

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MODELOS DE JAULAS METABÓLICAS
EN BASE A ENSAYOS DE DIGESTIBILIDAD EN CUYES (*Cavia porcellus* L.)

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

DÍAZ GONZALES, Manuel Jean Paul

Tingo María – Perú

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280
TINGO MARÍA

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 29 de diciembre de 2014, a horas 7:00 pm. para calificar la tesis titulada:

"ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MODELOS DE JAULAS METABÓLICAS EN BASE A ENSAYOS DE DIGESTIBILIDAD EN CUYES (*Cavia porcellus* L.)".

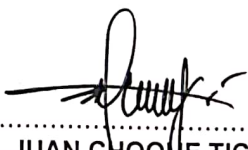
Presentada por el Bachiller **MANUEL JEAN PAUL DÍAZ GONZALES**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobada con el calificativo de **"EXCELENTE"**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el **TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 95, inciso "i" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.


Tingo María, 06 de enero de 2015


.....
Dr. RIZAL ROBLES HUAYNATE
Presidente




.....
MSc. JUAN CHOQUE TICACALA
Miembro


.....
Ing. WAGNER VILLACORTA LÓPEZ
Miembro


.....
MSc. MEDARDO DÍAZ CÉSPEDES
Miembro - Asesor

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este logro y haberme dado la fuerza espiritual para lograr mis objetivos y metas, además de su infinito amor y bondad.

A mis padres: Manuel y Chachita.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, sus ejemplos y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien; pero más que nada por su amor y cariño sincero.

A mis abuelos: Manuel y Marina.

Por haberme inculcado sus valores, sus consejos, la motivación y por su apoyo constante; además de su gran cariño y amor.

A mi hermano André.

Por su cariño, comprensión, motivación y permanente aliento de apoyo en todo momento; gracias infinitas por todo.

A mi tío Medardo.

Por su constante motivación, aporte intelectual, permanente aliento y apoyo incondicional; siempre ocuparás un lugar importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis, Ing. Walter Paredes Orellana, por su aporte intelectual compartida en todo momento de la investigación, por su gran ayuda, dedicación y paciencia que han permitido la elaboración de la tesis.

A los ingenieros: MSc. Rafael Robles Rodríguez, Ing. Marcos Rojas Paredes y Ing. Eduard Hernández Guevara; por su aporte intelectual, ayuda y apoyo incondicional para la elaboración de la tesis.

A mis tíos: Jhon, Margarita, Moises y Marisa; por su apoyo incondicional y la motivación constante durante todo este tiempo, además de su afecto y cariño.

A mis primos: Piero, Christian y Joanna; por su aliento permanente y apoyo incondicional durante todo estos años, gracias por todo.

A mi amigo William Panduro Vargas, por todo el apoyo incondicional y ayuda constante durante estos años de mi vida universitaria, gracias por ser un buen amigo.

A mis amigos: Abel Romero Gonzales, Michael Leveau Díaz, Amadeo Quispe Terrel, Sandra Orbezo Campos, Jhon Pool Pullido Noblejas, Antonio Pastrana Trejo, Karol Sandoval Cueva y Marco Estrada Espinoza; con quienes compartimos momentos agradables e inolvidables durante nuestros años de universitarios.

A la señora Glelia Ríos Saldaña, por su gran apoyo y su ayuda incondicional en los análisis de laboratorio para la ejecución de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. El cuy (<i>Cavia porcellus</i> L.).....	4
2.2. Requerimientos nutricionales	5
2.2.1. Proteína.....	6
2.2.2. Energía.....	7
2.2.3. Fibra	9
2.2.4. Grasa.....	10
2.2.5. Agua	11
2.2.6. Vitaminas.....	12
2.2.7. Minerales.....	13
2.3. Digestibilidad de los alimentos.....	14
2.3.1. Factores que dependen de los animales.....	15
2.3.1. Factores que dependen de los alimentos.....	16
2.4. Digestibilidad de insumos alimenticios utilizados en la alimentación de cuyes.....	17
2.4.1. Actividad cecotrófica.....	20
2.5. Determinación del coeficiente de digestibilidad.....	21
2.6. Líneas comerciales	22
2.6.1. Línea Perú.....	22

2.6.2.	Línea Andina	23
2.6.3.	Línea Inti.....	23
2.7.	Sistemas de alimentación	23
2.7.1.	Alimentación a base de forraje	24
2.7.2.	Alimentación mixta	25
2.7.3.	Alimentación industrial.....	27
2.8.	Pasto Maralfalfa (<i>Pennisetum hybridum</i>)	28
2.9.	Productos secundarios.....	30
2.9.1.	Estiércol.....	30
2.10.	Confort animal.....	31
2.10.1.	Localización del plantel	31
2.10.2.	Áreas utilizadas en la crianza de cuyes.....	32
2.10.3.	Comederos para la alimentación en cuyes.....	33
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1.	Lugar y fecha del experimento	34
3.2.	Tipo de investigación.....	34
3.3.	Animales experimentales	35
3.4.	Instalaciones, equipos y materiales.....	35
3.5.	Alimentación.....	37
3.6.	Sanidad	39
3.7.	Metodología para el desarrollo del trabajo de investigación.....	39
3.7.1.	Fase I: Adaptación.....	39
3.7.2.	Fase II: Colección.....	40
3.7.3.	Análisis de laboratorio.	41

3.7.4.	Cálculo de la digestibilidad aparente de la materia seca (DMSap)	41
3.8.	Variables independientes.....	41
3.9.	Distribución de los grupos (croquis).....	42
3.10.	Análisis estadístico.....	43
3.11.	Variables dependientes.....	44
IV.	RESULTADOS	45
4.1.	Valores promedios \pm desviaciones estándar del consumo de alimento, cantidad de heces producidas y digestibilidad aparente de la materia seca utilizando dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica) en tres sistemas de alimentación (forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial).	45
4.1.1.	Alimento a base de forraje verde de Maralfalfa (<i>Pennisetum hybridum</i>).	45
4.1.2.	Alimento a base de Maralfalfa más ración concentrada (Alimentación mixta).	46
4.1.3.	Alimento con ración balanceada más vitamina C (alimentación industrial).....	48
V.	DISCUSIÓN.....	51
5.1.	Valores promedios \pm desviaciones estándar del consumo de alimento, cantidad de heces producidas y digestibilidad aparente de la materia seca utilizando dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica) en tres sistemas de alimentación (forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial).	51

5.1.1.	Alimento a base de forraje verde de Maralfalfa (<i>Pennisetum hybridum</i>).....	51
5.1.2.	Alimento a base de Maralfalfa más ración concentrada (alimentación mixta).	58
5.1.3.	Alimento con ración balanceada más vitamina C (alimentación industrial).....	65
VI.	CONCLUSIONES	70
VII.	RECOMENDACIONES.....	72
	ABSTRACT	73
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Composición nutricional de la ración balanceada El Granjero para cuyes en la fase de acabado.....	38
2. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación a base de forraje verde de Maralfalfa.....	46
3. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación mixta (sin desperdicios)	47
4. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación mixta (con desperdicios promedio).....	48
5. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación industrial (sin desperdicios)	49
6. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación industrial (con desperdicios promedio).....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Dimensiones y área de la jaula cónica.....	36
2. Dimensiones y área de la jaula cúbica.....	36

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el área de animales menores del Centro de Investigación Capacitación y Extensión, y en el laboratorio de Nutrición Animal y Espectrofotometría de la Facultad de Zootecnia. Estas instalaciones están localizadas en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. El objetivo fue determinar el modelo de jaula metabólica (cónica o cúbica) que permita controlar mejor el consumo de alimento y cantidad de heces en el uso de la prueba biológica de digestibilidad aparente de la materia seca en cuyes (*Cavia porcellus* L.) en la etapa de acabado con diferentes sistemas de alimentación (forraje, mixta e industrial). Se distribuyeron en 3 grupos (forraje, mixta e industrial), a cada grupo se dividió en 2 sub – grupos (modelo de jaula: cónica, cubica) y cada sub – grupo contó con 8 repeticiones, la unidad experimental representada por un animal. La digestibilidad aparente en cuyes fue determinada utilizando el método por colecta total, para el alimento balanceado se utilizó un marcador el óxido férrico (Ocre) al 1% incorporado al alimento, para el forraje se realizó en base a horarios y la frecuencia de colecta se realizó cada 24 horas por cada sistema de alimentación; las heces se pesaron, almacenaron y secaron en su totalidad a 60 °C por 72 horas en una estufa de aire circulante, para ser molidas y enviadas al laboratorio para su análisis de materia seca mediante una estufa de aire circulante a 105 °C por 10 horas. Los mayores consumos de alimento y cantidad de heces (fresco como base seca) obtenidos fueron en las jaulas cúbicas, encontrándose diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para los grupos de forraje y mixta frente a las jaulas

cónicas. Las digestibilidades aparentes más eficientes de la materia seca encontrados fueron en las jaulas cónicas reportando diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en todos los grupos. Por lo tanto el modelo de jaula metabólica que permite controlar mejor la información básica en el uso de la prueba biológica de digestibilidad aparente de la materia seca en cuyes de tres sistemas de alimentación es la jaula cónica.

