
INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR: MÓNICA ISABEL GUACHO ÑAUÑAY

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

CONTENIDO

			Pág.
	Res	sumen	V
	Abs	stract	vi
	List	a de Cuadros	vii
	List	a de Gráficos	viii
	List	a de Anexos	ix
I.	<u>INT</u>	RODUCCIÒN	1
II.	<u>RE</u>	<u>VISIÓN DE LITERATURA</u>	9
	A.	EL CUY	9
	1.	<u>Importancia</u>	9
	2.	Sistemas de producción	9
	3.	Generalidades reproductivas	10
	В.	ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DEL CUY	11
	1.	Fisiología digestiva	11
	2.	Actividad cecotrófica	13
	3.	Requerimientos nutricionales	14
	a.	Agua	14
	b.	Proteína	15
	c.	Fibra	16
	d.	Energía	17
	e.	Grasa	17
	f.	Minerales	18
	C.	ANÁLISIS DE LOS ALIMENTOS	20
	1.	Análisis proximal	20
	a.	Limitantes del análisis proximal	21
	2.	Método de Van Socst	22
	a.	Fibra Neutro Detergente (FND)	23
	b.	Fibra Acido Detergente (FAD)	23
	c.	Lignina Acido Detergente (LAD)	23
	D.	DIGESTIBILIDAD	23
	1.	Concepto e importancia	23
	2.	Métodos para medir la digestibilidad	25

	a.	Método in vivo	25
	b.	Método in vitro	26
	3.	Variabilidad de los valores de digestibilidad	27
	4.	Factores que afectan la digestibilidad	28
	E.	NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES (NDT)	29
	1.	Método para determinar los NDT	30
	F.	ENERGÍA NUTRICIONAL	30
	1.	Energía Bruta (EB)	31
	2.	Energía Digestible (ED)	31
	3.	Energía Metabolizable (EM)	32
	4.	Energía Neta (EN)	34
	a.	Energía Neta de mantenimiento	34
	b.	Energía Neta de ganancia de peso	35
	G.	VALORACIÓN DE NECESIDADES NUTRITIVAS DE LOS ANIMALES	35
	1.	Necesidades de mantenimiento o conservación	35
	2.	Necesidades para crecimiento o producción	36
III.	MA	TERIALES Y MÉTODOS	37
	A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	37
	В.	UNIDADES EXPERIMENTALES	37
	C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	37
	1.	<u>Materiales</u>	38
	2.	<u>Equipos</u>	38
	3.	<u>Instalaciones</u>	38
	D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	39
	E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	39
	F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SEPARACIÓN DE MEDIAS	41
	G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	41
	1.	De campo	41
	a.	Etapa de adaptación	42
	b.	Suministro del balanceado experimental	42
	2.	Procedimiento de laboratorio	42
	H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	43
	1.	Determinación del contenido de humedad en TCO	43
	2.	Determinación de la humedad higroscópica	43

	3.	Determinación del contenido cenizas	43
	4.	Determinación del contenido proteína bruta	43
	5.	Determinación del contenido de fibra bruta	44
	6.	Determinación del contenido de extracto etéreo	44
	7.	Determinación del contenido del extracto libre de nitrógeno (ELN)	44
	8.	Determinación de los coeficientes digestibles	45
	9.	Determinación de los nutrientes digestibles parciales	45
	10.	Determinación de los nutrientes digeribles totales	45
	11.	Determinación de la energía digestible	46
IV.	RES	SULTADOS Y DISCUSIÓN	48
	A.	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE BALANCEADOS CON	
		DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA CRUDA Y ENERGÍA	
		DIGESTIBLE	48
	1.	Materia seca (MS)	48
	2.	Proteína cruda (PC)	50
	3.	Fibra cruda (FC)	50
	4.	Extracto etéreo (EE)	54
	5.	Extracto libre de nitrógeno (ELN)	54
	6.	Cenizas	55
	7.	Materia orgánica (MO)	55
	В.	EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO	
		DE LOS NUTRIENTES DE BALANCEADOS CON DIFERENTES	
		NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA DIGESTIBLE UTILIZADOS	
		PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES.	58
	1.	Coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS)	61
	2.	Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO)	61
	3.	Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC)	62
	4.	Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda (CDFC)	65
	5.	Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo (CDEE)	65
	6.	Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (CDELN)	68
	C.	EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES	
		DE BALANCEADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA Y	
		ENERGÍA DIGESTIBLE UTILIZADOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE	
		CUYES	72

	1.	Materia seca digestible (DMS)	12	
	2.	Materia orgánica digestible (MDO)	74	
	3.	Proteína cruda digestible (PCD)	74	
	4.	Fibra cruda digestible (FCD)	77	
	5.	Extracto etéreo digestible (EED)	80	
	6.	Extracto libre de nitrógeno digestible (ELND)	80	
	7.	Nutrientes digestibles totales (NDT)	84	
	8.	Energía digestible (ED)	86	
D. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y ECUACIONES DE ESTIMACIÓN				
		DE LOS NDT Y ED EN FUNCIÓN DEL ANÁLSIS PROXIMAL DEL		
		BALANCEADO PARA CUYES	88	
	1.	Coeficientes de correlación	88	
	2.	Estimación de los modelos matemáticos	91	
V	. <u>co</u>	NCLUSIONES .	92	
VI	. <u>RE</u>	COMENDACIONES	94	
VII	. <u>LIT</u>	ERATURA CITADA	95	

"VALORACIÓN ENERGÉTICA DE DIFERENTES TIPOS DE BALANCEADO UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (Cavia porcellus)"

Guacho, M.1 – Guevara, P.2

ESPOCH – FAC. CC. PECUARIAS

Panamericana Sur Km 1

Teléfono 2965-068, Riobamba – Ecuador

RESUMEN

En el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología, EIZ-ESPOCH, como parte de proyecto FUNDACYT PIC 031, se realizó la valoración energética de diferentes balanceados para la alimentación de cuyes con varios niveles de proteína (%) y energía digestible (kcal) (12-2600, 18-2600, 12-2800, 18-2800, 15-3000 y 18-3000), a través de las pruebas de digestibilidad in vivo. Los tratamientos evaluados se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar (DCA), con 6 repeticiones por tratamiento. Los resultados del análisis proximal determinaron en promedio contenidos de fibra bruta entre 5.49 y 7.85 %, extracto etéreo de 3.38 a 6.75 %, ELN fue de 55.68 a 71.82 % y un promedio 90.28 % de materia orgánica. El balanceado que contenía 18-3000 fue mejor aprovechado por los cuyes, registrándose coeficientes de digestibilidad de materia seca (85.31%), materia orgánica (82.05 %) de, proteína (79.84%) de la, extracto etéreo (66.34%) y 92.10 % del ELN, con NDT del 80.48 % y una ED estimada de 3784.11 kcal/kg de materia seca, pudiendo calcularse los NDT y ED a través de: NDT = 27.51 - 0.18 (PB) + 2.77 (FC) +3.86 (EE) + 0.12 (ELN); y, ED = -2067,12 + 37,13 (PB) + 171,80 + 236,59 (EE) + 38,10 (ELN).

¹ Autor de la investigación. Egresada de la Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH.

² Director de Tesis, Profesor de la Escuela de Ing. Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH.

I. INTRODUCCIÓN

En la explotación tradicional la alimentación del cuy es del 80% a base de pastos verdes y algunas malezas, suplementada en ocasiones con desperdicios de cocina y hortalizas. Este sistema de alimentación no llena los requisitos mínimos nutricionales del animal, presentándose susceptibilidad a enfermedades, índices bajos de natalidad, pesos bajos al nacimiento y destete.

Es por eso que en una explotación tecnificada se considera al suministro de forraje más un balanceado, pudiendo utilizarse afrecho de trigo más alfalfa, los cuales han demostrado superioridad del comportamiento de los cuyes cuando reciben un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Aunque los herbívoros, en este caso los cuyes, pueden sobrevivir con raciones exclusivas de pasto, los requerimientos de una ración balanceada con un alto contenido de proteína, grasa y minerales es realmente importante, ya que los balanceados proporcionan al animal elementos que le son útiles para el desarrollo y mejoramiento de sus tejidos.

Por otra parte, la composición química de un alimento es solamente indicativa del contenido de nutrientes del mismo, pero no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar además con datos de digestibilidad, la misma que se define como el porcentaje de un nutriente dado, que desaparece a su paso por el tracto gastrointestinal (Mora, I. 2002).

Además, la digestibilidad aparente de un alimento se determina como resultado de alimentar al animal con ese alimento, recogiendo la masa fecal producida a lo largo de un período de tiempo, y restándola de la masa del pienso suministrado como alimento. La diferencia es igual a los nutrientes digestibles totales (NDT) del alimento. Se han realizado los suficientes ensayos con animales domésticos como para que los NDT se puedan calcular a partir del análisis proximal como la suma de la proteína, lípidos y fibra, ésta última ajustada según la capacidad digestiva del animal (Loomis, R y Coonor, D. 2002).

En la actualidad no existen tablas de la valoración energética de los diferentes balanceados utilizados en las diversas etapas fisiológicas de los cuyes, claro que principalmente debe existir más información sobre la digestibilidad de las diferentes materias primas para cuyes debido a esto, se recurre a las pruebas de digestibilidad in vivo para determinar la Energía Digestible a través de los coeficientes de digestibilidad, pero es necesario considerar que para esta especie no se han determinado dichos coeficientes.

En este sentido el Proyecto PIC.031, esta encaminando una serie de investigaciones, que coadyuvarán para la determinación de la digestibilidad de diferentes materias primas, así como de varios tipos de balanceados destinados a la especie *Cavia porcellus*, resultados que permitirán disponer de un paquete tecnológico, con el cual se tenga considerables adelantos en el conocimiento de la nutrición y alimentación de esta especie.

Por lo anotado en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Comprobar y determinar la composición química de balanceados con diferentes niveles de proteína / energía utilizados en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus).
- Estimar los coeficientes de digestibilidad parciales de diferentes tipos de balanceados a través de las pruebas de digestibilidad in vivo en cuyes.
- Establecer el valor de los nutrientes digestibles parciales y totales, así como la valoración energética (Energía Digestible), de balanceados que tienen diferentes contenidos de Proteína y energía (12% 2600 kcal ED: 12-2600; 12 % 2800 kcal ED: 12-2800; 15 % 3000 kcal ED: 15-3000; 18 % 2600 kcal ED: 18-2600; 18 % 2800 kcal ED: 18-2800; y 18 % 3000 kcal ED: 18-3000), medidos a través del suministro a cuyes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. EL CUY

1. Importancia

Asato, J. (2007), señala que el cuy es una especie nativa de nuestros Andes de mucha utilidad para la alimentación. Se caracteriza por tener una carne muy sabrosa y nutritiva, es una fuente excelente de proteínas y posee menos grasa que las carnes de las aves, vacunas, ovinas y porcinas. Los excedentes pueden venderse, el estiércol es aprovechado como abono orgánico.

Las ventajas de la crianza de cuyes incluyen su calidad de especie herbívora, su ciclo reproductivo corto, la facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas y su alimentación versátil que utiliza insumos no competitivos con la alimentación de otros monogástricos (Chauca, L. 1997).

Teniendo en cuenta que el cuy (*Cavia porcellus*), es una especie precoz, prolífica, de ciclos reproductivos cortos y de fácil manejo, su crianza tecnificada puede representar una importante fuente permanente de alimento para familias de escasos recursos y además una fuente de ingresos. El manejo técnico puede llegar a triplicar la producción a partir de una mejora en la fertilidad de las reproductoras, una mayor supervivencia de las crías y una mejora de la alimentación para un rápido crecimiento y engorde (http://www.portalagrario.gob.pe. 2007).

2. Sistemas de producción

Urrego, E. (2009), indica que se ha podido identificar tres diferentes niveles de producción, caracterizados por la función que ésta cumple dentro del contexto de la unidad productiva. Los sistemas de crianza identificados son el familiar, el familiar-comercial y el comercial. En el área rural el desarrollo de la crianza ha implicado el pase de los productores de cuyes a través de los tres sistemas.

- En el sistema familiar el cuy provee a la seguridad alimentaria de la familia y a la sostenibilidad del sistema de los pequeños productores. la crianza familiar es la más difundida en la región andina. Se caracteriza por desarrollarse fundamentalmente sobre la base de insumos y mano de obra disponibles en el hogar.
- El sistema familiar-comercial. Este tipo de crianza de cuyes nace siempre de una crianza familiar organizada, y está circunscrita al área rural en lugares cercanos a las ciudades donde se puede comercializar su producto. Las vías de comunicación facilitan el acceso a los centros de producción, haciendo posible la salida de los cuyes para la venta o el ingreso de los intermediarios. El tamaño de la explotación dependerá de la disponibilidad de recursos alimenticios. En este sistema, por lo general se mantienen entre 100 y 500 cuyes, y un máximo 150 reproductoras.
- El sistema comercial. Es poco difundida y más circunscrita a valles cercanos a áreas urbanas; se trata de la actividad principal de una empresa agropecuaria, donde se trabaja con eficiencia y se utiliza alta tecnología. La tendencia es utilizar cuyes de líneas selectas, precoces, prolíficas y eficientes convertidores de alimento. El desarrollo de este sistema contribuirá a ofertar carne de cuyes en las áreas urbanas donde al momento es escasa. Una granja comercial mantiene áreas de cultivo para siembra de forraje, el uso de alimento balanceado contribuye a lograr una mejor producción. Los reproductores y los cuyes de recría se manejan en instalaciones diferentes con implementos apropiados para cada etapa productiva. Los registros de producción son indispensables para garantizar la rentabilidad de la explotación.

3. Generalidades reproductivas

Las hembras, pueden procrear a partir del segundo mes de vida. Su ciclo de celo se repite cada 16 días, siendo el período durante cual la hembra es receptiva al macho y permitirá crianza de unas 8 horas. Tras el parto pueden

volver al celo a las 15 horas (celo posparto), lo que significa que pueden estar dando de mamar a sus pequeños y quedarse preñadas al mismo tiempo. Los machos, son sexualmente maduros a los 2 meses de vida y su vida reproductiva es de 4 a 5 años. A la hora de la reproducción se debe tener en cuenta que no debe haber más de un macho juntos ya que se pelearían. Para tener unas crías saludables el macho debe tener menos de 34 meses en su primera crianza (http://www.rincóndelascobayas.tk. 2007).