Palabras clave: Cuyes, jaulas metabólicas, digestibilidad, materia seca, investigación, alimentación.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus* L.) es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Esta especie, constituye un producto alimenticio de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos económicos. Su crianza está ampliamente difundida en la Sierra y es mayormente de tipo familiar – comercial; sin embargo, ante la migración hacia las ciudades de la costa y selva se vienen creando una importante demanda, de allí que es necesario incrementar su producción.

En la alimentación de cuyes existen factores que dificultan la formulación de dietas adecuadas, dentro de los cuales se puede mencionar: la falta de información local del valor nutritivo de las materias primas, el uso de los insumos en la elaboración de alimentos balanceados para animales, depende de varias condiciones entre las que sobresalen: la disponibilidad en el mercado, facilidad de adquisición, precio e información del contenido y calidad nutricional.

La calidad nutricional de un determinado insumo está en función a la composición química, digestibilidad y eficiencia de utilización. La composición química nos permite conocer el potencial nutritivo más no el nivel de utilización; por tal motivo, es necesario someter a los insumos y alimentos a

pruebas biológicas tales como digestibilidad, que permite determinar el grado de retención. Sin embargo, para realizar las pruebas de digestibilidad existen modelos de jaulas metabólicas y elegir la más apropiada dependerá de cual de ellas permitirá obtener la información básica (consumo de alimento y cantidad de excretas) con mayor exactitud.

Frente a este contexto se plantea esta investigación bajo la siguiente interrogante, ¿Cuál será el modelo de jaula utilizado para estudios de digestibilidad en cuyes (*Cavia porcellus* L.) que permitirá minimizar la variación de la información básica?. Para lo cual planteamos la siguiente hipótesis, que por su forma y modelo se puede afirmar que, utilizando la jaula cónica obtendremos menor variación de la información básica (consumo de alimento y cantidad de heces) el cual nos permitirá una información más precisa de la digestibilidad de cualquier insumo y nutriente en estudio, porque su diseño permite controlar mejor el desperdicio de alimento y recolectar mejor las heces. Por lo tanto, en función a esto, los objetivos del presente trabajo de investigación son:

Objetivo general

- Determinar el modelo de jaula metabólica que permita controlar mejor el consumo de alimento y cantidad de heces en el uso de la prueba biológica de digestibilidad en cuyes con diferentes sistemas de alimentación.

Objetivos específicos

- Comparar las desviaciones estándar del consumo de alimento y cantidad de heces producidas en tres sistemas de alimentación (alimentación a base de forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial) utilizando dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica).
- Comparar las desviaciones estándar de la digestibilidad de la materia seca de tres sistemas de alimentación (alimentación a base de forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial) en dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El cuy (*Cavia porcellus* L.)

El cuy (*Cavia porcellus* L.) está clasificado dentro del grupo de los monogástricos herbívoros con fermentación post gástrica cecal con una gran capacidad de consumo de forraje. Tiene un sólo estómago y posee un ciego desarrollado y funcional, también se ha identificado una serie de protozoarios. Por tanto, las bacterias como los protozoarios son los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (CAYCEDO, 2000).

El cuy tiene dos tipos de digestión: enzimático, a nivel del estómago e intestino delgado y microbial, a nivel del ciego. El ciego es un órgano grande que constituye cerca del 15% del peso total del aparato digestivo. Realiza la cecotrófia (animal que consume sus propias heces, para reutilizar el nitrógeno), lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína (CHAUCA, 1997). Su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración alimenticia. Este factor contribuye a dar versatilidad a los sistemas de alimentación (CORONADO, 2007).

2.2. Requerimientos nutritivos

El conocimiento de los requerimientos nutritivos de los cuyes nos permitirá elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. Las necesidades de energía están influenciadas por la edad, la actividad del animal, estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental. Una vez que estos requerimientos han sido satisfechos, el exceso de energía se almacena como grasa en el cuerpo. El contenido de energía de la dieta afecta el consumo de alimento; los animales tienden a un mayor consumo de alimentos a medida que se reduce el nivel de energía de la dieta (GOMEZ Y VERGARA, 1994).

Tradicionalmente, la crianza del cuy en nuestro medio, en lo que respecta a la alimentación es a base de desperdicios o residuos de cocina y suplementada con algún pasto; así mismo, los mantienen exclusivamente con forrajes verdes durante toda su vida. A esta forma de alimentar a los cuyes, presenta como característica un crecimiento sumamente lento que no permite su utilización a temprana edad y aprovechar las ventajas de las carnes tiernas y el factor económico (MORENO, 1982).

VERGARA (2008), se han realizado diferentes investigaciones tendientes a determinar los requerimientos nutricionales necesarios para lograr mayores crecimientos. Estos han sido realizados con la finalidad de encontrar los porcentajes adecuados de proteína así como los niveles de energía como es de la siguiente manera:

- Inicio (1 - 28 días): proteína (20%), energía digestible (3000 kcal/kg), fibra (6%), calcio (0.8%), fósforo (0.4%), magnesio (0.1 – 0.3%), potasio (0.5 – 1.4%) y vitamina C (200 mg).
- Crecimiento (29 - 63 días): proteína (18%), energía digestible (2800 kcal/kg), fibra (8%), calcio (0.8%), fósforo (0.4%), magnesio (0.1 – 0.3%), potasio (0.5 – 1.4%) y vitamina C (200 mg).
- Acabado (64 – 84 días): proteína (17%), energía digestible (2700 kcal/kg), fibra (10%), calcio (0.8%), fósforo (0.4%), magnesio (0.1 – 0.3%), potasio (0.5 – 1.4%) y vitamina C (200 mg).
- Gestación y Lactación: proteína (19%), energía digestible (2900 kcal/kg), fibra (12%), calcio (1%), fósforo (0.8%), magnesio (0.1 – 0.3%), potasio (0.5 – 1.4%) y vitamina C (200 mg).

2.2.1. Proteína

Las proteínas constituyen el principal componente de la mayor parte de los tejidos, la formación de cada uno de ellos requiere de su aporte, dependiendo más de la calidad que de la cantidad que se ingiere. Existen aminoácidos esenciales que se deben suministrar a los monogástricos a través de diferentes insumos ya que no son sintetizados (ALIAGA *et al.*, 2009).

Es imprescindible considerar la calidad de la proteína, por lo que es necesario hacer siempre una ración con insumos alimenticios de fuentes proteicas de origen animal y vegetal. De esta manera se consigue un

balance natural de aminoácidos que le permiten un buen desarrollo. Las fuentes proteicas utilizadas en la preparación de las raciones fueron alfalfa, soya y harina de pescado. Este último insumo nunca en niveles superiores al 2 por ciento. Los resultados registrados por otros autores en la etapa de cría son similares a los de la etapa de recría (PINO, 1970; MERCADO *et al.*, 1974).

Para cuyes en crecimiento los niveles de proteína de las raciones dependen de la disponibilidad del recurso forrajero, sea este gramínea o leguminosa. Trabajos realizados en el Perú, entre los años 70 y 80 utilizaban la alfalfa como forraje para la alimentación de cuyes, bajo estas condiciones la proteína proveniente del concentrado era menor. Del análisis de la información disponible el cuy en su etapa de crecimiento requiere 7.2 g de proteína/día, aportada por el forraje y el concentrado. Los incrementos alcanzados con cuyes en proceso de mejoramiento fueron en promedio de 8.36 g/día (VÁSQUEZ, 1975), y con cuyes mejorados los incrementos diarios alcanzados fueron de 15.40 g con consumos de proteína de 8.48 g/animal/día (SARAVIA *et al.*, 1994).

2.2.2. Energía

La energía es esencial para los procesos vitales del cuy, para actividades musculares, síntesis de tejidos, contrarrestar el frío, etc. Nutrientes como carbohidratos, lípidos y proteínas proveen de energía al cuy, cuando son metabolizados a nivel celular. Sin embargo, la mayor parte de la energía es suministrada por los carbohidratos de los alimentos de origen vegetal por el porcentaje que participan en la dieta. Las necesidades de

energía están influenciadas por la edad, la actividad del animal, el estado fisiológico, nivel de producción y el medio ambiente. Los cuyes son capaces de regular el consumo de alimento en función a la concentración de energía, lo cual influye sobre el crecimiento y la tasa de conversión de alimento (Vergara, 2008 citado por ALIAGA *et al.*, 2009).