Por su parte Lucas, E y Figueroa, F (2007), señalan que la edad para el empadre o monta de las hembras es de 3 meses y en los machos entre los 3 y 5 meses. La hembra puede tener buenas crías hasta los 18 meses (Unos 5 ó 6 partos).

Los machos funcionan bien hasta los 2 años. La hembra está dispuesta a ser montada por el macho, cada 16 días y le dura unas 30 horas. La relación recomendable es de 10 hembras por cada macho.

B. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DEL CUY

1. Fisiología digestiva

La fisiología digestiva estudia los mecanismos que se encargan de transferir nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente al medio interno, para luego ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Comprende la ingestión, la digestión y la absorción de nutrientes y el desplazamiento de los mismos a lo largo del tracto digestivo (Chauca, L. 1997).

- Ingestión: alimentos llevados a la boca.
- Digestión: los alimentos son fragmentados en moléculas pequeñas para poder ser absorbidas a través de la membrana celular. Se realiza por acción de ácidos y enzimas específicas y en algunos casos, por acción microbiana.
- Absorción: las moléculas fragmentadas pasan por la membrana de las

- células intestinales a la sangre y a la linfa.
- Motilidad: movimiento realizado por la contracción de los músculos lisos que forman parte de la pared del tracto intestinal.

El cuy, según Rico, E. (2003), es una especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana. Realiza cecotrofia para reutilizar el nitrógeno. Según su anatomía gastrointestinal está clasificado como fermentador post-gástrico debido a los microorganismos que posee a nivel del ciego. El sistema digestivo del cuy cumple las siguientes funciones:

- En el estómago se secreta ácido clorhídrico cuya función es disolver el alimento convirtiéndolo en una solución denominada quimo. El ácido clorhídrico además destruye las bacterias que son ingeridas con el alimento cumpliendo una función protectora del organismo. Algunas proteínas y carbohidratos son degradados; sin embargo, no llegan al estado de aminoácidos ni glucosa; las grasas no sufren modificaciones. La secreción de pepsinógeno, al ser activada por el ácido clorhídrico se convierte en pepsina que degrada las proteínas convirtiéndolas en polipéptidos, así como algunas amilasas que degradan a los carbohidratos y lipasas que degradan a las grasas; segrega la gastrina que regula en parte la motilidad, el factor intrínseco sustancia esencial en la absorción de la vitamina B12 a nivel del intestino delgado. Cabe señalar que en el estómago no hay absorción.
- En el intestino delgado ocurre la mayor parte de la digestión y absorción, especialmente en la primera sección denominada duodeno; el quimo se transforma en quilo, por la acción de enzimas provenientes del páncreas y por sales biliares del hígado que llegan con la bilis; las moléculas de carbohidratos, proteínas y grasas son convertidas en monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos capaces de cruzar las células epiteliales del intestino y ser introducidas al torrente sanguíneo y a los vasos linfáticos. También son absorbidos el cloruro de sodio, la mayor parte del agua, las vitaminas y otros microelementos.

- Los alimentos no digeridos, el agua no absorbida y las secreciones de la parte final del intestino delgado pasan al intestino grueso en el cual no hay digestión enzimática; sin embargo, en esta especie que tiene un ciego desarrollado existe digestión microbiana. Comparando con el intestino delgado la absorción es muy limitada; sin embargo, moderadas cantidades de agua, sodio, vitaminas y algunos productos de la digestión microbiana son absorbidas a este nivel. Finalmente todo el material no digerido ni absorbido llega al recto y es eliminado a través del ano (Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú, INIA. 1995). La ingesta no demora más de dos horas en atravesar el estómago e intestino delgado, siendo en el ciego donde demora 48 horas.
- La absorción de ácidos grasos de cadenas cortas se realiza en el ciego y en el intestino grueso. La celulosa retarda los movimientos del contenido intestinal lo que permite una mejor absorción de nutrientes. El ciego en los cuyes contiene cadenas cortas de ácidos grasos (National Research Council, NRC, 1995) y la ingestión de celulosa en este organismo puede contribuir a cubrir los requerimientos de energía. El metabolismo del ciego es una función importante en la síntesis de los microorganismos, en la vitamina K y en la mayoría de las vitaminas del grupo B.

2. Actividad cecotrófica

El cuy es un animal que realiza cecotrofia, ya que produce dos tipos de heces, una rica en nitrógeno que es reutilizada (cecótrofo) y otra que es eliminada como heces duras. El cuy toma las heces y las ingiere nuevamente pasando al estómago e inicia un segundo ciclo de digestión que se realiza generalmente durante la noche. Este fenómeno constituye una de las características esenciales de la digestión del cuy. Las heces que ingiere el cuy actúan notablemente como suplemento alimenticio (Rico, E. 2003).

http://www.perucuy.com. (2009), señala que la actividad cecotrófica en cuyes está poco estudiada. Sin embargo en algunas evaluaciones realizadas con balanceados con niveles de proteína entre 13 y 25% no mostraron diferencias

en cuanto al crecimiento, esto puede deberse a la actividad cecotrófica. La ingestión de los cecótrofos permite aprovechar la proteína contenida en las células de las bacterias del ciego así como permite la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico que no se llegó a digerir.

Revollo, K. (2009), manifiesta que para evaluar la actividad cecotrófica medida a través de pruebas de digestibilidad se ha utilizado maíz chala (Zea mays), donde la digestibilidad de materia seca permitiendo la actividad cecotrófica es superior en 18% al compararla con la digestibilidad evitándola. Este efecto es menor cuando se evalúa un forraje de buena calidad como la alfalfa en la que la diferencia de digestibilidades evitando la actividad cecotrófica es menor (4,67%). Estas pruebas permiten estimar por diferencia la fracción de alimento que deja de ser aprovechada cuando se impide realizar la cecotrofía. La digestibilidad del afrecho de trigo al evaluar el efecto en la actividad cecotrófica se ve fuertemente afectada (29,07% menor), cuando se impide realizar dicha actividad.

3. Requerimientos nutricionales

Castro, H. (2002), define a los requerimientos nutricionales como la cantidad necesaria de nutrientes que deben estar presentes en la dieta alimenticia diaria de los animales para que puedan desarrollarse y reproducirse con normalidad.

Mejorando el nivel nutricional de los cuyes se puede intensificar su crianza de tal modo de aprovechar convenientemente su precocidad y prolificidad, así como su habilidad reproductiva. Los cuyes como productores de carne precisan del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada que no se logra si se suministra únicamente forraje, a pesar de la gran capacidad de consumo del cuy. Las condiciones de medio ambiente, estado fisiológico y genotipo influirán en los requerimientos. El conocimiento de las necesidades de nutrientes de los cuyes permite elaborar raciones balanceadas que cubran estos requerimientos (Revollo, K. 2009).

a. Agua

Chauca, L. (1997), indica que el agua está indudablemente entre los elementos más importantes que debe considerarse en la alimentación. Constituye el 60 al 70% del organismo animal. Son varios los factores a los que se adapta el animal que determinan el consumo de agua para compensar las pérdidas que se producen a través de la piel, los pulmones y las excreciones. La necesidad de agua de bebida está supeditada al tipo de alimentación que reciben. Cumple las funciones de transporte de nutrientes y desechos, procesos metabólicos, producción de leche y termorregulación.

- Si se suministra un forraje suculento en cantidades altas (más de 200 g), la necesidad de agua se cubre con la humedad de forraje.
- Si se suministra forraje restringido 30 g /animal /día, requiere 85 ml de agua, siendo su requerimiento diario de 105 ml/kg de peso vivo.
- Si se alimenta con forraje verde no es necesario dar agua.
- Si se combina con concentrado se debe dar de 100 a 150 g de forraje verde por animal para la ingestión mínima de agua de 80 a 120 ml.
- Si sólo se da concentrado al animal entonces se debe proporcionar de 8 a
 15 ml de agua por 100 g de peso vivo o 50 a 140 ml por animal por día. El agua debe ser limpia y libre de patógenos.

b. Proteína

La proteína es uno de los principales componentes de la mayoría de los tejidos del animal. Los tejidos para formarse requieren de un aporte proteico. Para el mantenimiento y formación se requiere proteínas. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo. También las proteínas fibrosas juegan papeles protectivos estructurales (por ejemplo pelo y cascos). Finalmente algunas proteínas tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne). La cantidad necesaria debe ser de 20% de proteínas, para todos los cuyes, de una mezcla bien balanceada. Sin embargo, se recomienda elevar este nivel 2% más para cuyes lactantes y 4% más para cuyes gestantes (Revollo, K. 2009).

Vergara, V. (2008), al citar a Milla (2004), quien al evaluar dietas en harina con aportes de 12, 15, 18 y 20% de proteína, y 2.8 Mcal. ED/Kg., encontró diferencias significativas en menor crecimiento, en los grupos de animales que recibieron las dietas con 12 y 15% de proteína (6.3, 6.8, 8.1, y 9.3 g/cuy/día, respectivamente). De igual manera señala que en evaluaciones recientes con dietas peletizadas de 15 y 18% de proteína con niveles de 2.8 y 3.0 Mcal de ED/Kg de alimento, encontraron mayores ganancias de peso en los animales que recibieron las dietas de 18% de proteína y 3.0 Mcal de ED/kg. El nivel de 15% fue insuficiente para promover una adecuada tasa de crecimiento, debido a un menor aporte de aminoácidos y su relación con la energía digestible.

c. Fibra

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 5 al 18%. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no sólo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo. La digestión de celulosa en el ciego puede contribuir a cubrir los requerimientos de energía. El suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta. Sin embargo, las raciones balanceadas recomendadas para cuyes deben contener un porcentaje no menor de 18% (Revollo, K. 2009).

El efecto del contenido de fibra del alimento sobre el rendimiento de carcasa y depósito de grasa de cobertura, han sido observado en diferentes estudios con dietas peletizadas, sin uso de forraje verde, entre ellos destaca la de Tenorio et al. (2008), citados por Vergara, V (2008), quienes encontraron mayor rendimiento de carcasa (de 69 a 71 %) y menor depósito de grasa de cobertura (de 5.4 a 2.8%), cuando se incrementó el nivel de fibra a 10% y redujo el nivel de energía digestible a 2.7 Mcal/Kg. en el alimento de acabado (De 64 a 84 días).

Indica además, que resultados similares se encontraron con alimento balanceado peletizado y uso de forraje verde. Los resultados obtenidos hasta el momento, permiten recomendar, niveles adecuados de fibra de 6% en el alimento de inicio (de 1 a 28 días), 8 % en el alimento de crecimiento (de 29 a 63 días), 10 % en el alimento de acabado (de 64 a 84 días), y de 12% en el alimento de reproductores.

d. Energía

Rico, E. (2003), reporta que la importancia de la energía radica en el hecho de que un 70 ó 90% de la dieta está constituido por sustancias que se convierten en precursores de la energía o en moléculas conservadoras de la energía; además del 10 al 30% del resto de la dieta, una parte suministra cofactores los cuales son auxiliares importantes en las transformaciones de la energía en el organismo. La energía se almacena en forma de grasa en el cuerpo del cuy una vez satisfechos los requerimientos, que dependen de: edad, estado fisiológico, actividad del animal, nivel de producción y temperatura ambiental. La energía es requerida dentro de la dieta como fuente de combustible para mantener las funciones vitales del cuerpo, mantenimiento, crecimiento y producción. Para el correcto aprovechamiento tanto de proteína así como la energía de los alimentos, tiene que existir una relación que en líneas generales debe ser de 93 calorías de energía neta por cada punto de proteína.

Trabajos de evaluación para encontrar los niveles adecuados de energía en el alimento de los cuyes fueron realizados por Airahuacho et al. (2007) citados por Vergara, V. (2008), en la Granja Cieneguilla, quienes utilizaron diferentes dietas peletizadas, con niveles de energía de 2.7 y 2.9 Mcal/Kg. de alimento. Los resultados muestran mejoras en la ganancia de peso y conversión de alimento con dietas de mayor contenido de energía digestible.

e. Grasa

El cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa o ácidos grasos no

saturados. Se afirma que con niveles de 3 a 5 % es suficiente para lograr un buen crecimiento así como para prevenir la dermatitis. Las grasas aportan al organismo ciertas vitaminas que se encuentran en ellas. Al mismo tiempo las grasas favorecen una buena asimilación de las proteínas. Las principales grasas que intervienen en la composición de la ración para cuyes son las de origen vegetal. Si están expuestas al aire libre o almacenadas por mucho tiempo se oxidan fácilmente dando un olor y sabor desagradables por lo que los cuyes rechazan su consumo (Chauca, L. 1997).

f. Minerales

Los elementos minerales se encuentran en el cuerpo del animal cumpliendo varias funciones: estructurales, fisiológicas, catalíticas, etc. La parte mineral de los alimentos o del cuerpo de los animales se designa también con el nombre de cenizas o materia inorgánica y se encuentra en forma de fosfatos, carbonatos, cloruros, nitratos, yoduros, o silicatos de sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre (Chauca, L 1997).

Urrego, E. (2009), los requerimientos nutritivos de los animales los expresa de acuerdo a la etapa fisiológica, los mismos que se reportan en el cuadro 1.

Cuadro 1. REQUERIMIENTO NUTRITIVO DE CUYES DE ACUERDO A LA ETAPA FISIOLÓGICA.

		Etapa		
Nutrientes	Unidad	Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18-22	12-17
Energía Digerible	(kcal/kg)	2 800	3 000	2 800
Fibra	(%)	8-17	8-17	10
Calcio	(%)	1,4	1,4	0,8-1,0
Fósforo	(%)	0,8	0,8	0,4 0,7
Magnesio	(%)	0,1-0,3	0,1 0,3	0,1 0,3
Potasio	(%)	0,5-1,4	0,5-1,4	0,5-1,4
Vitamina C	(mg)	200	200	200

Fuente: Urrego, E. (2009).