Airahuacho *et al.* (2007) citado por ALIAGA *et al.* (2009), realizaron evaluaciones con la finalidad de determinar niveles óptimos de energía. En base a las normas del NRC (1995), considerando 100, 110 y 120% en relación a la densidad de energía, para la cual emplearon animales en la etapa de crecimiento durante 49 días. Los resultados mostraron mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia con dietas de mayor contenido de energía (110%).

CIPRIAN (2005), reportó energía digestibles de 3.0 mcal/kg de dieta, sin embargo niveles de energía metabolizables de 3.32; 3.47; 3.46 y 3.30 (testigo) mcal/kg de alimento concentrado y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) restringido al 20% del peso vivo, no mostraron diferencias estadísticas en ganancia de peso, reportando valores de 15.32; 14.92; 15.40 y 12.78 g/cuy/día respectivamente. ACEVEDO *et al.* (2009) sugieren un nivel de Energía Digestible de 3000 kcal/kg de dieta. Al evaluar raciones con diferente densidad energética, se encontró mejor respuesta en ganancia de peso y eficiencia alimenticia con las dietas de mayor densidad energética.

Energía digestible (ED), una vez que un alimento se consume y se somete a los procesos de degradación gastrointestinal, el restante se expulsa en las heces. Si al valor de energía bruta se le resta la energía contenida en la materia fecal, se obtiene el parámetro llamado energía digestible, que es indicativo de energía disponible para el animal (SHIMADA, 2005).

Determinando el calor de combustión de las heces y restando este valor de la Energía Bruta se obtiene la energía digestible aparente. Este valor se califica de aparente porque es la energía fecal que incluye la de productos metabólicos del cuerpo y la del alimento no digerido. La porción metabólica corresponde a los líquidos digestivos y a los residuos de la mucosa intestinal. En sentido estricto, está perdida es parte de la demanda de mantenimiento del animal. La energía digestible verdadera es el valor al que se llega restando solo la energía fecal de origen alimentario de la ingestión bruta energética (MAYNARD, 1992).

2.2.3. Fibra

El cuy es herbívoro puede aprovechar este componente nutricional mucho mejor en comparación a otros monogástricos (cerdos y aves), por la modificación anatómica de su ciego. Se recomienda un nivel de fibra para la etapa de gestación y lactancia de 8 a 17% y en crecimiento 10% (RICO, 2000). Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 8 al 18 por ciento. Cuando se trata de alimentar a

los cuyes como animal de laboratorio, donde solo reciben como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no solo 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 pasaje del contenido alimenticio a través de tracto digestivo (CIPRIAN, 2005).

CORONADO (2007), indica que el aporte de fibra está dado básicamente por el consumo de los forrajes que son fuente alimenticia esencial para los cuyes. 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 de fibra no menor de 18 por ciento. Los coeficientes de digestibilidad de la fibra de los forrajes son: la chala de maíz del 48.7 por ciento para la hoja y del 63.1 por ciento para el tallo, la alfalfa del 46.8 por ciento, la parte aérea del camote del 58.5 por ciento, y la grama china (*Sorghum halepense*) del 57.7 por ciento (SARAVIA *et al.*, 1994); y de insumos como el afrechillo del 60.0 por ciento y el maíz grano del 59,0 por ciento (NINANYA, 1974).

2.2.4. Grasa

El cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa o ácidos grasos no saturados. Su carencia produce un retardo en el crecimiento, además de dermatitis, úlceras en la piel, pobre crecimiento del pelo, así como caída del mismo. Esta sintomatología es susceptible de corregirse agregando

grasa que contenga ácidos grasos insaturados o ácido linoleico en una cantidad de 4 g/kg de ración. El aceite de maíz a un nivel de 3 por ciento permite un buen crecimiento sin dermatitis. En casos de deficiencias prolongadas se observaron poco desarrollo de los testículos, bazo, vesícula biliar, así como, agrandamiento de riñones, hígado, suprarrenales y corazón. En casos extremos puede sobrevenir la muerte del animal (ALIAGA *et al.*, 2009).

2.2.5. Agua

El agua está indudablemente entre los elementos más importantes que debe considerarse en la alimentación. El animal la obtiene de acuerdo a su necesidad de tres fuentes: una es el agua de bebida que se le proporciona a discreción al animal, otra es el agua contenida como humedad en los alimentos, y la tercera es el agua metabólica que se produce del metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno (MURILLO, 2008).

La necesidad de agua de bebida en los cuyes está supeditada al tipo de alimentación que reciben. Si se suministra un forraje succulento en cantidades altas (más de 200 g) la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario suministrar agua de bebida. 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 (CHAUCA, 1997).

Los cuyes de recría requieren entre 50 y 100 ml de agua por día pudiendo incrementarse hasta más de 250 ml si no recibe forraje verde y si el clima supera temperaturas de 30 °C. Bajo estas condiciones los cuyes que tienen acceso al agua de bebida se ven más vigorosos que aquellos que no tienen acceso al agua. En climas templados, en los meses de verano, el consumo de agua en cuyes de 7 semanas es de 51 ml y a las 13 semanas es de 89 ml. esto con suministro de forraje verde (chala de maíz: 100 g/animal/día) (GOMEZ Y VERGARA, 1994).

2.2.6. Vitaminas

Activan las funciones del cuerpo. Ayudan a los animales a crecer rápido, mejoran su reproducción y los protegen contra varias enfermedades. La vitamina más importante en la alimentación de los cuyes es la vitamina C porque su organismo no lo puede sintetizar por defecto genético. Su falta produce serios problemas en el crecimiento y en algunos casos puede causarles la muerte. El proporcionar forraje fresco al animal asegura una suficiente cantidad de vitamina C, el requerimiento de la vitamina C en los cobayos es de 200 mg/Kg de alimento en todas sus fases de crecimiento (RICO, 2000).

Este hecho se debe a la deficiencia genética de la enzima L-gulonolactona oxidasa, necesaria para la síntesis de esta vitamina a partir de la glucosa. Se cree que la vitamina C es necesaria para la formación y sostenimiento del colágeno y otras sustancias que contribuyen a mantener

unidas las células de los tejidos. Las vitaminas contribuyen, además, a la protección del organismo contra sustancias tóxicas, y regulan el ritmo del metabolismo de las células. (ALIAGA *et al.*, 2009). En la actualidad, en el mercado, existe una vitamina C protegida que no se degrada fácilmente y se utiliza en raciones secas, y produce con buenos resultados (VERGARA, 2008).

Generalmente los forrajes aportan buenas cantidades de vitaminas liposolubles, tales como la A, D y E, por ello, en dietas mixtas de forraje y concentrado es conveniente garantizar su consumo para evitar deficiencias. La flora microbial a nivel de ciego sintetiza las vitaminas del complejo B, como la vitamina B12 y otras que el animal aprovecha en el proceso de cecotrofia, en la práctica es conveniente utilizar premezclas de vitaminas y minerales para incluirlas en niveles de 0.2 a 0.4% en el suplemento, dependiendo de su concentración. La vitamina C es obtenida de los pastos verdes y, en la dieta mixta con suplementos, debe procurarse cubrir adecuadamente sus requerimientos (CAYCEDO, 2000).

2.2.7. Minerales

Los elementos minerales se encuentran en el cuerpo del animal cumpliendo varias funciones, tales como estructurales, bioquímicas, fisiológicas, entre otros. La mayoría de los minerales esenciales se encuentran en cantidades suficientes en el forraje y concentrado, otros deben ser suministrados en base a suplementos. La cantidad de materia mineral en las plantas es muy variable según la especie, y la distribución difiere notablemente

de aquella en los animales. El coeficiente de utilización digestiva real (CUD) de los minerales depende de la edad, pues cuanto más joven sea el animal, mejor utiliza los minerales; a mayor edad, menor retención, sobre todo el calcio (ALIAGA *et al.*, 2009).

GOMEZ Y VERGARA (1994), muchos de los minerales están presentes en suficiente cantidad en los ingredientes comunes como utilizados en la alimentación en base a forraje y concentrado; otros deben suplementarse a la dieta para asegurar el suministro. Ciertos ingredientes son deficientes en uno o más elementos minerales, por ejemplo, algunos granos de cereales son relativamente ricos en fósforo; las leguminosas son ricas en calcio, mientras que los suplementos proteicos de origen animal son fuentes de calcio y fósforo.

El cuy requiere de los minerales, tales como calcio, fósforo, magnesio, potasio, manganeso, zinc, cobre, hierro, yodo, selenio y cromo. Para su crecimiento y engorde, las necesidades de calcio son de 1.20%, y las de fósforo de 0.60%. Sin embargo, para la reproducción, estos valores se incrementan a 1.40% para calcio y 0.80% para fósforo. Esto ha permitido mejorar los cambios de peso y los tamaños de camada (MUÑOZ Y CAYCEDO, 1981).