En el cuadro 2, se resumen los requerimientos nutritivos de los cuyes reportados en http://www.perucuy.com. (2009), a pesar que de acuerdo a diferentes investigadores, estas cantidades varían considerablemente.

Cuadro 2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY.

Nutrientes	Concentración en la dieta
Proteína,%	18.0
Energía Digestible, kcal/kg.	3000.0
Fibra,%	10.0
Acido graso insaturado, %	<1.0
Aminoácidos:	
Arginina, %	1.2
Histidina, %	0.35
Isoleucina, %	0.6
Leucina, %	1.08
Lisina, %	0.84
Metionina, %	0.6
Fenilalanina, %	1.08
Treonina, %	0.6
Triptófano, %	0.18
Valina, %	0.84
Minerales:	
Calcio,%	0.8 - 1.0
Fósforo,%	0.4 - 0.7
Magnesio,%	0.1 - 0.3
Potasio,%	0.5 - 1.4
Zinc, mg/kg	20.0
Manganeso, mg/kg	40.0
Cobre, mg/kg	6.0
Fierro, mg/kg	50.0
Yodo, mg/kg	1.0
Selenio, mg/kg	0.1
Cromo, mg/kg	0.6
Vitaminas:	
Vitamina A, UI/kg	1000.0
Vitamina D, UI/kg	7.0
Vitamina E, UI/kg	50.0
Vitamina K, mg/kg	5.0

Vitamina C, mg/kg	200.0
Tiamina, mg/kg	2.0
Riboflavina, mg/kg	3.0
Niacina, mg/kg	10.0
Piridoxina, mg/kg	3.0
Acido Pantoténico, mg/kg	20.0
Biotina, mg/kg	0.3
Acido Fólico, mg/kg	4.0
Vitamina B12, mg/kg	10.0
Colina g/kg	1.0

Fuente: http://www.perucuy.com. (2009).

C. ANÁLISIS DE LOS ALIMENTOS

Los datos de composición química de los alimentos se obtienen principalmente con base en el llamado:

- Análisis Proximal: principalmente en el caso de alimentos balanceados.
- Método de Van Socst: para el análisis de forrajes.

1. Análisis proximal

Church, D. et al (2000), indica que el análisis bromatológico del forraje y de las heces se realiza en el laboratorio, mediante el método de Weende, donde se determinan los principios inmediatos: proteína cruda (PC), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN). Esta fase consiste en determinar el análisis proximal para evaluar los parámetros de digestibilidad.

Mora, I. (2002), señala que el análisis proximal se efectúa con un mínimo de tres submuestras:

 A la primera, se le somete a calentamiento (100°C por varias horas con el objeto de determinar su humedad (su complemento, que es la materia seca, se calcula por diferencia). Posteriormente se incinera a 500-600°C para obtener, por diferencia, el contenido mineral (también denominado cenizas).

- Una segunda submuestra se somete al análisis de proteína cruda (PC, que no es más que una determinación del nitrógeno total liberado por un proceso de digestión química, multiplicado por el factor de 6.25 (valor que se obtiene al asumir que en promedio, 100 g de proteína contienen 16 g de nitrógeno).
- La tercera submuestra se somete a una extracción con un solvente orgánico que arrastra el llamado extracto etéreo (EE), o grasa cruda y que comprende los aceites, las grasas y otros materiales lipo solubles como los pigmentos. El material sobrante se expone a una digestión acida seguida de una alcalina, quedando como remanente la llamada fibra cruda (FC).

Al restar de 100 lo previamente determinado o sea humedad, materia mineral, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, se obtiene una diferencia a la que se denomina extracto libre de nitrógeno (ELN), y que abarca principalmente a los carbohidratos solubles (almidones, pectonas, etc.).

a. Limitantes del análisis proximal

Las limitantes del análisis proximal según Mora, I. (2002), son las siguientes:

- En la determinación de humedad también se pierden todas las substancias volátiles, como los ácidos orgánicos encontrados en los ensilajes, lo cual tiende a incrementar el valor del contenido de agua (o su equivalente que es reducir la materia seca estimada).
- La determinación de la materia mineral no es de tipo cualitativo, o sea que no permite identificar los diversos minerales. Tampoco es indicativa de la disponibilidad digestiva de tales minerales. Por ejemplo, la cascarilla de arroz contiene el 15% de materia mineral. El 85% de dichas cenizas se componen de sílice, que no sólo no es un nutriente necesario para el animal, sino que su presencia reduce la digestibilidad de otros nutrientes.

- El análisis de proteína cruda no identifica si se trata de nitrógeno proveniente de aminoácidos o de otro tipo de fuente (como urea). Por lo tanto, introducirá un error mayor en el valor de proteína verdadera, conforme aumente el porcentaje de nitrógeno no proteico. Además, no todas las proteínas (como las de la leche y del trigo) tienen 16 gramos de nitrógeno por cada gramo de proteína, por lo tanto el factor 6.25 debería ser modificado en cada caso, lo cual es poco práctico y difícil de hacer.
- El extracto etéreo, que es la estimación de los lípidos, será subestimado, por ejemplo, en los ensilajes, al perderse los ácidos grasos volátiles en la desecación de la muestra. Por otro lado, el valor de extracto etéreo también incluye ceras que tienen baja digestibilidad y poco valor para el animal.
- La determinación del parámetro de fibra cruda también subestima la fracción de poder celular, ya que la hemicelulosa, la celulosa y la lignina se destruyen parcialmente en las digestiones acida y alcalina. Además, no permite diferenciar las distintas fracciones de pared celular, por ejemplo, entre la celulosa, que es digestible para los rumiantes y la lignina, pero que no es aprovechable por los monogástricos.
- El extracto libre de nitrógeno, que se calcula por diferencia y que se supone indica el contenido de azúcares y almidones, va a contener el error presente en las estimaciones anteriores. También algunas substancias como las pectinas, que forman parte del extracto libre de nitrógeno, no son tan aprovechables por las especies monogástricas como son por los rumiantes.

2. Método de Van Socst

Mora, I. (2002), indica que el método de análisis de alimentos do Van Soest, se originó con el objetivo de buscar una mejor alternativa para determinar la fracción de fibra cruda en los forrajes utilizados para alimentación de rumiantes,

donde la cantidad y la calidad nutricional de la fibra es muy importante. Por lo tanto, los métodos de análisis se modifican dando origen a los siguientes procedimientos:

a. Fibra Neutro Detergente (FND)

Comprende la fracción que contiene los componentes de la pared celular. La determinación consiste en hervir con un detergente neutro a reflujo, la muestra de forraje (previamente secada a 60° C), obteniéndo se un residuo insoluble, compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Los valores obtenidos por este método son generalmente superiores a los obtenidos mediante el método de análisis de fibra cruda (Mora, I. 2002).

b. Fibra Acido Detergente (FAD)

En este procedimiento, la muestra de forraje es sometida a reflujo con una solución detergente en medio ácido, la cual disuelve lodo el contenido celular más la hemicelulosa. El residuo insoluble está compuesto principalmente por celulosa y lignina. Si restamos del porcentaje de FND el porcentaje de FAD, obtenemos por diferencia, el contenido de hemicelulosa de la muestra analizada (Mora, I. 2002).

c. Lignina Acido Detergente (LAD)

El contenido de lignina presente en el residuo de FAD, se obtiene mediante la oxidación de compuestos orgánicos con H₂SO₄. La lignina y el sílice son resistentes a esta oxidación. El contenido de sílice existente en el residuo se separa de la lignina por incineración. Si restamos del porcentaje de FAD el porcentaje de LAD, obtenemos por diferencia, el contenido de celulosa de la muestra analizada (Mora, I. 2002).

D. DIGESTIBILIDAD

1. Concepto e importancia

La digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de las raciones que consumen los animales domésticos, porque indica el grado en que los nutrientes de los ingredientes van a ser aprovechados directamente por el animal. Una buena digestibilidad de la dieta resultará en una mayor productividad por parte del animal. Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de los nutrientes, tales como las pruebas de digestibilidad *in vivo* (método de colección total o parcial), digestibilidad *in situ* y digestibilidad *in vitro*. Por otro lado, la evaluación del contenido y digestibilidad de las fracciones de fibra de los alimentos con alto contenido de fibra tienen como objetivo conocer la calidad de ellas; esta determinación consiste en romper las paredes celulares por medio de un tratamiento con una solución neutra de un detergente, la hemicelulosa se digiere en una solución ácida detergente, a continuación ésta se somete a un tratamiento con una solución fuertemente oxidante de H2SO4 que disuelve a la lignina (Shimada, M. 2005).

La digestibilidad es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. Las diferencias en digestibilidad pueden deberse a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias, a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos, fitatos), a la presencia de factores antifisiológicos o a las condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos. La digestibilidad proteica se puede determinar por varios métodos, entre ellos, la digestibilidad *in vivo*, ya sea aparente o verdadera, directa o indirecta, y la digestibilidad *in vitro* utilizando enzimas (Mora, I. 2002).

Case, L. et al. (1997), manifiesta que las regulaciones de la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) no permiten que los fabricantes de alimentos para animales incluyan datos de digestibilidad de carácter cuantitativo o comparativo en sus etiquetas. Esta información se puede obtener solamente a través de la comunicación directa con el fabricante. Los alimentos con una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca son los apropiados para los animales, debiendo rechazarse cualquier alimento cuya

digestibilidad sea inferior al 65%; sin embargo, la gran variabilidad en la calidad de la proteína presente en los alimentos comerciales hace que la determinación de su digestibilidad sea de gran importancia.

Siccardi, A, et al. (2009), señalan que muy pocos estudios se han ocupado de determinar la disponibilidad de la proteína y energía de ingredientes comúnmente utilizados en los alimentos balanceados, debido a que la medición directa del coeficiente de digestibilidad es complicada, además se requieren de coeficientes de proteína y energía digerible precisos para formular alimentos balanceados que cubran los requerimientos nutricionales, así como para permitir la substitución efectiva de ingredientes con base en su costo y para reducir la producción de desperdicios. El conocimiento de los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes también representa una medida adicional de garantía de calidad, ya que la digestibilidad de los ingredientes puede variar considerablemente dependiendo de factores tales como frescura y tratamiento previo. Utilizando los datos disponibles actualmente sobre digestibilidad de energía y proteína no seria posible la formulación de alimentos que causen la menor contaminación.

2. Métodos para medir la digestibilidad

La determinación de la digestibilidad puede establecerse in vivo e in vitro. La primera se comprueba mediante experiencias directas sobre los animales y en la segunda se establece en laboratorio tratando de reproducir las funciones del rumen. Estas técnicas reciben el nombre de "fermentación" o digestibilidad "in vitro" o técnicas del rumen artificial (Revollo, K. 2009).

a. Método in vivo

Mora, I. (2002), señala que la medición de la digestibilidad, en general consiste en proporcionar a un animal cantidades predeterminadas de un alimento de composición conocida, medir y analizar las heces. Los métodos más refinados implican la medición adicional de la orina, los gases e incluso el calor generado. Estos métodos, implican el empleo de animales, y por lo tanto

resultan costosos en cuanto a tiempo, mano de obra calificada y número de análisis químicos. Es por esto que se han desarrollado métodos químicos que son más rápidos, fáciles de llevar a cabo y más baratos, pero que tienen más posibilidades de error, por lo que no deben sustituir totalmente el empleo de animales vivos.

Lachmann, M. y Araujo, O. (1999), indican que el método de colección total de heces es el más confiable para medir la digestibilidad, ya que involucra directamente factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido. La colección total de heces incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido, las muestras del material ofrecido, al igual que las del rechazado, cuando se proporciona alimento ad libitum. Esta es normalmente representada por un coeficiente de digestibilidad, expresado en forma porcentual, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

b. Método in vitro

Mora, I. (2002), indica que los métodos químicos o in vitro, para determinación de digestibilidad, consisten en exponer los alimentos a la acción de enzimas digestivas como la pepsina y/o La tripsina, la celulasa, el líquido ruminal (que es una combinación de enzimas microsolubles), etc. e incubar las muestras durante cierto período y bajo condiciones controladas. La diferencia en peso de la muestra se considera entonces que se debe a la acción hidrolítica de las enzimas y, por lo tanto, se calcula como material digestible. De hecho, todas las sustancias que se disuelven en el medio acuoso empleado en estos métodos se consideran como disponibles para el animal.

http://www.whiskastastechallenge.co.uk. (2009), indica que se puede descubrir la cantidad de nutrientes presentes en cualquier alimento en particular a través del análisis químico, pero esto no nos da un cuadro claro del valor nutricional del alimento, ya que sólo los nutrientes absorbidos a través del sistema digestivo pueden ser utilizados por el animal. Una parte de los nutrientes ingeridos se perderá inevitablemente en las heces. La digestibilidad es una mejor forma de medición ya que revela la disponibilidad del contenido nutricional del alimento. Podemos calcular la digestibilidad midiendo la diferencia entre la cantidad de nutrientes en la ingesta de alimentos y la cantidad de nutrientes eliminados en las heces. Debido a que las heces no sólo están compuestas por material sin digerir, sin absorber, sino también por residuos celulares y material excretado en el tracto digestivo, la diferencia medida de esta manera entre la ingestión y el excremento es llamada "digestibilidad aparente". Para medir verdaderamente la digestibilidad de los alimentos, es necesario usar dietas de control, libres de nutrientes en estudio, con el fin de establecer el grado de excremento cuando la ingestión es igual a cero.

3. <u>Variabilidad de los valores de digestibilidad</u>

Mora, I. (2002), indica que la digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen, entre las que se anotan:

- La digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es elevada para todas las especies de animales de granja.
- Las fuentes proteicas de origen vegetal y las harinas de carne y pescado son también altamente digestibles para todas las especies, no así las harinas de sangre y de pluma.
- Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad. En general, a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares solubles, y se eleva el contenido de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que causa una disminución gradual

en la digestibilidad.

4. Factores que afectan la digestibilidad

Según Mora, I. (2002), entre los factores que afectan la digestibilidad de los alimentos se tienen los siguientes:

- La utilización de los alimentos puede ser manipulada mediante procesos como son el molido, el peletizado y el hojuelado, que en general aumentan la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal.
- La especie animal es el otro factor importante que hace variar la digestibilidad. En general, los cerdos y las aves digieren más eficientemente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico.
- Además de las diferencias entre especies, dentro de cada especie existen diversas etapas productivas que requieren de un manejo y una nutrición diferente. Por lo tanto, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, de un novillo joven a un toro viejo. Aunque existen diferencias entre individuos de una misma especie y entre etapas productivas, estas variaciones no se consideran de tanta importancia práctica como las que existen entre especies.

Por su parte Revollo, K. (2009), indica que los factores que afectan la digestibilidad son:

Propios del alimento:

- Composición química del alimento
- Nivel de consumo del alimento
- Deficiencias de los nutrientes.

Dependientes del animal:

- Tiempo para realizar la acción digestiva
- Trastornos digestivos

E. NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES (NDT)

Loomis, R y Coonor, D. (2002), reportan que la digestibilidad aparente de un alimento se determina como resultado de alimentar al animal con ese alimento, recogiendo la masa fecal producida a lo largo de un período de tiempo, y restándola de la masa del pienso suministrado como alimento. La diferencia es igual a los nutrientes digestibles totales (NDT), del alimento. La digestibilidad de elementos como el nitrógeno y de la energía puede evaluarse con el mismo muestreo. Se han realizado los suficientes ensayos con animales domésticos como para que los NDT se puedan calcular a partir del análisis proximal como la suma de la proteína, lípidos y fibra, ésta última ajustada según la capacidad digestiva del animal. Los NDT se han utilizado como la base para la formulación de las raciones de los animales, especialmente en Estados Unidos, donde se han desarrollado las tablas de valores de NDT para la mayoría de los alimentos, así como de las necesidades diarias de NDT para animales de diferentes tamaños y tipos. Los europeos han utilizado un enfoque equivalente en el cual el valor del alimento se expresa en relación con algún pienso testigo, como el almidón, la cebada o el heno.

Los cuyes responden eficientemente al suministro de alta energía, se logran mayores ganancias de peso con raciones con 70,8% que con 62,6% de NDT. A mayor nivel energético de la ración, la conversión alimenticia se mejora. Proporcionando a los cuyes raciones con 66% de nutrientes digestibles totales (NDT), pueden obtenerse conversiones alimenticias de 8,03 (Chauca, L. 1997).

El contenido de nutrientes digestibles totales (NDT), en las raciones balanceadas para cuyes varía entre 62 a70% (Rico, E. 2003).

1. Método para determinar los NDT

Church, D. et al (2000), manifiestan que la determinación de NDT es el cálculo aproximado de la energía liberada por un ingrediente dado y que responde al siguiente propuesto matemático.

NDT = Proteína Dig. + ELN Dig. + Fibra cruda Dig. + extracto etéreo Dig.

Mora, I. (2002), indica que el método consiste en tomar los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal, o sea la proteína cruda, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno (pero no la materia mineral por ser considerada como inorgánica) y multiplicarlos por su digestibilidad. El producto de la multiplicación del extracto etéreo por su digestibilidad se multiplica a la vez, por 2.25, pues se considera que las grasas en promedio liberan 2.25 veces más energía que las proteínas y que los carbohidratos. Los resultados parciales se suman y el total se divide entre 100 con el objeto de expresar el TND como porcentaje del ingrediente analizado, que es una medida aproximada de la digestibilidad del mismo, por lo que un valor mayor de TND, teóricamente indicará un mayor valor nutritivo para dicho alimento.

Desafortunadamente, el parámetro de TND se basa en el análisis proximal, que como se mencionó antes, es poco exacto. Además, en general, las cifras de digestibilidad que se emplean son tabuladas y dan por resultado un dato altamente cuestionable. Sin embargo, en la actualidad los valores energéticos de la mayoría de los ingredientes utilizados en alimentación animal todavía se expresan como TND.

F. ENERGÍA NUTRICIONAL

Loomis, R y Coonor, D. (2002), señalan que los NDT explican la digestibilidad

pero no la pérdida de energía durante la digestión, termorregulación y durante el metabolismo posterior.

El método tradicional para expresar el valor energético de un alimento es el que emplea calorías, tanto para denotar el contenido energético de un ingrediente que se expresa como kilocalorías por gramo (kcal/g), o como Mega calorías por kilogramo (Mcal/Kg), como para expresar los requerimientos por parte de los animales (Mora, I. 2002).

1. Energía Bruta (EB)

Mora, I. (2002), expresa que la Energía Bruta (EB), se define como la energía que desprende un alimento al ser quemado totalmente en una bomba calorimétrica. Es un parámetro "grueso" de estimación de emergía, que se obtiene en forma rápida en un laboratorio equipado con el mencionado aparato y sin necesidad de efectuar estudios con animales. Sin embargo, tiene la desventaja de que no indica la disponibilidad o aprovechamiento de la energía por parte del animal que la ingiere. En general, se estima que, en promedio, las proteínas, los carbohidratos y los lípidos liberan 5.8, 42 y 95 kcal/g, respectivamente, al ser oxidados en la bomba.

Loomis, R y Coonor, D. (2002), señala que el contenido de EB de un alimento es su calor de combustión (DH, normalmente alrededor de 17 MJ kg⁻¹). Las categorías energéticas adicionales definen el destino de la energía misma dentro de un animal.

De igual manera http://www.agrarias.unlz.edu.ar. (2009), indica que la energía bruta, es la energía combustible total de un producto alimenticio y no difiere mayormente de un alimento a otro, excepto los ricos en grasas. Por ejemplo, un kg de marlo de maíz contiene más o menos la misma EB que un kg de maíz desgranado. Por lo tanto, la EB contribuye poco a describir la energía útil de los alimentos para los animales en terminación.

2. Energía Digestible (ED)

Loomis, R y Coonor, D. (2002), reportan que la energía digestible (ED), por ejemplo, es el calor de combustión (DH) de los NDT y está cercana a los 18.4 MJ kg⁻¹ en la mayoría de los casos. Al igual que en NDT, la ED se calcula a partir de la composición, dejando un margen para el mayor contenido calorífico de los lípidos. En los rumiantes, se pierden proporciones significativas de la energía digerida en la orina, en forma de calor durante la fermentación y en productos gaseosos como el metano. En climas fríos, el calor de la digestión contribuye a mantener la temperatura corporal, sin embargo, en climas cálidos, los animales tienen que consumir energía adicional para refrescarse y por tanto, la eficiencia de producción es menor. La energía metabolizable (EM), es la energía que queda de la ED tras considerar la producción de gas y las pérdidas urinarias; la energía neta (EN) es la que resta después de detraer de la EM las pérdidas de calor.

Mora, I. (2002), sostiene que una vez que un alimento es consumido y sufre los procesos de degradación gastrointestinal, se elimina el residuo en las heces. Si al valor de EB se le resta la energía contenida en las heces, se obtiene el valor de energía digestible (ED), que es un mejor indicador de la energía disponible para el animal. Se puede considerar que la ED y el TND de un alimento son equivalentes. La inter conversión de ED a TND se hace considerando 44 Kcal de ED por gramo de TND.

Según http://www.agrarias.unlz.edu.ar. (2009), la ED de un alimento es la porción de la EB que no se excreta con las heces; y según Church, D. et al (2000), se determina a partir de NDT obtenidos por digestibilidad y aplicados en la siguiente ecuación:

 $ED (Mcal/kg) = NDT (\%) \times 0.04409.$

3. Energía Metabolizable (EM)

La Energía metabolizable (EM) es la porción de la EB que no se pierde con las heces, la orina ni los gases. Aunque la EM refleja con más exactitud la energía útil que contiene un alimento, no tiene en cuenta la energía que se pierde como

calor (http://www.agrarias.unlz.edu.ar. 2009).

Church, D. et al (2000), indican que la EM responde a la eficiencia de la energía digestible y se la obtiene mediante la ecuación:

 $EM = 1.01 \times ED (Mcal/kg) - 0.45.$

De acuerdo a Mora, I. (2002), una parte de la energía digerida y absorbida en el tubo gastrointestinal, no es aprovechada y se elimina por la orina en forma de compuestos nitrogenados. Para obtener el valor de la EM, se resta la energía de la orina al valor de energía digestible calculado anteriormente. Por lo tanto:

EM = ED - Energía urinaria

Además, también se elimina energía a través de gases como el metano, expulsado por los rumiantes por medio del eructo. Obviamente, en el caso de las aves, al ser expulsadas heces y orina en forma conjunta, se hace el cálculo directo de la EM, efectuando solamente una resta:

EM = EB - Energía de deyecciones.

Además señala que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La energía perdida en forma de gases es de importancia solamente en el caso de los rumiantes. Sin embargo su cuantificación es difícil, y en general se estima como el 8% de la energía bruta consumida por el animal.
- Se ha observado que para los rumiantes, el valor de energía metabolizable representa alrededor del 82% del valor de la energía digestible, por lo que en ocasiones se puede estimar la EM tan sólo con multiplicar ED x 0.82.
- Con los cerdos y aves la relación es más variable, pero gira alrededor del 92%, o sea que ED x 0.92 = EM.

4. Energía Neta (EN)

Mora, I. (2002), indica que el metabolismo o utilización de la energía contenida en un alimento causa un incremento calórico el cual es desaprovechado por el animal. La resta de este valor del dato de EM, nos representa la energía neta (EN).

Loomis, R y Coonor, D. (2002), sostienen que la EN es una medida del rendimiento de un alimento en la energía residual que puede ser utilizada en el mantenimiento, el crecimiento o la lactación. La primera necesidad es una cantidad de energía del alimento suficiente para mantener al animal sin cambios en su masa corporal. La EN satisface el metabolismo basal del animal (consumo energético en ayuno y reposo), y el trabajo voluntario para permanecer de pie o comer. El metabolismo basal de los animales de sangre caliente es más o menos proporcional a la relación superficie/volumen y al gradiente de temperatura. Cuando el suministro de energía neta supera el nivel de mantenimiento, la EN adicional favorecerá el crecimiento o la lactación. El crecimiento se mide como el incremento de masa viva, incluyendo, por ejemplo, el incremento de lana producida por las ovejas. Los cálculos de EN_C, (crecimiento), y de EN_L (lactación) que produce un alimento tienen en cuenta el metabolismo necesario para la producción.

De igual manera en http://www.agrarias.unlz.edu.ar. (2009), señala que la EN es la fracción energética de un alimento que queda al deducir de la EB las pérdidas fecales, urinarias, gaseosas y calóricas. Por su mayor precisión, la energía neta se utiliza cada vez más en las fórmulas de las raciones, aunque cuesta más determinarla. En la actualidad se utilizan dos sistemas para evaluar la energía neta. Además, al citar a Lofgreen y Garrett, indica que estos investigadores desarrollaron un sistema en el cual se enumeran los requerimientos de energía neta de acuerdo con las funciones fisiológicas: por ejemplo, energía neta para mantenimiento (ENm), y energía neta para ganancia de peso (ENg).

a. Energía Neta de mantenimiento

Es la más importante en función de los alimentos, ya que debe satisfacer las necesidades de mantenimiento. Siendo la cantidad necesaria para mantener en situación de equilibrio energético a un individuo adulto no gestante, ni lactante es decir improductivo (http://www.agrarias.unlz.edu.ar. 2009).

b. Energía Neta de ganancia de peso

Es la energía que se destina a la reproducción, lactancia, crecimiento y terminación, después que se han cubierto las necesidades energéticas de mantenimiento (http://www.agrarias.unlz.edu.ar. 2009).

G. VALORACIÓN DE NECESIDADES NUTRITIVAS DE LOS ANIMALES

Todos los animales necesitan el suministro continuo de nutrientes para sintetizar sus propios principios inmediatos y obtener energía. Las necesidades animales se agrupan en dos tipos bien diferenciados, los que se deben cubrir mediante la alimentación (http://www.agrarias.unlz.edu.ar. 2009).

1. Necesidades de mantenimiento o conservación

http://www.agrarias.unlz.edu.ar. Según (2009),las necesidades de mantenimiento o conservación, corresponden a aquellas indispensables para conservar la vida y sus actividades vitales sin modificar su situación fisiológica o su peso vivo. Se incluyen aquí actividades tales como los movimientos respiratorios y cardíaco, el mantenimiento de la homeostasis corporal, la regeneración celular, etc., que son vitales y prioritarias, pero no suponen ninguna producción para el ganadero. Los requerimientos de mantenimiento podrían definirse como la combinación de principios nutritivos que el animal necesita para mantener su cuerpo en funcionamiento sin ningún aumento ni disminución de su peso corporal y sin realizar ninguna actividad productiva. Por lo tanto la energía es la principal necesidad nutritiva para mantenimiento. Los factores que afectan los requerimientos de mantenimiento son:

- El ejercicio - Salud - Variación individual

- Clima - Tamaño corporal - Nivel de producción

- Stress - Temperamento - Lactación

2. <u>Necesidades para crecimiento o producción</u>

http://www.agrarias.unlz.edu.ar. (2009), señala que las necesidades para crecimiento o producción, son las destinadas a aumentar el crecimiento y desarrollo corporal, gestación, producción de leche, a la producción y puesta de huevos, crecimiento de la lana o la prestación de un trabajo. Todas ellas suponen un cambio en las condiciones iniciales del ganado y representan la producción animal deseada. Son los requerimientos nutricionales necesarios para que se produzca un aumento de tamaño de los huesos, músculos, órganos internos y otras partes de organismo. El crecimiento es la base de la producción animal. Para juzgar si la cantidad de principios nutritivos ingeridos es la apropiada se emplean como patrones las curvas de crecimiento. Desde el punto de vista económico, el crecimiento tiene importancia ya que el aumento de peso a edad más temprana resulta obviamente más barato. Esto sucede porque en general los animales jóvenes:

- Consumen más alimento en relación a su tamaño.
- Utilizan una menor proporción de alimento con fines de mantenimiento; y,
- Forman más tejido muscular, que tiene un valor calórico más bajo que la grasa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo investigativo se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, situada en la Panamericana Sur Km. 1.5 de la ciudad de Riobamba, Provincia del Chimborazo a 2780 m.s.n.m., 78°38" Longitud W y 01°38" de latitud Sur. Las condiciones meteorológicas se resumen en el cuadro 3.