2.3. Digestibilidad de los alimentos

CHURCH Y POND (1994), menciona que la digestibilidad, es una medida de la cantidad de la materia seca consumida que se degrada, digiere y

absorbe (desaparece) a lo largo del tracto digestivo *in vivo* se estima a partir de la diferencia entre la cantidad de alimento consumido (kg MS) y la cantidad de heces excretadas (kg MS). El dato obtenido a partir de estos parámetros es de digestibilidad aparente (no tiene en cuenta el material de origen endógeno y microbiano). ALIAGA *et al.* (2009), nos indica que la digestibilidad se define como la porción de un alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbida. Por lo general, se representa por el llamado coeficiente de digestibilidad (CD) o coeficiente de utilización digestiva que se expresa en porcentaje de materia seca. Los factores que afectan la digestibilidad dependen de los animales y de los alimentos, estos se describen a continuación:

2.3.1. Factores que dependen de los animales

Especie, un mismo alimento no es igualmente digestible para las diferentes especies animales, en especial, por la diferencia anatómica del sistema digestivo, como es el caso de los monogástricos y poligástricos.

Raza o Línea, también hay diferencias en la asimilación de los alimentos, dependiendo de las razas o líneas de una misma especie animal.

Individualidad, otros aspectos determinan diferencias individualidades de asimilación de los alimentos dentro de una misma especie y una misma raza o línea de animales, por ejemplo, el estado sanitario u otros.

2.3.2. Factores que dependen de los alimentos

Volumen de la ración, la cantidad consumida induce a una mayor velocidad de su paso por el tracto digestivo y un menor tiempo de incidencia de la actividad de los agentes digestibles.

Composición de la ración, la distribución adecuada en la ración de los principios nutritivos es importante para el normal desarrollo de las funciones fisiológicas del animal; en caso contrario, se incide negativamente en la digestibilidad de los alimentos.

Composición del alimento, la digestibilidad está relacionada con su propia composición; por ejemplo, el contenido de principios laxantes que aceleran su paso por el tracto digestible disminuye la digestibilidad.

Tratamientos al alimento, la preparación de los alimentos, la cocción, la trituración, el picado, etc. permiten aumentar en forma significativa la digestibilidad de algunos alimentos. El consumo de alimento está afectado por el tipo de forraje e insumos utilizados, nivel energético, temperatura ambiental, comportamiento individual y otros. Por lo tanto, la digestibilidad permite apreciar la calidad nutritiva de los alimentos, dando la posibilidad de utilizar los recursos existentes de una manera más eficiente para cubrir los requerimientos.

La información sobre digestibilidad se aplica para evaluar los alimentos o estudiar la utilización de los nutrientes, que es muy variable, ya

que depende de muchos factores que pueden alterar el grado de digestión. Dentro de dichos factores se encuentra el nivel de consumo de alimento, los trastornos digestivos, la frecuencia de alimentación, la deficiencia de nutrientes, el procesamiento de los alimentos y otros efectos relacionados con los nutrientes. Cabe mencionar que la composición química de un alimento es solamente un indicativo del contenido de nutrientes del mismo, mas no de la disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar con datos de digestibilidad (Beltrán, 1992 citado por VILLEGAS, 1993).

2.4. Digestibilidad de insumos alimenticios utilizados en la alimentación de cuyes

BURGOS Y LUNA (1984), determinaron la digestibilidad de los pastos Aubade y Tetralite (*Lolium sp*), obteniendo coeficientes de digestibilidad de la materia seca para el pasto Aubade (63.69%) y Tetralite (72.17%). Por otro lado, APRÁEZ *et al.* (1991), realizaron un estudio en clima frío para determinar la digestibilidad aparente de la alfalfa, del pasto imperial, del forraje de maíz y de saboya. La alfalfa (70.06%) y el forraje de maíz (59.09%) presentaron la mayor digestibilidad en materia seca, respecto a los pastos saboya (52.71%) y el imperial (48.63%).

Por su parte, un estudio realizado con forrajes arbóreos por CAYCEDO *et al.* (1994), en clima medio, determino la digestibilidad aparente en nacedero (*Trichanthera gigantea*), chachafruto (*Eritrina edulis*) y morera (*Morus indica*) frente al maíz forrajero (*Zea mays*). Los resultados indicaron que

tanto los forrajes morera (83.26%) como nacedero (78.68%) mostraron la mejor digestibilidad de materia seca respecto al chachafruto (58.59%) y al maíz forrajero (57.84%). Por otro lado, RICO (1995) indica que la digestibilidad de la materia seca del maíz forrajero (85.0%) fue superior a la de la alfalfa (78.0%). MOLLO Y RICO (1994), determinaron el consumo voluntario (CV) de forrajes empleados en la alimentación de cuyes en el Valle de Cochabamba. Los cuales fueron: avena (*Avena sativa*), triticale (*Triticum scoloriticum saratociense*), alfalfa (*Medicago sativa*) y maíz forrajero (*Zea mays*). Los cuales reportaron que para el triticale (49.5 g/día), la alfalfa (46.9 g/día), la avena (41.3 g/día) y el maíz (38.2 g/día).

PAZ (2012), determinó los coeficientes de digestibilidad de los pastos King grass (*Saccharum sinense*) y Alemán (*Echinochloa polystachya* H.B.K.) para cuyes en condiciones de trópico, siendo los valores encontrados para el pasto King grass: materia seca 75.31%, proteína bruta 74.01%, fibra bruta 76.62% y extracto etéreo 49.73%; y para el pasto Alemán: materia seca 72.72%, proteína bruta 71.30%, fibra bruta 75.96% y extracto etéreo 43.67% respectivamente.

Por otro lado, CARRASCO (2000), indica que los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (por especie forrajera, ya sean gramíneas o leguminosas); mientras mayor grado de digestibilidad reporten, se le atribuye a su mejor aprovechamiento de los alimentos y mejor calidad de los nutrientes contenidos en la materia seca. El consumo voluntario de alimento está afectado por el tipo de forraje empleado, el nivel energético, la temperatura ambiental, el

comportamiento individual y otros. El aprovechamiento de los alimentos se mide en función a la digestibilidad, la cual permite apreciar la calidad nutritiva de los mismos, y esto posibilita el empleo de los recursos existentes de manera más eficiente. De la misma manera, nos indica que las gramíneas, el maíz forrajero, la avena, el triticale y el *Lolium multiflorum* presentan, en general, mayor porcentaje de materia seca debido a sus bajas condiciones nutritivas (valor proteico) (ALIAGA *et al.*, 2009).

CASTRO Y CHIRINOS (1994), manifiestan coeficientes de digestibilidad de la materia seca de algunos insumos usados en la alimentación de cuyes demostrados de la siguiente manera: Harina de pescado primera (76.16%), harina de pescado segunda (65.30%) y maíz grano (71.38%). Del mismo modo, PANDURO (2008), reportó valores para coeficientes de digestibilidad de la materia seca del sachá inchi precocido peletizado (57.52%) y sachá inchi precocido extruido (47.49%). De la misma manera DURAND (2009), reportó valores para sachá inchi precocido peletizado (82.54%) y sachá inchi precocido extruido (76.71%), respectivamente.

Con respecto a la disminución de la digestibilidad de la materia seca, con la edad, se puede relacionar con el aumento de la concentración de los componentes de la pared celular (CAPANEMA *et al.*, 2005). Estudios realizados por VALENCIAGA *et al.* (2009) con *P. purpureum* vc. Cuba ct - 115, corrobora la marcada influencia de la edad en la digestibilidad de la materia seca, encontrándose una disminución en los valores de 67.90% al 59.33% de digestibilidad, a los 28 y 140 días de edad, respectivamente.

La exposición directa de los alimentos a los rayos solares, corriente de vientos y/o temperatura ambiental puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de estos factores. El proceso de secado se produce por la acción de aire cálido y seco, que pasa por los productos a secar, ubicados generalmente en bandejas de mallas. De esta forma la humedad contenida en los alimentos se evapora a la superficie de los mismos y pasa en forma de vapor al aire, que los rodea (VAZQUEZ, 1997).

2.4.1. Actividad cecotrófica

La cecotrófia es un proceso digestivo poco estudiado; se han realizado estudios a fin de caracterizarla. Esta actividad explica muchas respuestas contradictorias halladas en estudios realizados en prueba de raciones. La ingestión de las cagarrutas permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego y también permite reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (MERCADO *et al.*, 1974).

NINANYA (1974), menciona que para evaluar la actividad cecotrófica, medida a través de pruebas de digestibilidad, se ha utilizado chala de maíz (*Zea mays*), donde la digestibilidad de la materia seca, fue superior en 18% al compararla con la digestibilidad obtenido evitándola. Este efecto es menor cuando se evalúa un forraje de buena calidad como la alfalfa en 4.67%.

El afrecho de trigo, es utilizado en la crianza familiar-comercial de la costa central por su disponibilidad y bajo costo al compararlo con raciones elaboradas. Su inclusión como único suplemento justifica el estudio de su calidad nutritiva. Al evaluar el efecto de la actividad cecotrófica pudo apreciarse que la digestibilidad de este insumo se ve fuertemente afectada (29.07 por ciento menor) cuando se impide realizar dicha actividad (MURILLO, 2008).

2.5. Determinación del coeficiente de digestibilidad

Existen dos tipos de coeficientes de digestibilidad: la aparente y la real. La digestibilidad aparente de un nutriente es la que se obtiene restando al nutriente ingerido con el eliminado en las heces. No obstante las heces incluyen no solo nutrientes digestibles sino también otras como células descamadas del epitelio intestinal y enzimas digestivas. Si tenemos en cuenta estos compuestos y los restamos de las heces obtendremos el valor de la digestibilidad real (CRAMPTON Y HARRIS, 1974).

El mismo autor menciona que existen tres métodos para calcular la digestibilidad aparente del alimento uno por diferencial, método de indicadores y el método de colección total de heces o convencional. Así tenemos:

$$CD = \frac{N_{COS} - N_{EXCR}}{N_{COS}}$$

Donde:

CD = Coeficiente de digestibilidad.

N_{COS} = Nutriente consumido.

N_{EXCR} = Nutriente excretado en las heces.

2.6. Líneas Comerciales

El Instituto Nacional de Investigación Agraria (1994), ha desarrollado líneas comerciales de cuyes. Estas son líneas genéticas por selección estadística de parámetros productivos y reproductivos.

2.6.1. Línea Perú

CHAUCA (2005), reporta que la línea Perú ha sido seleccionada por su precocidad y prolificidad, pueden alcanzar su peso de comercialización a las nueve semanas, pueden presentar un índice de conversión alimenticia de 3.81 si los animales son alimentados en condiciones óptimas, su prolificidad promedio es de 2.8 crías por parto; son de pelaje tipo 1, de color alazán (rojo) puro o combinado con blanco.

VICENTE (2003), afirma que esta línea se caracteriza por tener una forma de cuerpo redondeada cabeza corta y ancha, un temperamento relativamente tranquilo, responde bien cuando se alimenta constantemente de pasto verde y una suplementación de concentrado logrando incremento de peso y una mejor conversión alimenticia.

2.6.2. Línea Andina

CHAUCA (2005), manifiesta que la línea Andina es seleccionada por su prolificidad, obtienen un mayor número de crías por parto (3.9 crías por parto), como consecuencia del aprovechamiento de su mayor frecuencia de presentación del celo post - parto (84%) en comparación de otras líneas. Por otro lado, VICENTE (2003), reporta que esta línea se caracteriza por presentar un pelaje de color blanco y su alta prolificidad (4 crías por parto).

2.6.3. Línea Inti

PADILLA (2006), señala que esta línea ha sido seleccionada por su precocidad corregida por el número de crías nacidas, es la que mejor se adapta a nivel de productores logrando los más altos índices de sobrevivencia. Alcanzan un promedio de 800 g a las diez semanas de edad, con una prolificidad de 3.2 crías por parto; predomina en el pelaje un color amarillo entero o combinado con blanco.

2.7. Sistemas de alimentación

CHAUCA (1997), afirman que los estudios de nutrición nos permiten determinar los requerimientos óptimos que necesitan los animales para lograr un máximo de productividad, pero para llevar con éxito una crianza es imprescindible manejar bien los sistemas de alimentación, ya que ésta no solo es nutrición aplicada, sino un arte complejo en el cual juegan importante papel los principios nutricionales y los económicos.

En cuyes los sistemas de alimentación se adaptan de acuerdo a la disponibilidad de alimento. La combinación de alimentos dada por la restricción, sea del concentrado que del forraje, hacen del cuy una especie versátil en su alimentación, pues puede comportarse como herbívoro o forzar su alimentación en función de un mayor uso de balanceados (MORENO, 1982).

MAYNARD (1992), sostiene que los sistemas de alimentación que es posible utilizar en la alimentación de cuyes son:

- Alimentación con forraje.
- Alimentación con forraje + concentrado (mixta).
- Alimentación con concentrado + agua + vitamina C (industrial).

2.7.1. Alimentación a base de forraje

El forraje es cualquier parte comestible de un vegetal que no daña el organismo, y que posee un valor nutritivo disponible. El vegetal debe tener los requisitos de aceptabilidad, disponibilidad y aporte de nutrientes. Los forrajes son la base de la dieta alimenticia en los cuyes y ayudan a la manutención. Aquellos, sean gramíneas, leguminosas anuales o perennes, pueden obtenerse de praderas nativas, naturales, artificiales y cultivos. Es importante indicar que con este tipo de alimentación no logra el mayor rendimiento de los animales, aunque si cubre la parte voluminosa (ALIAGA *et al.*, 2009).

Por su parte, el cuy es una de las especies herbívoras altamente adaptables, pues varía su selectividad de plantas de acuerdo a la disponibilidad de forraje; por ejemplo, si se dispone de gramíneas y no de leguminosas, las primeras representan la mayor parte de la dieta (MONCAYO *et al.*, 2009).

Este mismo autor indica que la calidad nutritiva, medida en términos de digestibilidad y proteína, sigue una tendencia similar a la producción de forraje y alcanza sus valores más bajos durante la época seca. Por el contrario, la digestibilidad incrementa en época de lluvia y, como consecuencia, durante este periodo, los animales experimentan una disminución en su rendimiento.

2.7.2. Alimentación mixta

Se denomina así al suministro de forraje y concentrado, este último complementa una buena alimentación, por lo que, para obtener rendimientos óptimos es necesario hacerlo con insumos accesibles desde el punto de vista económico y nutricional. Cabe mencionar que el forraje asegura la ingestión adecuada de fibra y ayuda a cubrir, en parte, los requerimientos de algunos nutrientes; por otro lado, el alimento concentrado satisface los requerimientos de proteína, energía, minerales y vitaminas. Con esta alimentación se logra el rendimiento óptimo de los animales (ALIAGA *et al.*, 2009).

El mismo autor menciona que el alimento suplementario, además, de poco volumen, pero con elevada concentración de nutrientes, alta digestibilidad y bajo contenido de fibras. Los ingredientes utilizados para la preparación deben ser de buena calidad y de bajo costo; la elaboración del alimento se debe realizar de acuerdo al requerimiento nutritivo y según la etapa fisiológica.

RICO (1995) señala que, con la alimentación mixta, se logra mejores rendimientos óptimos para satisfacer los requerimientos de proteína, energía, minerales y vitaminas. Cuando se efectúa la dotación de concentrado más la parte forrajera, el concentrado puede constituir el 40% de toda la alimentación. Un factor que se debe tomar en cuenta es que los forrajes no se encuentran disponibles todo el año, es por eso que se debe recurrir a un suplemento. Se ha demostrado que el cuy responde mejor a un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Un animal bien alimentado exterioriza su bagaje genético y mejora notablemente su conversión alimenticia.

Cuyes de un mismo germoplasma alcanzan incrementos de 546.6 g con alimentación mixta, mientras que los alimentados solamente con forraje alcanzan incrementos de 274.4 g (CHAUCA, 1997). En criaderos familiares y comerciales, los cuyes lactantes reciben de 5 a 10 g de suplemento, de 15 a 25 g en su fase de levante y de más de 30 g en la etapa de engorde (ALIAGA *et al.*, 2009).

Cabe mencionar que el cuy lactante consume 100 a 200 g de forraje y 10 g de concentrado por día; mientras que un cuy recién destetado puede consumir de 200 a 300 g de forraje y 20 g de concentrado con un 10% de proteína por día (Villegas 1933, citado por CAYCEDO 2000). Por su parte, un animal en crecimiento debe consumir de 80 a 100 g de forraje; aproximadamente desde la cuarta a la octava semana de edad. Su alimentación diaria alcanza de 120 a 160 g de forraje verde (ALIAGA, 1979). Asimismo, un animal adulto consume diariamente de 300 a 400 g de forraje y 30 g de concentrado (CORREA, 1988).

BELTRÁN *et al.* (1984), utilizando varias raciones (en cuyes de engorde) con zanahoria, pasto y concentrado. Las cantidades diarias, en cada animal, y el alimento se basó en 10, 20, 30 y 40 g de concentrado, 200 g de pasto rye grass y zanahoria a voluntad. El consumo de materia seca se incrementó a medida de que aumentaron las cantidades diarias de concentrado. En la misma proporción, se presentaron tanto el comportamiento como los aumentos de peso, y los resultados fueron superiores cuando el animal consumió 40 g de concentrado.