El experimento tuvo una duración de 120 días, distribuidos en dos fases: La primera fase de 90 días se aplicó los tratamientos y la segunda fase de 30 días se realizó los análisis en el laboratorio.

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLOGICAS DE LA ESPOCH.

Parámetros	Valores promedios
Temperatura, ^o C	13.36
Humedad Relativa, %	64.00
Precipitación, mm	490.8
Heliofanía, horas luz	162.93

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales (2008).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

La presente investigación contó con 36 muestras de heces obtenida de 6 cuyes machos adultos criollos que tuvieron entre 900 y 1100 gramos de peso vivo, los mismos que fueron colocados en jaulas metabólicas de exclusión para la realización de pruebas de digestibilidad, que se les alimento con balanceado que contenía diferentes contenidos de proteína bruta (PC) y Energía Digestible (ED); siendo cada una de las muestras de heces una unidad experimental.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Los equipos, materiales e instalaciones que se emplearon fueron los siguientes:

1. Materiales

- 6 jaulas metabólicas
- 6 cuyes machos criollos entre 900 y 1100 g de peso vivo
- 6 aretes metálicos
- 36 muestras de heces
- Dietas experimentales (balanceados con diferentes niveles de proteína y energía)
- Fundas plásticas
- Envases plásticos
- Balanza
- Equipo de limpieza
- Equipo sanitario
- Materiales de escritorio

2. Equipos

- Balanza analítica
- Equipos para la determinación de fibra bruta. extracto etéreo
- Equipo para determinar la humedad inicial e higroscópica
- Equipo para determinar la proteína
- Estufas

3. Instalaciones

- Área de Digestibilidad in vivo adecuada con jaulas metabólicas para suministro de alimento, recolección de heces y demás implementos para este tipo de pruebas.
- Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de los alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, para el trabajo de laboratorio en donde se realizaron los respectivos análisis químicos de los

diferentes alimentos para cuyes.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluó seis tipos de balanceados con diferentes contenidos de Proteína y Energía (12% - 2600 kcal ED; 12 % - 2800 kcal ED; 15 % - 3000 kcal ED; 18 % - 2600 kcal ED; 18 % - 2800 kcal ED; y, 18 % - 3000 kcal ED), que se suministraron a cuyes machos que tenían entre 900 y 1100 g, para establecer los nutrientes digestibles parciales y totales, así como la valoración energética (Energía Digestible) de estos alimentos, mediante la metodología in vivo, por lo que se contó con seis tratamientos experimentales y seis repeticiones cada uno (Cuadro 4). Las unidades experimentales para su análisis se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar y que se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ii} = \mu + T_i + \varepsilon_{ii}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Media general

T_i = Efecto del tipo Balanceado

 C_{ij} = Efecto del error experimental

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

Tipo de balanceado	Código	Nº repet.	T.U.E.	Nº observ/tratam.
12% Prot - 2600 kcal ED	12-2600	6	1	6
12% Prot - 2800 kcal ED	12-2800	6	1	6
15% Prot - 3000 kcal ED	15-3000	6	1	6
18% Prot - 2600 kcal ED	18-2600	6	1	6
18% Prot - 2800 kcal ED	18-2800	6	1	6
18% Prot - 3000 kcal ED	18-2800	6	1	6
Total de muestras de hece	36			

T.U.E.: Tamaño de la Unidad Experimental, 1 muestra de heces.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las mediciones experimentales que se consideraron en la presente investigación fueron las siguientes:

Análisis bromatológico de las dietas en base seca:

- Contenido de materia seca, %
- Contenido de proteína, %
- Contenido de fibra, %
- Contenido de extracto etéreo, %
- Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), %
- Contenido de cenizas, %
- Contenido de materia orgánica, %

Coeficientes de Digestibilidad de la:

- Materia seca, %
- Materia orgánica, %
- Proteína cruda, %
- Fibra cruda, %
- Extracto etéreo, %
- Extracto libre de nitrógeno (ELN), %

Nutrientes digestibles, g/ Kg MS

- Materia seca, %
- Materia orgánica, %
- Proteína, %
- Fibra, %
- Extracto etéreo, %
- Extracto libre de nitrógeno (ELN), %
- Nutrientes Digeribles Totales (NDT), %
- Energía Digestible, kcal/ka

Estimación de los NDT en función del aporte de proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (ELN), %

Estimación de la Energía Digestible (ED) en función del aporte de proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (ELN), %

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SEPARACIÓN DE MEDIAS

Los resultados obtenidos de los Coeficientes de Digestibilidad y de los nutrientes digestibles fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza para las diferencias (cuadro 5).
- Separación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan a los niveles de significancia P < 0.05 y P < 0.01.

El valor estimado de los NDT y la Energía Digestible se calculó mediante el análisis de la regresión múltiple, considerándose como factores intervinientes la proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (ELN) y que responden al siguiente modelo matemático:

$$NDT = a b_0 (PC) + b_1 (FC) + b_2 (EE) + b_3 (ELN)$$

Donde:

a: Intercepto o constante

b₀, b₁, b₂ y b₃: son los coeficientes de regresión asociados a las variables intervinientes.

Cuadro 5. ES QUEMA DEL ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Entre tipos de balanceados	5
Error experimental	30

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. De campo

a. Etapa de adaptación

- Los cuyes fueron colocados en jaulas metabólicas individuales.
- Se adaptó a los cuyes por 10 días a las jaulas metabólicas a la vez también se realizó una etapa de adaptación a la dieta base en este caso la alfalfa.
- Se les proporcionó la alfalfa (dieta base), para mantenimiento en una cantidad total de 30 g materia seca/día/kg de peso metabólico, esta dieta se suministraba en dos entregas: a las 07h00 y a las 16h00, durante los 7 días de experimentación, ya que hay que dar de comer solamente lo necesario, debido a que con otros niveles de consumo de alimento, la digestibilidad sufre una depresión de la materia orgánica y en general de NDT y Energía digestible con un valor aproximado de 3 unidades por cada incremento creciente sobre el consumo de mantenimiento.
- Se recogió las heces de los cuyes durante 7 días a las 16h00, al mismo tiempo que se realizó el pesaje de las heces y del alimento sobrante.
- Luego se ejecuto una fase de descanso de 10 días suministrando alfalfa.

b. Suministro del balanceado experimental

- Se empezó a suministrar la dieta por diferencia, que consistió en alfalfa como dieta base más el balanceado, en una relación de 30% de balanceado y 70 % de alfalfa, proporcionados en dos entregas diarias, en hora y ración exacta a las 07h00 y 16h00.
- También las heces recogidas y los desperdicios tanto de la alfalfa como del balanceado se peso durante los 7 días que duro la experimentación.
- Se estableció un periodo de descanso y limpieza gastrointestinal de la dieta anterior y se dio una adaptación de 7 días entre tratamientos y 7 días de recolección de heces.
- Las heces de los cuyes se recolectaron en fundas plásticas que fueron llevadas al laboratorio para ser pesadas, identificadas, congeladas y posteriormente analizadas.

2. Procedimiento de laboratorio

En el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, se pesó las heces de cada animal diariamente, las cuales fueron divididas en pesos iguales para la determinación de la materia seca.

A continuación se realizó el análisis proximal por el método de Weende tanto de las heces como de los alimentos en este caso los balanceados con diferentes niveles de proteína y energía, donde se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. <u>Determinación del contenido de humedad en TCO</u>

Se secó las heces en la estufa a una temperatura de 60 a 65 °C hasta obtener un peso constante, el secado tuvo una duración de 24 horas. Esta muestra posteriormente se llevo a moler.

2. <u>Determinación de la humedad higroscópica</u>

Se determino la humedad higroscópica de las muestras en la estufa a 105 °C por un tiempo de 12 horas

3. Determinación del contenido cenizas

Se llevo a cabo por medio de incineración seca que consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura 600 ° C, con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma CO₂, H₂O, NH₄, y la sustancia inorgánica (sales minerales), se quedó en forma de residuos. La incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

4. <u>Determinación del contenido proteína bruta</u>

Para la determinación del contenido de proteína se realizó tres procesos que son: Digestión, destilación y titulación. La muestra fue sometida a calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, oxido de selenio y sulfato de sodio: En este proceso los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y H₂O, la proteína se descompone con la formación de amoniaco, el cual intervino en la reacción con al ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio, la titilación se lleva a cabo con HCL al 0.1 normal.

5. <u>Determinación del contenido de fibra bruta</u>

Consistió en la separación de la ceniza, proteína grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logró mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y alcalosis, agua caliente y cetona. La acción del acido sulfúrico que consiste en hidrolizar los carbohidratos insolubles (almidones y parte de la hemicelulosa), la alcalosis transforma en estado soluble a las sustancias albuminosas, la cetona extrae las resinas, residuos de grasa y elimina el agua. Después de este proceso el residuo que queda es la fibra bruta.

6. <u>Determinación del contenido de extracto etéreo</u>

Consistió en la extracción de la grasa de la muestra problema por la acción del éter y determinar así el extracto etéreo; el solvente orgánico que se evaporó constantemente igual su condensación, al pasar a través de la muestra extrae materiales solubles. El extracto se recogió en un beaker y cuando el proceso se completo el éter se destiló y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que se queda en el beaker se secó y se pesó.

7. <u>Determinación del contenido del extracto libre de nitrógeno</u> (ELN)

Para la determinación del ELN se realizó mediante datos encontrados en los análisis proximales y se aplicó el siguiente modelo matemático:

Donde:

PB = proteína bruta

FB = fibra bruta

EE = extracto etéreo

C = cenizas.

8. Determinación de los coeficientes digestibles

Para la obtención de los coeficientes de digestibilidad se aplicó para cada nutriente la siguiente fórmula por ejemplo para la ELNC:

Donde:

CDELN: Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno

9. <u>Determinación de los nutrientes digestibles parciales</u>

Para la obtención de los Nutrientes Digestible se aplicó para cada nutriente la siguiente fórmula; por ejemplo para la MOD:

10. Determinación de los nutrientes digeribles totales

Se partió del cálculo de los principios nutritivos digestibles parciales (PC, EE, FC y ELN) y se aplicó el siguiente propuesto matemático:

$$NDT = PCD + (EED \times 2.25) + FCD + ELND$$

Donde:

NDT: Nutrientes Digestibles Totales

PCD: Proteína Bruta Digestibles

EED: Extracto Etéreo Digestibles

FCD: Fibra Cruda Digestibles

ELND: Extracto Libre de Nitrógeno Digestibles

11. <u>Determinación de la energía digestible</u>

Para determinar la energía digestible se partió de la energía bruta del alimento la misma que se calcula en base a la siguiente ecuación:

EB (kcal /kg ms) =
$$[(5.77*PC) + (8.74*EE) + (5*FC) + (4.06*ELN)]$$

Donde:

EB: Energía Bruta

PC: Proteína Bruta

EE: Extracto Etéreo

FC: Fibra Cruda

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

Considerando que los parámetros de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno debe reportarse en g/kg MS. Entonces la ED, se calculó a través de la siguiente fórmula:

Donde:

ED: Energía Digestible

EB: Energía Bruta

NDT: Nutrientes Digestibles Totales

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE BALANCEADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA CRUDA Y ENERGÍA DIGESTIBLE

Los resultados encontrados de la composición bromatológica determinados mediante el análisis de Weende de los balanceados experimentales que contienen diferentes niveles de proteína y energía se reportan en el cuadro 6, los mismos que responden a la evaluación de una muestra, ya que cada uno de ellos se elaboró en una sola oportunidad, por lo que estos resultados son únicamente descriptivos sin existir variaciones dentro de cada grupo, pero cuyos resultados son la base para determinar en lo posterior el efecto que demuestren los animales para establecer los coeficientes de digestibilidad, los nutrientes digeribles y su aporte energético, por lo que a continuación se realiza una breve descripción de su composición nutricional.

1. Materia seca (MS)

Los contenidos de materia seca de los balanceados presentaron valores entre 91.45 y 96.31 %, que corresponde a los que se formularon con 18 % de proteína con 2800 kcal/kg (18-2800) y con 18 % de proteína pero con 2600 kcal/kg (18-2600), que son los casos extremos, por lo que su desviación estándar entre los resultados es de ± 1.64; estableciendo por tanto que los resultados obtenidos del balanceado en materia seca se ajusta a las características posiblemente de los ingredientes utilizados en su formulación a pesar de tener como base similares materias primas pero en diferentes proporciones para ajustar los aportes de los nutrientes considerados como son principalmente la proteína y su energía, pero que en todo caso guardan relación con diferentes reportes de balanceados comerciales que indican que para que se mantengan estables y puedan ser almacenados por un tiempo considerable su materia seca no debe ser inferior al 90 %, como lo señala PRONACA (2007), y http://www.bioalimentar.com. (2007), entre otros.

2. Proteína cruda (PC)

Las respuestas del análisis del contenido de proteína de los balanceados determinados a través de las pruebas de laboratorio confirman los resultados del análisis calculado al realizar sus formulaciones, a pesar de que existen pequeñas variaciones al comparar las respuestas entre calculado y determinado, cuyas diferencias están entre 0.19 y 0.99 puntos de proteína, por encima de los valores calculados, es decir, que los balanceados que contenían aportes calculados de proteína (%), y ED (kcal/kg), de 12-2600; 12-2800; 15-3000; 18-2600; 18-2800; y 18-3000, presentaron contenidos de proteína determinados de 12.32, 12.19, 15.37, 18.37, 18.99 y 17.77 % de proteína, respectivamente, diferencias que se pueden apreciar al observar el gráfico 1; además es necesario considerar que los valores propuestos de proteína en los balanceados a suministrarse a los cuyes cubren los requerimientos teóricos de los cuyes, ya que Vergara, V. (2008), al citar a Milla (2004), quien al evaluar dietas en harina con aportes de 12, 15, 18 y 20% de proteína, y 2.8 Mcal. ED/Kg, los cuyes se desarrollaron normalmente, aunque encontró diferencias significativas con menores crecimientos, en los grupos de animales que recibieron las dietas con 12 y 15% de proteína, por lo que en el mismo sentido Rico, E. (2003), señala que los requerimientos de proteína varían de acuerdo a la etapa fisiológica, así, para crecimiento es entre 12 y 17 %, para gestación 18 % y para lactancia de 18 a 22 %, considerándose por tanto que con los niveles propuestos se cubren los requerimientos de los cuyes que estuvieron entre 900 y 1100 g de peso vivo, es decir de aquellos que van a iniciar su vida reproductiva.