2.7.3. Alimentación industrial

El cuy, en su proceso de digestión, no sintetiza vitamina C; por lo tanto, en este tipo de alimentación, se debe administrar dicha vitamina de forma directa o disuelta en agua (ESQUIVEL, 1994). Por otro lado, la alimentación balanceada no se ejerce de forma permanente, ya que en nuestro

medio está condicionada por la escasez de forraje. Al utilizar alimento balanceado se debe preparar una ración que satisfaga los requerimientos nutritivos de los cuyes. Los consumos por animal al día se incrementan y pueden bordear los 40 o 60 g; esto depende de la calidad de la ración, el porcentaje mínimo de fibra debe ser 9% y el máximo de 18%. En lo posible, debe ser peletizado, ya que hay un mayor desperdicio en las raciones en polvo (ALIAGA *et al.*, 2009).

2.8. Pasto Maralfalfa (*Pennisetum hybridum*)

Es un híbrido de *Pennisetum purpureum* y *P. tiphosi*. Existen reportes de que es gran calidad forrajera, succulento y de mejor palatabilidad que otras especies forrajeras. Es una gramínea que se cultiva hasta los 2200 m.s.n.m. y es exclusivamente de corte; se debe cosechar temprano en prefloración para obtener un forraje de alta digestibilidad con adecuado contenido de nutrientes (MEZA, 1988).

Por otra parte, el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fue el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* Leeke con el *Pennisetum purpureum* Schum combinando varios recursos forrajeros, calidad nutricional y alto rendimiento de materia seca (BERNAL, 1991). Para la alimentación de cuyes, se cosecha entre 0.80 a 1 m de altura, con la siguiente composición química: 23% de materia seca; 10 a 12% de proteína; 25% de fibra; 70% de nutrientes digestibles totales; 0.69% de calcio y 0.21% de fósforo. Este análisis corresponde a un pasto de 42 días de edad (CAYCEDO, 2000).

Por otro lado, FAO (2004), encuentra frecuentemente en suelos húmedos (60 - 80%); además tolera una temperatura entre 15 a 40°C. Presenta un alto rendimiento de materia seca, sin embargo el contenido de proteína es bajo. Alcanza alturas de hasta 3.5 m. Es necesario resaltar que para la alimentación de los cuyes no debe encañar y, por lo tanto, hay necesidad de cosecharlo de 1 a 1.5 m en estado tierno y así aprovechar adecuadamente sus nutrientes. Su contenido de proteína esta generalmente, entre 8 y 10% con un alto nivel de fibra (28%). La digestibilidad de su proteína varía entre 54 y 61%, con una producción de forraje verde de 30 a 40 toneladas por hectárea y por corte (BERNAL, 1991).

CARULLA *et al.* (2004), nos mencionan la composición química de la materia seca del pasto maralfalfa a diferentes edades de corte de la siguiente manera: a los 90 días (26% MS), a los 60 días (10.7% MS) y a los 47 días (9.4% MS). De la misma manera, GUAMANQUISPE (2012), indica que las características nutritivas del pasto maralfalfa son los siguientes: 21% de materia seca, 16% de proteína, 24% de fibra, 3% de grasa y 14% de ceniza.

CORREA (2007), determinó la composición química y características importantes en la utilización de la Maralfalfa como pasto que se pueda usar en condiciones adversas y como elemento dentro de circunstancias de sobrevivencia, en un tiempo de madurez de 90 - 120 días y en condiciones de lluvia. Para lo cual los datos de materia seca y proteína respectivamente fueron los siguientes: maralfalfa México (21% MS) y (13 - 16% PT); y maralfalfa Colombia (20% MS) y (16 - 21% PT).

SOSA *et al.* (2006), encontró valores digestibles de la maralfalfa en la alimentación de cabras como el coeficiente digestible de la materia seca (CDMS) 68.11%, coeficiente digestible de la proteína cruda (CDPC) 75.22% y coeficiente digestible del extracto etéreo (CDEE) 77.50% respectivamente. Por otra parte; PAZ (2012), determinó los coeficientes de digestibilidad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) para cuyes en condiciones de trópico, siendo los valores encontrados de la siguiente manera: materia seca 72.48%, proteína bruta 56.11%, fibra bruta 75.20% y extracto etéreo 55.09%; respectivamente.

2.9. Productos secundarios

2.9.1. Estiércol

Entre todas las especies domésticas, la producción de estiércol de cuy es la más alta en cantidad y también en calidad. Como su capacidad de ingesta es tres veces mayor que el vacuno y dos veces mayor que el ovino, la producción de excretas guarda esta proporción, pues se encuentra correlacionada en forma directa al volumen de alimento consumido (ALIAGA *et al.*, 2009).

El mismo autor hace una comparación de la cantidad de estiércol producido durante un año de explotación de mil kilos de cuyes frente a las otras especies de igual peso, de la siguiente manera: cerdo (35.55), cuy (29.02), vaca (26.66), toro (18.88), caballo (17.77), oveja (13.33) y gallina (10.00) toneladas; respectivamente. Quedando en segundo lugar el cuy frente a otras especies como mayor productor de heces por tonelada al año.

Por otra parte, también nos menciona la cantidad de materia seca de cuyinasa proveniente de cuyes en diferentes estadios fisiológicos, de la siguiente manera: madres gestantes (67.44%), madres con cría (69.28%), recién destetados con alfalfa (68.70%), recién destetados con alfalfa más chala (77.00%) y recría (78.68%); respectivamente.

2.10. Confort animal

2.10.1. Localización del plantel

Es uno de los primeros aspectos a tener en cuenta a la hora de fijar un programa de bioseguridad. En ocasiones, el éxito o fracaso de este depende del lugar donde se ubican los galpones y su aislamiento. Por eso, cuanto más aislado esté el plantel, menos probabilidades hay de que pueda ser transitado y visitado por personal ajeno a la granja (QUILES Y HEVIA, 2003).

Independientemente de la correcta orientación del galpón en función de la altitud y latitud de la zona (en zonas cálidas y templadas, el galpón se orienta respecto al recorrido del sol: este a oeste; en zonas frías, la cuyera se orienta de manera que los rayos ingresen y calienten: de norte a sur), este debe mantenerse lo más alejado posible de otros, así también de establos de ganadería, naves avícolas (distancia mínima 200 m) u otras especies (distancia mínima 3 km). Asimismo, la explotación debe mantenerse alejada y aislada de cualquier centro urbano, matadero, basurero; esto debido a que aun en condiciones climáticas óptimas, los cuyes pueden infectarse por microorganismos transportados en polvo (ALIAGA *et al.*, 2009).

2.10.2. Áreas utilizadas en la crianza de cuyes

El área en los bioterios está en función del peso de los animales. Para los cuyes con pesos entre 100 y 250 gramos se recomienda 277 cm² por animal y cuyes que superan los 350 gramos se requiere por animal 652 cm². Debe de considerarse que los cuyes adultos no superan los 500 gramos en el bioterio, los cuyes manejados en bioterios son de tamaño pequeño por lo que las áreas que recomiendan diferentes investigadores difieren a las que se utilizan para los cuyes productores de carne (INIA, 1994).

Por otra parte, descritos por Journal of Medical Education (1960), Smith (1962), Departamento de Agricultura USA (1963), Lane (1963), Jones (1966), Oficina Panamericana de Salud (1968) y Compañía Hoeltge (1970); citados por INIA (1994) nos mencionan el área recomendada para cuyes de 500 g en bioterios, de la siguiente manera: 0.1524 m², 0.1115 m², 0.1160 m², 0.1000 m², 0.1150 m², 0.0980 m² y 0.0900 m²; respectivamente. De la misma manera Humala (1971), Otero (1971), Montesinos (1972), Zaldívar (1977) y Moncayo (1992); citados por INIA (1994) también nos menciona las áreas recomendadas para cuyes productores de carne, de la siguiente manera: 0.1300 m², 0.0975 m², 0.0699 m², 0.1000 m² y 0.1000 m²; respectivamente.

VALVERDE *et al.* (2006), realizando evaluaciones en áreas para cuyes; obtuvo mejores ganancias de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa, porcentaje de grasa en carcasa y mérito económico con un área recomendada a 0.0977 m²/animal/8 animales; frente a otras áreas pero con cantidades de animales diferentes.

2.10.3. Comederos para la alimentación en cuyes

Para alimentos concentrados, éstos deben ser sencillos y prácticos, para que puedan manipularse y limpiarse con facilidad; de esta manera se evita el pisoteo, volteo y contaminación de los pastos, pudiendo ser de diversos materiales (plástico, metal, entre otros), siendo los más utilizados los modelos tipo tolva e incluso se puede aprovechar cualquier recipiente que ante hubiera tenido otra función: una vasija de barro, pana, etc., que no tengan bordes cortantes que pueda ser peligroso para los animales. Para forraje, deben ser recipientes hechos con malla metálica en cuyo interior se introduce el forraje que el cuy ira mordisqueando desde fuera, es más provechoso para el animal ya que consumirá todo el forraje y habrá menor suciedad en la jaula (RICO, 2000).

SANCHEZ *et al.* (2013), evaluando cuatro tipos de comederos para forraje: de malla sobre el piso en forma cilíndrica (CMP), malla colgante en forma de U (MCU), parrilla de fierro con patas sobre el piso (PFP) y tolva de malla en forma de V compartida (TMV), además del método tradicional de ofrecer el forraje directamente sobre el piso (DSP). Encontró que con el empleo de éstos comederos mejoró la eficiencia en consumo de forraje, consumo total de alimento y la relación beneficio costo; siendo el modelo MCU el que resultó ser el mejor. En cuanto a los parámetros evaluados se concluye que el uso de comederos beneficia productiva y económicamente a las crianzas comerciales de cuyes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha del experimento

El experimento se realizó en el área de animales menores del Centro de Investigación Capacitación y Extensión de la Facultad de Zootecnia. Estas instalaciones están localizadas en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicada a 09° 17' 58" de latitud sur y 76° 01' 07" de longitud oeste, con una altitud de 660 m.s.n.m.; la temperatura promedio anual de 24.85 °C, con una humedad relativa promedio de 80% y una precipitación pluvial media de 3200 mm distribuidos durante todo el año; ecológicamente considerada como bosque muy húmedo pre – montano subtropical (UNAS, 2014).

El trabajo de investigación tuvo una duración de 1 mes, el cual constó: en 15 días de trabajo de campo y 15 días de laboratorio, desde el 1 de marzo hasta el 1 de abril del 2014.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación de tipo experimental.

3.3. Animales experimentales

Se utilizó 48 cuyes machos de 722.04 ± 77.74 g de peso vivo, de 3 meses de edad (fase de acabado) de las líneas Perú, Inti y Andina; procedentes del módulo de la Facultad de Zootecnia.

3.4. Instalaciones, equipos y materiales

Se utilizó el galpón destinado para trabajos de pruebas biológicas, adaptada para estudios de metabolismo de la Facultad de Zootecnia, cuyas características son: Largo 25 m, ancho 10 m y altura 3 m; piso de concreto con una pendiente de 3%; techo de calamina a dos aguas, zócalo de 60 cm de concreto, paredes de malla metálica; instalaciones eléctricas, vigas y postes de madera.

Para realizar el experimento, se colocaron 48 jaulas para estudios de digestibilidad, siendo 24 jaulas cónicas y 24 jaulas cúbicas. Cada jaula contó con un comedero, un bebedero y un recipiente donde se colectaron las heces (foto 10); además se utilizó una balanza digital con capacidad de 5000 g, con una aproximación a 1 g para el registro de los pesos y el control de peso del alimento a suministrar.

Las dimensiones de la jaula cónica fueron: diámetro: 26 cm., radio: 13 cm., altura: 18 cm. y área: 0.1061 m^2 . Comederos tipo tolva para forraje y balanceado con bebederos metálicos (Figura 1).



Figura 1. Dimensiones y área de la jaula cónica.

Las dimensiones para la jaula cúbica fueron: largo: 63 cm., ancho: 34 cm., altura: 48 cm. y área: 0.2142 m². Comederos de plástico para el balanceado y el forraje se oferta en el piso con bebederos de arcilla (Figura 2).



Figura 2. Dimensiones y área de la jaula cúbica.

3.5. Alimentación

La alimentación de los cuyes fué según el tipo de alimento a evaluar, para ello se distribuyeron en 3 grupos:

- Grupo I: forraje verde de Maralfalfa (3.5 meses de edad y en época de lluvia), al cual se le ofertó 250 g/día/animal.
- Grupo II: mixta (forraje verde de Maralfalfa más ración concentrada), al cual se le ofertó 200 g de forraje/día/animal y 50 g de concentrado/día/animal (jaula cúbica) y 200 g de forraje/día/animal y 90 g de concentrado/día/animal (jaula cónica).
- Grupo III: Industrial (ración balanceada más vitamina C), al cual se le ofertó 50 g/día/animal (jaula cúbica) y 90 g de concentrado/día/animal (jaula cónica).

A cada grupo se divide en 2 sub – grupos (tipo de jaula: cónica, cubica) y cada sub – grupo contó con 8 repeticiones, la unidad experimental estuvo representada por un animal en su respectivo tipo de jaula. La ración balanceada fué producida en la Planta de Alimentos El Granjero de la Facultad de Zootecnia para la fase de acabado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutricional de la ración balanceada El Granjero para cuyes en la fase de acabado.

RACIÓN 1 (MIXTA)		RACIÓN 2 (INDUSTRIAL)	
COMPOSICIÓN PORCENTUAL		COMPOSICIÓN PORCENTUAL	
INSUMOS	%	INSUMOS	%
Maíz molido	50.820	Maíz molido	42.350
Afrecho de trigo	23.620	Afrecho de trigo	19.683
Torta de soya 45%	22.910	Torta de soya 45%	19.092
Harina de alfalfa	0.000	Harina de alfalfa	16.700
Carbonato de calcio	1.570	Carbonato de calcio	1.308
Fosfato bicálcico	0.140	Fosfato bicálcico	0.117
Sal común	0.480	Sal común	0.400
Premix	0.100	Premix	0.083
BHT	0.100	BHT	0.083
Promotor de crecimiento	0.050	Promotor de crecimiento	0.042
L- lisina 78.4%	0.005	L- lisina 78.4%	0.004
DL- metionina	0.134	DL- metionina	0.112
L-treonina	0.002	L-treonina	0.002
Total	100.000	Total	100.000
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL		COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	
NUTRIENTES	UNIDAD	NUTRIENTES	UNIDAD
Proteína bruta, %	18.00	Proteína bruta, %	18.00
Energía digestible, kcal/kg	2900.00	Energía digestible, kcal/kg	2900.00
Fibra bruta, %	8.00	Fibra bruta, %	10.00
Fosforo total, %	0.45	Fosforo total, %	0.45
Sodio, %	0.22	Sodio, %	0.22
Lisina, %	0.93	Lisina, %	0.93
Metionina, %	0.40	Metionina, %	0.40

Fuente: Planta de Alimentos Balanceados – UNAS.

3.6. Sanidad

El galpón y las jaulas para realizar el estudio de digestibilidad se desinfectaron con detergente y lejía, luego se pasó con cal viva en las paredes y el piso; se desinfectaron los comederos y bebederos, se colocó pediluvio en la entrada del galpón, como medida de prevención contra el ingreso de enfermedades. En el primer día del experimento los cuyes fueron desparasitados con Ivermectina al 1%, vía oral con una dosis de 2 gotas/animal.

3.7. Metodología para el desarrollo del trabajo de investigación

El método biológico utilizado para determinar la digestibilidad aparente en cuyes fue por colecta total adaptado de CRAMPTON Y HARRIS (1974) que consiste en dos fases:

- Fase I: Adaptación de 1 a 7 días
- Fase II: Colecta de 8 a 12 días

3.7.1. Fase I: Adaptación

Esta fase tiene como finalidad de distribuir y acostumbrar a los animales a su nuevo ambiente controlado como: jaula, alimento ofrecido promoviendo su consumo, además de evitar la presencia de otros insumos no considerados en el estudio a nivel del tracto gastrointestinal de los animales,

información que permitirá realizar el ajuste para la fase de colección tales como:

- Registrar el peso vivo de los animales.
- Determinar el consumo de alimento, pesando el alimento ofrecido, alimento sobrante y alimento desperdiciado. Con los datos de consumo de alimento se ajustó el consumo en función al peso metabólico.
- Determinar la producción diaria de heces por animal.

3.7.2. Fase II: Colección

Esta fase comprende la etapa experimental propiamente dicha, utilizando la información obtenida en la Fase I, se tomaron los siguientes datos: Consumo de alimento (forraje verde y ración balanceada), la cantidad de heces por cada repetición. Para iniciar y terminar la fase de colección se utilizó un marcador del alimento balanceado el óxido férrico (Ocre) al 1% incorporado al alimento, proporcionándose al cuy al inicio y final de la fase de colecta. De la misma manera para el forraje se realizó en base a horarios y la frecuencia de colecta se realizó cada 24 horas por cada sistema de alimentación.

Las heces, durante esta fase se pesaron en su totalidad (colección total), almacenadas en congelación. Al final de la fase de colecta se descongelaron las muestras y fueron secadas a 60°C por 72 horas en una estufa de aire circulante, para posteriormente ser molidas y enviadas al laboratorio para sus respectivos análisis.

3.7.3. Análisis de laboratorio

En el Laboratorio de Nutrición Animal y Espectrofotometría de la Facultad de Zootecnia se procedió a hacer los análisis de laboratorio del alimento y las heces. Para ello, se tomaron muestras del alimento (forraje, ración balanceada) y heces, para determinar la materia seca, descrita por (AOAC, 1997).