3. Fibra cruda (FC)

Los aportes de fibra bruta de los balanceados, fluctuaron entre 5.49 y 7.85 % en los balanceados que contenían las relaciones 18-2600 y 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), respectivamente, que son los casos extremos (gráfico 2), por lo que se determinó un contenido medio de 6.66 % con una desviación estándar de + 0.74 unidades, notándose que los valores

determinados se encuentran entre los valores indicados por Revollo, K. (2009), quien reporta que los porcentajes de

fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 5 al 18%, teniendo este componente importancia en la composición de las raciones no sólo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo, aunque el suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta.

4. Extracto etéreo (EE)

Con relación a los aportes de extracto etéreo los valores determinados fueron entre 3.38 % en el balanceado con niveles de proteína y ED de 12-2800 a 6.75 % en la que contenía 18-3000, encontrándose una desviación estándar de + 1.10, entra las respuestas de los diferentes balanceados evaluados, indicándose que estas variaciones pudieron deberse a las diferentes proporciones de las materias primas empleadas para ajustar los requerimientos de proteína y energía, pero que se encuentran dentro de los límites permitidos para cubrir los requerimientos de los cuyes en cuanto a este nutriente, ya que en http://www.engormix.com. (2007), se reporta que los concentrados para cuyes en engorde deben contener entre 3 y 6 % de grasa; en el mismo sentido Chauca, L. (1997), señaló que con niveles de 3 a 5 % es suficiente para lograr un buen crecimiento en los animales, indicando adicionalmente que la presencia de las grasas en al alimento favorecen la asimilación de las proteínas, aunque es necesario cuidar que alimentos que contienen una mayor cantidad de este nutriente, a pesar de que no se afecta el comportamiento de los animales, debe tenerse cuidado del alimento ya que cuando está expuesto al aire libre o almacenado por mucho tiempo se oxida fácilmente, dando un olor y sabor desagradables por lo que los cuyes en este caso rechazan su consumo.

5. Extracto libre de nitrógeno (ELN)

Los contenidos de ELN determinados en los balanceados evaluados variaron

entre 55.58 y 71.82 %, que son los casos extremos y que corresponden a los balanceados que se formularon con las relaciones de 18-3000 y 12-2800 de proteína (%) y ED (kcal/kg), en su orden (gráfico 3), encontrándose una desviación estándar de + 5.14 % entre las diferentes respuestas encontradas, pudiendo señalarse que las diferentes proporciones del ELN dependen mucho de los ingredientes empleados en su formulación, así como de la metodología de evaluación, por cuanto Mora, I. (2002), señala que la cantidad del extracto libre de nitrógeno, que se calcula por diferencia y que se supone indica el contenido de azúcares y almidones, va a contener el error presente en las estimaciones anteriores, pero que en todo caso cubren los requerimientos de esta especie, por cuanto en http://www.engormix.com. (2007), se indica que el concentrado para cuyes en la etapa de engorde debe contener entre 50 y 60 % de ELN.

6. Cenizas

En el caso del contenido de cenizas en los diferentes balanceados evaluados, las diferencias encontradas de los minerales son notorias, por cuanto los valores determinados fueron de 13.56 y 13.58 % en los balanceados que contenían 12-2600 y 18-2800 de proteína (%) y ED (kcal/kg), en su orden, 9.05 y 9.46 % en los que se ajustaron a 15-3000 y 18-3000 de proteína y ED, en cambio menores cantidades (6.22 y 6.48 %) se establecieron en los concentrados con 12-2800 y 18-2600 proteína y ED, respectivamente, por lo que estas respuestas permiten indicar que las diferencias del aporte de cenizas se deban principalmente a los ingredientes utilizados en su formulación, así como también a las limitantes del análisis proximal, que según Mora, I. (2002), la determinación de la materia mineral no es indicativa de la disponibilidad digestiva de tales minerales, pero que su presencia puede reducir la digestibilidad de otros nutrientes.

7. Materia orgánica (MO)

La cantidad de materia orgánica por ser inversamente proporcional al contenido

de cenizas, se determinó que en los balanceados que contenían 12-2600 y 18-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), y que presentaron las mayores cantidades de cenizas, registren los menores contenidos de materia orgánica (86.44 y 86.42

%, respectivamente), en tanto que en los concentrados con 12-2800 y 18-2600 proteína y ED, se establecieron los mayores aportes de materia orgánica con valores de 93.78 y 93.52 %, respectivamente (gráfico 4), encontrándose una desviación estándar de ± 3.01 %, diferencias que pueden deberse a la calidad de los ingredientes empleados ya que se utilizaron en diferentes proporciones para ajustar los aportes proteicos y energéticos de las dietas, aunque las cantidades encontradas se consideran que son adecuadas para el suministro a los cuyes, ya que en http://www.engormix.com (2007), se indica que el concentrado para cuyes en las diferentes etapas fisiológicas no debe contener menos del 85 % de materia seca.

Los resultados encontrados del análisis bromatológico a pesar de las diferencias encontradas, presentan ser aptos para el suministro de los animales, con los cuales se espera cubrir los requerimientos nutritivos y a través de las pruebas de digestibilidad determinar cual de los niveles de proteína y energía digestible contenidos en el balanceado son los aptos para obtener la mayor productividad en la explotación de los cuyes.

B. EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES DE BALANCEADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA DIGESTIBLE UTILIZADOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES.

Partiendo de lo que se señala en http://www.agrarias.unlz.edu.ar. (2009), donde se indica que para cuantificar la pérdida asociada al proceso digestivo se emplea el concepto de nutriente digestible, que se calcula como diferencia entre nutriente ingerido por el animal y nutriente excretado en las heces durante un período determinado de alimentación, y se expresa normalmente en porcentaje (Coeficiente de digestibilidad, CD), los resultados obtenidos del suministro a cuyes de balanceado con diferentes niveles de proteína y energía se reportan en el cuadro 7, los mismos que se analizan a continuación.

1. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS)

Los CDMS de los diferentes balanceados presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), entre las medias determinadas, determinándose a través de los cuyes que el balanceado con 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg) presente el mayor coeficiente de aprovechamiento de la materia seca proporcionada (85.31 %), seguidas del balanceado con 18-2800, con el 80.93 %, en tanto que con los niveles 12-2600 y 18-2600, la digestibilidad de la materia seca se redujo a 70.20 y 69.58 %, respectivamente, notándose por tanto, que niveles energéticos altos favorecen el aprovechamiento de la materia seca, por cuanto Shimada, M. (2005), señala que la digestibilidad aparente de la materia seca representa una buena estimación del grado en que un ingrediente es digerido y absorbido por el tracto digestivo, ya que balanceados con altos contenidos proteicos y energéticos presentan una mayor eficiencia que cuando se emplean balanceados con un bajo aporte calórico, comportamiento que se confirma con lo enunciado por Vergara, V. (2008), quien al citar a Milla (2004), señala que al emplear dietas en harina con aportes de 12, 15, 18 y 20 % de proteína, y entre 2.8 y 3.0 Mcal. ED/Kg en la alimentación de cuyes encontró diferencias significativas, con un menor crecimiento en los grupos de animales que recibieron las dietas con 12 y 15% de proteína y las mejores respuestas con 18% de proteína con niveles de 2.8 y 3.0 Mcal de ED/Kg de alimento, considerando adicionalmente que el nivel 15% fue insuficiente para promover una adecuada tasa de crecimiento, debido a un menor aporte de aminoácidos y su relación con la energía digestible.

2. Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO)

Los valores medios determinados de la digestibilidad de la materia orgánica de los diferentes balanceados evaluados, presentan diferencias altamente significativas (P<0.01), entre estas, encontrándose la mejor respuesta en el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), ya que se estableció un CDMO de 82.05 %, a diferencia del alimento con 12-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), cuyo aprovechamiento por los cuyes fue menor, por cuanto su

CDMO fue de 67.76 % (gráfico 5), lo que demuestra que los animales que reciben dietas con niveles proteicos y energéticos altos presentan un mejor desarrollo debido a que aprovechan de mejor manera los nutrientes que se les ofrece en la alimentación, lo que puede deberse a lo que señala Revollo, K. (2009), en que las proteínas contienen enzimas, hormonas y anticuerpos como estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo, lo que al parecer favorece la asimilación de la materia orgánica de los alimentos suministrados a los cuyes, por cuanto este autor recomienda que la cantidad de proteína necesaria en la dieta de los cuyes debe contener 20% de proteínas, además es necesario también señalar lo que reporta Rico, E. (2003), en que la importancia de la energía radica en el hecho de que un 70 ó 90% de la dieta está constituido por sustancias que se convierten en precursores de la energía o en moléculas conservadoras de la energía; los cuales son auxiliares importantes en las transformaciones de la energía en el organismo, favoreciendo el metabolismo de los alimentos, como se demuestra al emplearse el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), respectivamente.

3. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC)

En cuanto al CDPC, se determinó diferencias altamente significativas (P<0.01) entre las medias encontradas por efecto de la utilización de balanceados con diferentes niveles proteicos y energéticos, registrándose la mayor respuesta con el alimento con 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), ya que a través de los cuyes se determinó un CDPC de 79.84 %, seguidos de los valores establecidos al utilizar el balanceado con 12-2600 y 18-2800 con CDPC de 76.72 y 76.00 %, en su orden, en cambio que al emplearse el alimento con 12-2800 el CDPC fue de 57.26 % (gráfico 6), respuestas que pueden deberse a lo que señala Rico, E. (2003), quien reporta que la energía es requerida dentro de la dieta como fuente de combustible para mantener las funciones vitales del cuerpo, mantenimiento, crecimiento y producción, así como para el correcto aprovechamiento de la proteína, por lo que posiblemente las mejores respuestas mostraron los cuyes que recibieron el balanceado 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), ya que presentaron los mayores coeficientes de

digestibilidad.

4. Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda (CDFC)

Las medias de los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda (CDFC), de los diferentes balanceados evaluados, presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), por cuanto los cuyes aprovecharon de mejor manera la fibra contenida en el alimento con 12-2600, ya que se determinó un CDFC de 73.54 %, a diferencia de los balanceados que contenían altos niveles proteicos (18 %), presentaron valores inferiores de CDFC, de entre los cuales el que contenía 18-2600, presentó el menor índice de CDFC con 17.13 % (gráfico 7), diferencias que pueden deberse posiblemente a la calidad de los ingredientes empleados en la ración, por cuanto Mora, I. (2002), indica que las diferencias en digestibilidad pueden deberse a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias, a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos, fitatos), a factores antifisiológicos o a las condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos, siendo la especie animal otro factor importante que hace variar la digestibilidad, ya que en general, los cerdos y las aves digieren más eficientemente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico; aunque Revollo, K. (2009), sostiene que la fibra presente en los concentrados tiene importancia no sólo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo, lo que se demuestra al haber obtenido considerables valores de digestibilidad de la proteína proporcionada, además este investigador, señala que el suministro de fibra en un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta (forraje más balanceado).

5. Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo (CDEE)

Los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE), de los

balaceados que contenían 12-2600, 15-300, 18-2800 y 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg)

respectivamente, presentaron CDEE de 70.97, 66.79, 66.81 y 66.34 %, en su orden, valores que no son diferentes estadísticamente a pesar de las diferencias encontradas, pero estos valores comparados con los CDEE de los balanceado con 12-2800 y 18-2600 de proteína (%), y ED (kcal/kg), presentan diferencias altamente significativas (P<0.01), por cuanto los valores encontrados en estos balanceados fueron de 25.06 y 50.10 % de CDEE, respectivamente (gráfico 8), notándose por tanto que estas diferencias pueden deberse a la calidad de las materias primas empleadas en la formulación, por cuanto Mora, I. (2002), reporta que al considerar el valor de extracto etéreo también se incluyen ceras que tienen baja digestibilidad y poco valor para el animal, lo que es sostenido adicionalmente por Loomis, R y Coonor, D. (2002), quienes señalan que el extracto etéreo se pierde en proporciones significativas en la orina, lo que afecta los parámetros de su coeficiente de digestibilidad, en las cuales solo se consideran a las heces.

6. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (CDELN)

Los coeficientes de digestibilidad del ELN (CDELN), del balanceado con contenidos de 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg) fue de 92.10 % que difiere estadísticamente (P<0.01), con las respuestas de digestibilidad del ELN de los otros balanceados, de entre los cuales reportan resultados considerables los balanceados que contenían 15-3000 y 18-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), los cuales presentaron CDELN de 80.88 y 81.66 %, en su orden, mientras que la menor respuesta fue la del balanceado con 12-2800 proteína (%) y ED (kcal/kg) que fue de 72.63 % (gráfico 9), diferencias que puede deberse a la composición química de los ingredientes con los cuales se elaboró los balanceados, ya que según Mora. I. (2002), parte del ELN que se considera contienen algunas substancias como las pectinas, que no son aprovechables por las especies monogástricas como lo son por los rumiantes, a pesar de que la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es elevada para todas las especies de animales de granja, como se demuestra en el presente trabajo cuyo CDELN, esta entre 72.63 y 92.10 %,

variaciones que pueden depender de lo que señala Revollo, K. (2009), quien indica que los factores que -

afectan la digestibilidad de los alimentos son la composición química del alimento, el nivel de consumo, las deficiencias de los nutrientes y el tiempo para realizar la acción digestiva, ya que los cuyes por realizar la actividad cecotrófica, que según Rico, E. (2003), es la capacidad de producir dos tipos de heces, una rica en nitrógeno que es reutilizada (cecótrofo), y otra que es eliminada como heces duras. El cuy toma las heces y las ingiere nuevamente pasando al estómago e inicia un segundo ciclo de digestión que se realiza generalmente durante la noche, aunque según http://www.perucuy.com. (2009), señala que la actividad cecotrófica en cuyes está poco estudiada. Sin embargo en algunas evaluaciones realizadas con balanceados con niveles de proteína entre 13 y 25% no mostraron diferencias en cuanto al crecimiento, pero que determinó que la digestibilidad de los nutrientes permitiendo la actividad cecotrófica es superior al compararla con la digestibilidad evitando esta actividad.

C. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES DE BALANCEADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA DIGESTIBLE UTILIZADOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES

La digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de las raciones que consumen los animales de interés zootécnico, porque indica el grado en que los nutrientes de los ingredientes van a ser aprovechados directamente por el animal. Una buena digestibilidad de la dieta resultará en una mayor productividad por parte del animal (Shimada, M. 2005), por lo que los resultados obtenidos de los nutrientes digeribles expresados en g/kg de alimento en materia seca consumido de los diferentes balanceados evaluados, se reportan en el cuadro 8 y que se describen a continuación.

Materia seca digestible (DMS)

Las medias de los valores determinados de la materia seca digestible (DMS) de los diferentes balanceados evaluados presentaron diferencias estadísticas altas (P<0.01), registrándose la mejor respuesta con el balanceado18-3000 de

proteína (%), y ED (kcal/kg), ya que los cuyes presentaron un aprovechamiento de 789.00 g/kg ofrecido, seguido en orden de importancia por las respuestas de los animales

que recibieron el balanceado con 15-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), con 759.39 g/kg, a diferencia de los balanceados que contenían 12-2800 y 18-2600 de proteína (%), y ED (kcal/kg), que presentaron valores de DMS de apenas 662.50 y 659.67 g/kg (gráfico 10), por lo que al parecer los animales aprovechan de mejor manera el alimento con altos índices energéticos, lo que es confirmado por Vergara, V. (2008), quien indica que en evaluaciones recientes en alimentación de cuyes con dietas peletizadas de 15 y 18% de proteína con niveles de 2.8 y 3.0 Mcal de ED/Kg de alimento, encontraron mayores ganancias de peso en los animales que recibieron las dietas de 18% de proteína y 3.0 Mcal de ED/kg.

2. Materia orgánica digestible (MDO)

La digestibilidad de la materia orgánica (DMO), presentó un comportamiento similar a la DMS, por cuanto las medias determinadas presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), con un mejor aprovechamiento por los cuyes del balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), que presentaron una DMO de 746.17 g/kg suministrado, seguida del balanceado con 15-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), con 698.30 g/kg, en cambio las menores respuestas se obtuvieron con los balanceados con 12-2800 y 18-2600 de proteína (%), y ED (kcal/kg), que presentaron valores de DMS de 635.33 y 641.65 g/kg, notándose por tanto que el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), presenta mejores respuestas de digestibilidad, lo que posiblemente puede ser favorecido por el aporte energético, ya que como se señaló, mayores ganancias de peso presentan los animales cuando reciben dietas con 18% de proteína y 3.0 Mcal de ED/kg (Vergara, V. 2008).

3. Proteína cruda digestible (PCD)

La cantidad de proteína cruda digestible (PCD), determinadas en los diferentes balanceados evaluados presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), ya que los cuyes demostraron una mayor asimilación cuando se les proporcionó el balanceado con 18-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), ya que

presentaron una asimilación de 144.17 g/kg, que es superior con respecto a los balanceados

que contienen similar cantidad de proteína pero diferentes niveles energéticos, 2600 y 3000 kcal de ED, los mismos que presentan cantidades de PCD de 118.92 y 141.83 g/kg, en su orden, mientras que los balanceados menos aprovechados fueron los que contenían 12-2600 y 12-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), en los cuales los valores de PCD fueron de 94.53 y 70.00 g/kcal (gráfico 11), respuestas que ratifican los resultados encontrados por Milla (2004), citados por Vergara, V. (2008), quien indica que al evaluar dietas en harina con aportes de 12, 15, 18 y 20% de proteína, y 2.8 Mcal. ED/Kg, los cuyes se desarrollaron normalmente, aunque encontró diferencias significativas con menores crecimientos, en los grupos de animales que recibieron las dietas con 12 y 15% de proteína. Siendo también necesario tener en cuenta el la relación existente entre proteína y energía, por cuanto Rico, E. (2003), indica que la energía es requerida dentro de la dieta como fuente de combustible para mantener las funciones vitales del cuerpo, mantenimiento, crecimiento y producción; permite el correcto aprovechamiento de la proteína, por lo que debe existir una relación que en líneas generales debe ser de 93 calorías de energía por cada punto de proteína, siendo el balanceado con 18-2800 que el que más se aproxima a esta relación.

4. Fibra cruda digestible (FCD)

La cantidad de fibra cruda digestible (FCD), de los diferentes balanceados evaluados, presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), siendo el balanceado con 2-2600 de proteína (%), y ED (kcal/kg), el mejor aprovechado ya que se determinó un aprovechamiento de 51.42 g/kg, a diferencia del balanceado 18.2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), del cual los cuyes asimilaron 9.41 g/kg (gráfico 12), respuestas que denotan que cuando el alimento posee baja cantidad de proteína, los cuyes aprovechan de mejor manera la fibra, por cuanto Revollo, K. (2009), sostiene que la fibra de los concentrados es necesaria por que favorece la digestibilidad de otros nutrientes, como se demuestra en el estudio de Tenorio et al. (2008), citados por Vergara, V. (2008), quienes encontraron mayor rendimiento a la canal, cuando incrementaron el nivel de fibra a 10% y redujeron el nivel de energía digestible a 2.7 Mcal/Kg.

5. Extracto etéreo digestible (EED)

Las medias de extracto etéreo digestible (EED), de los diferentes balanceados evaluados diferencias significativas presentaron altamente (P<0.1)registrándose la mayor cantidad en el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), con 44.83 g/kg, siguiéndole en importancia, el balanceado con 15-3000 con 40.04 g/kg, mientras que el menor valor se registró en el balanceado 12-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), que registró una EED de 8.5 g/kg (gráfico 13), diferencias que pueden deberse a la calidad de los ingredientes empleadas en su formulación, por cuanto Siccardi, A, et al (2009), señalan que los valores de digestibilidad de los nutrientes varían considerablemente dependiendo de factores tales como frescura de los ingredientes y tratamiento previo a lo que han sido sometidos. Lo que demuestra lo señalado por Mora. Ι. (2002),quien indica desafortunadamente, el parámetro de digestibilidad se basa en el análisis proximal, que es poco exacto y dan por resultados datos altamente cuestionables.

6. Extracto libre de nitrógeno digestible (ELND)

Las cantidades de Extracto Libre de Nitrógeno Digestibles (ELND), determinados en los diferentes balanceados evaluados, presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), con la mejor respuesta en el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), ya que se estableció un ELND de 539.50 g/kg, a diferencia del alimento con 18-2800 de proteína (%) y ED (kcal/kg), cuyo ELND fue menor de 454.50 g/kg que son los casos extremos (gráfico 14), considerándose que esta variación puede estar supeditada a las cantidades determinadas en los otros nutrientes, por cuanto Mora, I. (2002), señala que el ELN obtiene al restar de 100 las cantidades determinadas de materia mineral, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, y que abarca principalmente a los carbohidratos solubles (almidones, pectonas, etc.), aunque también necesario tener en cuenta lo que señala Revollo, K. (2009), quien indica que los factores que afectan la digestibilidad de los

alimentos son la composición química del alimento, el nivel de consumo, las deficiencias de los nutrientes y el tiempo para realizar la acción digestiva, aunque Chauca, L. (1997), indica que los cuyes son

más eficientes en la digestión del extracto libre de nitrógeno que otras especies animales, y que estos valores pueden servir como datos referenciales para otras investigaciones.

7. Nutrientes digestibles totales (NDT)

Los nutrientes digeribles totales (NDT) que según Mora, I. (2002), se calculan tomado los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal, o sea la proteína cruda, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno (pero no la materia mineral por ser inorgánica) y multiplicarlos por su digestibilidad, fue lo determinante para que las medias de los NDT de los diferentes balanceados presenten diferencias altamente significativas (P<0.01), siendo el balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), el alimento mejor aprovechado por los animales ya que presenta el 80.48 % de NDT, seguidos en orden de magnitud por los balanceados que contienen 15-3000, 12-2600, 18-2800, 18-2600 y 12-2800 de proteína (%), y ED (kcal/kg), en su orden, que presentaron NDT de 74.99, 71.08, 69.82, 67.40 y 64.85 %, respectivamente (gráfico 15), lo que puede deberse a lo que señala Chauca, L. (1997), quien indica que los cuyes responden eficientemente al suministro de alta energía, ya que se logran mayores ganancias de peso y se mejora la conversión alimenticia con raciones con 70,8 % que con 62,6 % de NDT, a pesar de que al proporcionarles raciones con 66% de nutrientes digestibles totales (NDT), pueden obtenerse conversiones alimenticias adecuadas, notándose adicionalmente que los NDT de los balanceados evaluados superan a los valores referenciales de Rico, E. (2003), quien señala que para el cuy demuestre un comportamiento eficientemente productivo las raciones balanceadas deben contener entre 62 a 70 % de NDT. Aunque Case, L. et al. (1997), sostienen que los alimentos con una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca son los apropiados para los animales, debiendo rechazarse cualquier alimento cuya digestibilidad sea inferior al 65 %; por lo que en el presente trabajo el empleo del balanceado con 18-3000 de proteína (%), y ED (kcal/kg), la mayor performance.

8. Energía digestible (ED)

Los valores de ED determinados en los balanceados evaluados presentaron diferencias altamente significativas (P<0.01), con el aporte más alto en el balanceado que tenía una composición calculada de 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), en cual se encontró 3784.11 Kcal de ED, seguido por el aporte energético del balanceado 15-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), que fue de 3465.23 kcal ED, mientras que en el balanceado 12-2800 de proteína (%) y ED (kcal/kg) se determinó la menor respuesta con 2997.17 kcal ED (gráfico 16), debiendo considerarse que las diferencias entre las respuestas determinadas pueden estar en función de los NDT, ya que según Loomis, R. y Coonor, D. (2002), reportan que la energía digestible (ED), es el calor de combustión (DH), de los NDT y se calcula a partir de la composición bromatológica, dejando un margen para el mayor contenido calorífico de los lípidos, por cuanto en climas fríos, el calor de la digestión contribuye a mantener la temperatura corporal, sin embargo, en climas cálidos, los animales tienen que consumir energía adicional para refrescarse y por tanto, la eficiencia de producción es menor; además, las diferencias encontradas entre los valores calculados y los determinados pueden deberse a dos factores, los calculados se realizaron en el alimento en TCO.

Mientras que en los determinados se establecieron en base seca, desafortunadamente los valores energéticos de la mayoría de los ingredientes utilizados en alimentación animal todavía se expresan como TND, que se basa en el análisis proximal, que como mencionó Mora, I. (2002), son poco exactos., por cuanto las cifras de digestibilidad que se emplean son tabuladas y dan por resultado un dato altamente cuestionable, aunque considera que la ED y los NDT de un alimento son equivalentes, ya que la inter conversión de ED a NDT teóricamente se hace considerando 44 Kcal de ED por gramo de NDT.

D. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y ECUACIONES DE ESTIMACIÓN DE LOS NDT Y ED EN FUNCIÓN DEL ANÁLSIS PROXIMAL DEL BALANCEADO PARA CUYES

1. Coeficientes de correlación

Estableciendo los grados de asociación entre los componentes de la materia orgánica (proteína cruda, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno), con los NDT (cuadro 9), se estableció que la proteína presenta un grado de asociación bajo no significativo con los NDT, ya que su valor calculado fue de r = 0.30, lo que implica que este nutriente tiene muy poca influencia en los NDT de los alimentos para los cuyes. En cambio, la fibra cruda, el extracto etéreo y el ELN presentan grados de asociación altos (0.84, 0.91 y 0.62, respectivamente), altamente significativos, que determinan que estos nutrientes son decisorios en la cantidad de NDT que presenten los alimentos.

Con relación a los coeficientes de asociación de la ED con los compuestos orgánicos, se encontró que influyen en el aporte energético de las dietas, por cuanto el contendido de proteína y ELN presentan un grados de asociación medios significativos, ya que se determinaron valores de 0.41 y 0.44, en su orden, en tanto que el contenido de fibra cruda y de extracto etéreo su grado de correlación es alto (0.70 y 0.88, en su orden), altamente significativos, por lo que este comportamiento es ratificado por Revollo, K. (2009), quien señala que la fibra de los concentrados tiene importancia en la composición de las raciones no sólo por la capacidad que tienen los cuyes en digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, además de que la digestión de celulosa en el ciego puede contribuir a cubrir los requerimientos de energía, de igual manera con relación al extracto etéreo, Chauca, L. (1997), señala que las grasas son convertidas en el intestino delgado de los cuyes a ácidos grasos capaces de cruzar las células epiteliales del intestino y ser introducidas al torrente sanguíneo y a los vasos linfáticos, para su aprovechamiento a través de su metabolismo.

2. Estimación de los modelos matemáticos

Mediante el análisis de la regresión múltiple se estableció la ecuación de estimación de los NDT en función del contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), y extracto libre de nitrógeno (ELN), que son los componentes de la materia orgánica, presentes en los balanceados para cuyes, responde al siguiente propuesto matemático:

$$NDT = 27,5119 - 0,1174 (PB) + 2,7679 (FC) + 3,8619 (EE) + 0,1186 (ELN)$$

Determinándose que entre los elementos intervienes existe un efecto altamente significativo, con un coeficiente de determinación de r² = 97.41 %, que representa que los NDT depende en un 97.41 % del contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, mientras que el 2.59 % restante se deben a otros factores, como la variabilidad de las muestras, la edad de los animales empleados, la digestibilidad de los ingredientes empleados en su formulación, entre otros.

De igual manera, la ecuación de estimación de la ED en función del contenido de PC, FC. EE y ELN, a través del análisis de la regresión múltiple, se encontró el siguiente propuesto matemático:

$$ED = -2067,1215 + 37,1329 (PB) + 171,8039 + 236,5865 (EE) + 38,1015 (ELN)$$

Encontrándose un efecto altamente significativo y un coeficiente de determinación de r² = 98.08 %, que representa que la ED contenido en el balanceado para cuyes depende en un 98.08 % del contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, mientras que el 1.08 % restante se deben a otros factores, que no se consideraron en la investigación y que pueden ser los citados anteriormente como las técnicas de laboratorio empleadas en el análisis proximal, la individualidad de los animales entre otros.

V. <u>CONCLUSIONES</u>

- Los resultados obtenidos demuestran que los niveles de proteína y energía digestibles de los balanceados para cuyes afectan los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes parciales, NDT y ED, por lo que se acepta la hipótesis de trabajo.
- Los resultados del análisis proximal demuestran que los contenidos de proteínas calculados son similares a los determinados y que la variación considerada cubre los requerimientos nutritivos de los cuyes, por cuanto se encontraron contenidos de fibra bruta entre 5.49 y 7.85 %, extracto etéreo de 3.38 a 6.75 %, el ELN fue de 55.68 a 71.82 %, con contenidos de materia orgánica de 90.28+3.01 %.
- El balanceado que presenta los mejores coeficientes de digestibilidad de sus nutrientes fue el que se formuló en base a 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), por cuanto se determinó que los cuyes aprovecharon el 85.31 % de materia seca, 82.05 % de materia orgánica, 79.84 % de la proteína, 66.34 % del extracto etéreo y el 92.10 % del ELN, no así en la fibra cuyo coeficiente fue de apenas 28.74 %.
- Con respecto a los NDT de los balanceados se mantiene que el alimento con 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), presenta las mejores respuestas en digestibilidad ya que llega al 80.48 % de NDT, con una ED de 3784.11 kcal/kg de materia seca, en cambio que las menores respuestas se observaron en el balanceado 12-2800 que presento el 64.85 % de NDT y 2997.17 kcal/kg.
- Las ecuaciones que permiten estimar los NDT y la ED de balanceados en función de los contenidos de PC, FC. EE Y ELN, son las siguientes:

```
NDT = 27,5119 - 0,1174 (PB) + 2,7679 (FC) + 3,8619 (EE) + 0,1186 (ELN)
ED = -2067,1215 + 37,1329(PB) + 171,8039+236,5865(EE) +
```

VI. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Emplear en la alimentación de los cuyes que van a iniciar la vida reproductiva con pesos entre 900 y 1100 g de peso balanceado que contenga 18-3000 de proteína (%) y ED (kcal/kg), por cuanto este alimento presenta los mayores coeficientes de digestibilidad, el 80.48 % de NDT y la ED que asimilan es de 3784.11 kcal/kg de alimento consumido.
- Emplear en la formulación de balanceados para cuyes las ecuaciones de estimación de los NDT y ED, para cubrir los requerimientos de los animales y propender a un desarrollo y comportamiento productivo en esta especie, siendo las ecuaciones siguientes:

```
NDT = 27,5119 - 0,1174 (PB) + 2,7679 (FC) + 3,8619 (EE) + 0,1186 (ELN)
ED = -2067,1215 + 37,1329(PB) + 171,8039+236,5865(EE) + 38,1015(ELN)
```

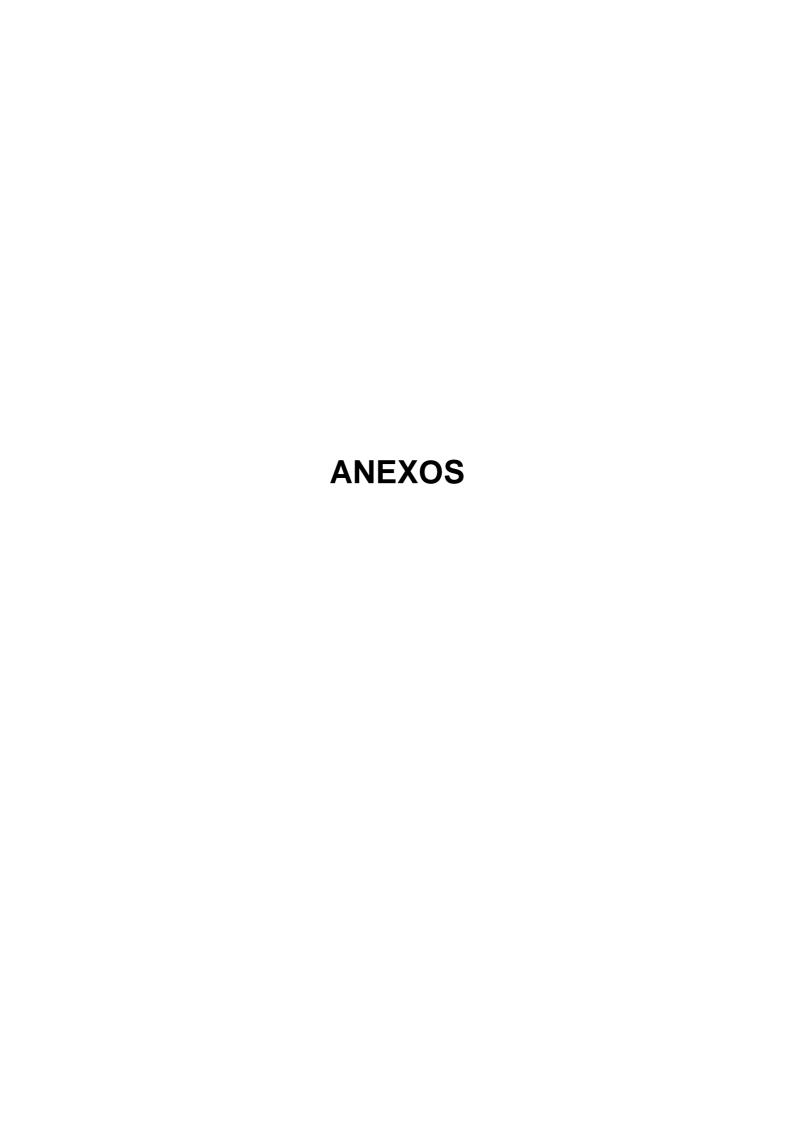
 Replicar el presente trabajo, para establecer si los resultados obtenidos son confiables y a través de ellos poder establecer las ecuaciones de predicción, las mismas que deben basarse en varios trabajos de estimación, como continuación del presente estudio.

VII. LITERATURA CITADA

- CASE, L, CAREY; D, HIRAKAWA, D. 1997. Nutrición canina y felina. 2a ed. Ed. Harcourt Brace. España. pp 442 - 455.
- CASTRO, H. 2002. Sistemas de crianza de cuyes a nivel familiarcomercial en el sector rural. Benson Agriculture and Food Institute Brigham Young University Provo, Utah, USA. Archivo de Internet cuyecuador.pdf.
- CHAUCA, L. 1997. Proyecto Sistemas de producción de cuyes en el Perú, FASE I y II. INIA-CIID, Informe técnico final, vols. I y II. Archivo de Internet cuyperu.pdf.
- CHURCH, D., POND, W., Y POND K., 2000. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Animal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 597-612.
- ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2008. Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
- 6. http://www.agrarias.unlz.edu.ar. 2009. Alimentos y nutrición animal.
- 7. http://www.monografias.com. 2007. ASATO, J. Producción y comercialización de cuy en el Perú.
- 8. http://www.monografias.com. 2007. LUCAS, E Y FIGUEROA, F. El cuy, su cría y explotación. Actividades productivas.
- 9. http://www.perucuy.com. 2009. La cecotrofia en cuyes.
- 10. http://www.perucuy.com. 2009. Requerimientos nutricionales del cuy.

- 11. http://www.portalagrario.gob.pe. 2007. Realidad y problemática del sector pecuario. Cuyes.
- 12. http://www.rincóndelascobayas.tk. 2007. Reproducción de las cobayas.
- 13. http://www.secalc.ula.ve. 1999. LACHMANN, M. y ARAUJO, O. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes.
- 14. http://www.whiskastastechallenge.co.uk. 2009. ¿Cómo digieren los animales su alimento?.
- LOOMIS, R Y COONOR, D. 2002. Ecología de cultivos, productividad y manejo en sistemas agrarios. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 20 – 30.
- 16. Mora, I. 2002. Nutrición animal. se. Edit. EUNED. Zaragoza, España. pp 13 29.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1978. Nutrient requeriments of laboratoy animals. 33 ed. Washington. D.C., National Academy of Science. 96 págs.
- PERÚ, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA (INIA).
 1995. Investigaciones en cuyes. Informe Técnico N° 694. 197 págs.
- REVOLLO, K. 2009. Proyecto de Mejoramiento Genético y Manejo del Cuy (MEJOCUY), Bolivia. Archivo de Internet 37b.pdf.
- RICO, E. 2003. Manual sobre el manejo de cuyes. Proyecto MEJOCUY.
 Benson Agriculture and Food Institute Provo, UT, EE.UU. Archivo de Internet manejodecuyes.pdf.
- 21. SHIMADA, M. 2005. Nutrición animal. se. Editorial Trillas, México, México. pp 18-35.

- 22. SICCARDI, A., LAWRENCE, A., GATLIN, D., FOX, J., CASTILLE, F. 2009. Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del Pacifico Litopenaeus vannamei. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, México. Archivo de Internet .pdf.
- 23. URREGO. E. 2009. Producción de cuyes (Cavia porcellus). Estación Experimental Agropecuaria La Molina del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) del Perú. Archivo de Internet Manual_CrianzaDeCuyes.doc
- 24. VERGARA, V. 2008. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos, Facultad de Zootecnia- Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Archivo de Internet .pdf.



ANEXOS 82

LISTA DE CUADROS

Ν°		Pág
1.	REQUERIMIENTO NUTRITIVO DE CUYES DE ACUERDO A LA	
	ETAPA FISIOLÓGICA.	12
2.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY.	13
3.	CONDICIONES METEOROLOGICAS DE LA ESPOCH.	30
4.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	32
5.	ES QUEMA DEL ADEVA.	34
6.	COMPOSICION BROMATOLÓGICA DE LOS BALANCEADOS	
	EXPERIMENTALES PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES	
	EXPRESADOS EN BASE SECA.	41
7.	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES DE	
	DIFERENTES BALANCEADOS MEDIDOS A TRAVÉS DE LA	
	ALIMENTACIÓN DE CUYES.	50
8.	DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES DE	
	DIFERENTES BALANCEADOS MEDIDOS A TRAVÉS DE LA	
	ALIMENTACIÓN DE CUYES.	61
9.	COEFICIENTES DE CORRELACION Y ECUACIONES DE	
	ESTIMACIÓN DE LOS NDT Y ED EN FUNCIÓN DE LOS	
	NUTRIENTES CONTENIDOS EN BALANCEADOS PARA CUYES.	75

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág
1.	Contenido de proteína bruta (%) calculada y determinada en	
	balanceados para cuyes con diferentes niveles de proteína y	
	energía digestible.	43
2.	Contenido de fibra bruta (%) en balanceados para cuyes con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible.	44
3.	Contenido de ELN (%) en balanceados para cuyes con diferentes	
	niveles de proteína y energía digestible.	47
4.	Contenido de materia orgánica (%) en balanceados para cuyes con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible.	49
5.	Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (%) de	
	balanceados con diferentes niveles de proteína y energía digestible,	
	medidos a través del suministro a cuyes.	53
6.	Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (%) de	
	balanceados con diferentes niveles de proteína y energía digestible,	
	medidos a través del suministro a cuyes.	54
7.	Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (%) de balanceados	
	con diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a	
	través del suministro a cuyes.	56
8.	Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (%) de balanceados	
	con diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a	
	través del suministro a cuyes.	58
9.	Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (%) de	
	balanceados con diferentes niveles de proteína y energía digestible,	
	medidos a través del suministro a cuyes.	59
10.	Digestibilidad de la materia seca (g/kg) de balanceados con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a través	
	del suministro a cuyes.	63
11.	Digestibilidad de la proteína cruda (g/kg) de balanceados con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a través	
	del suministro a cuyes.	65

12.	Digestibilidad de la fibra cruda (g/kg) de balanceados con diferentes	
	niveles de proteína y energía digestible, medidos a través del	
	suministro a cuyes.	66
13.	Digestibilidad del extracto etéreo (g/kg) de balanceados con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a través	
	del suministro a cuyes.	68
14.	Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (g/kg) de balanceados	
	con diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a	
	través del suministro a cuyes.	69
15.	Nutrientes Digeribles Totales (%) de balanceados con diferentes	
	niveles de proteína y energía digestible, medidos a través del	
	suministro a cuyes.	71
16.	Contenido de Energía digestible (kcal/kg) de balanceados con	
	diferentes niveles de proteína y energía digestible, medidos a través	
	del suministro a cuyes.	73

LISTA DE ANEXOS

Nο

- Resumen de los datos determinados en el análisis proximal del balanceado para cuyes con diferentes niveles de proteína y energía digestible.
- Resultados experimentales de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes que aportan los balanceados para cuyes con diferentes niveles de proteína y energía digestible.
- Análisis estadísticos de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes que aportan los balanceados para cuyes con diferentes niveles de proteína y energía digestible.
- Resultados experimentales de los nutrientes digeribles que aportan los balanceados para cuyes con diferentes niveles de proteína y energía digestible.
- Análisis estadísticos de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes que aportan los balanceados para cuyes con diferentes niveles de proteína y energía digestible.
- Análisis de los coeficientes de correlación y ecuaciones de estimación de los NDT y ED en función de los nutrientes contenidos en balanceados para cuyes.