3.7.4. Cálculo de la digestibilidad aparente de la materia seca (DMSap)

$$DMSap = \frac{MS_{CONS} - MS_{EXCR}}{MS_{CONS}}$$

Donde:

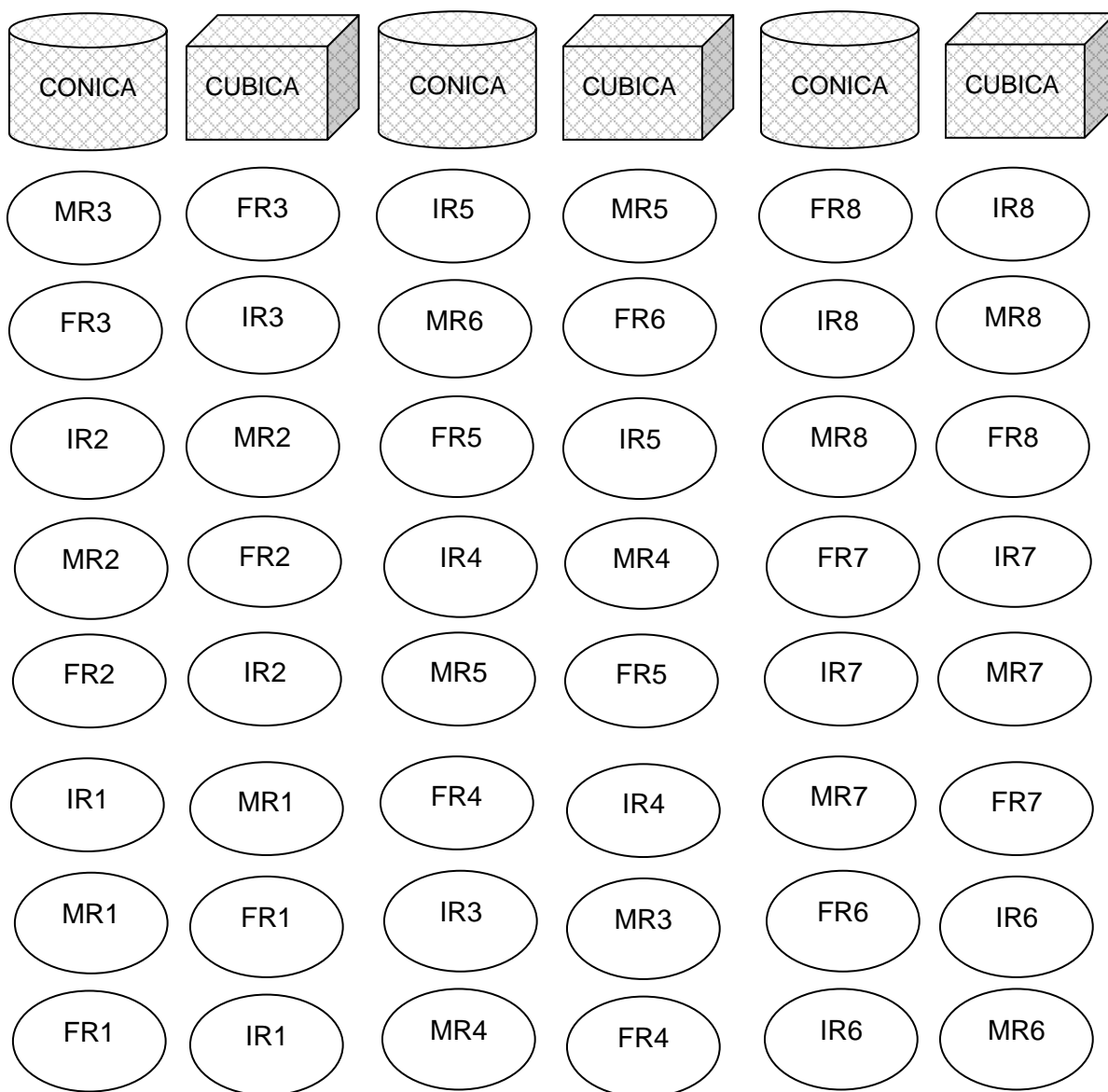
MS_{CONS} = Materia seca consumida en el alimento.

MS_{EXCR} = Materia seca excretada en las heces.

3.8. Variables independientes

- Consumo de alimento fresco y seco (g)
- Cantidad de heces frescas y secas (g)
- Desperdicios (g)
- Variabilidad de la Digestibilidad (%)

3.9. Distribución de los grupos (croquis)



F: forraje M: mixta (concentrado + forraje verde) I: Industrial R: repeticiones

3.10. Análisis estadístico

A cada grupo de alimento (forraje, mixta e industrial) se realizó un test de hipótesis para 2 promedios (t de student) y un test de hipótesis para 2 varianzas (Levene), respectivamente. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico INFOSTAT versión 2014.

Para comparar la diferencia entre medias se realizó la prueba de medias (t de student). Cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

Donde:

- t = Valor estadístico de la prueba t de Student.
- \bar{X}_1 = Valor promedio del grupo 1.
- \bar{X}_2 = Valor promedio del grupo 2.
- σ_p = Desviación estándar ponderada de ambos grupos.
- n_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1.
- n_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2.

Para comparar la diferencia entre varianzas se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas (Levene). Cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k N_i (Z_{i\cdot} - Z_{\cdot\cdot})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - Z_{i\cdot})^2}$$

Donde:

W = resultado de la prueba.

k = número de diferentes grupos a los que pertenecen los casos muestreados.

N = número total de casos en todos los grupos.

N_i = número de casos en la i grupo.

Y_{ij} = valor de la variable medida para la j caso de la i grupo.

$Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}_i|$, \bar{Y}_i = media de los i grupo.

$Z_{..} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij}$ = media de todos los Z_{ij} .

$Z_{i.} = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij}$ = media de la Z_{ij} para el grupo de i .

3.11. Variables dependientes

- Tipo de jaula
- Tipo de alimento

IV. RESULTADOS

4.1. Valores promedios \pm desviaciones estándar de consumo de alimento, cantidad de heces producidas y digestibilidad aparente de la materia seca utilizando dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica) en tres sistemas de alimentación (forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial)

4.1.1. Alimento a base de forraje verde de Maralfafa (*Pennisetum hybridum*)

El Cuadro 2, muestra los valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido (fresco y base seca), cantidad de heces producidas (frescas y base seca) y la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos en los diferentes modelos de jaulas (cónica y cúbica); obteniéndose diferencias no estadísticas ($p > 0.05$) para la digestibilidad de los alimentos respectivamente.

Cuadro 2. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación a base de forraje verde de Maralfalfa.

Modelo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
N	37	40	Prom	D. E.
ACF, g	194.72 \pm 34.82 ^b	216.27 \pm 31.24 ^a	0.006	0.507
HF, g	76.88 \pm 25.24 ^a	59.63 \pm 16.52 ^b	0.001	0.011
ACBS, g	47.40 \pm 8.48 ^b	52.64 \pm 7.61 ^a	0.006	0.508
HBS, g	28.11 \pm 9.10 ^b	33.06 \pm 8.87 ^a	0.018	0.875
DMS, %	41.76 \pm 14.45	36.72 \pm 17.10	0.168	0.311

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACF = Alimento Consumido Fresco; HF = Heces Frescas; ACBS = Alimento Consumido Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

4.1.2. Alimento a base de Maralfalfa más ración concentrada (alimentación mixta)

El Cuadro 3, muestra los valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido (fresco y base seca), cantidad de heces producidas (frescas y base seca) y la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos en los diferentes modelos de jaulas (cónica y cúbica); obteniéndose diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para la digestibilidad de los alimentos entre promedios.

Cuadro 3. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación mixta (sin desperdicios).

Modelo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
N	40	40	Prom	D. E.
ACTF, g	149.93 \pm 18.01 ^b	172.13 \pm 18.65 ^a	<0.0001	0.828
HF, g	31.81 \pm 9.15 ^b	38.39 \pm 8.71 ^a	0.002	0.761
ACTBS, g	56.78 \pm 8.09 ^b	63.43 \pm 7.58 ^a	0.0003	0.690
HBS, g	14.88 \pm 3.53 ^b	21.26 \pm 3.63 ^a	<0.0001	0.865
DMS, %	73.82 \pm 4.92 ^a	66.38 \pm 4.93 ^b	<0.0001	0.990

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACTF = Alimento Consumido Total Fresco; HF = Heces Frescas; ACTBS = Alimento Consumido Total Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

El Cuadro 4, muestra los valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido (fresco y base seca), cantidad de heces producidas (frescas y base seca) y la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos en los diferentes modelos de jaulas (cónica y cúbica); obteniéndose diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para la digestibilidad de los alimentos entre promedios.

Cuadro 4. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación mixta (con desperdicios promedio).

Modelo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
N	40	40	Prom	D. E.
ACTF, g	149.93 \pm 18.01 ^b	164.53 \pm 18.65 ^a	0.001	0.828
HF, g	31.81 \pm 9.15 ^b	38.39 \pm 8.71 ^a	0.002	0.761
ACTBS, g	56.78 \pm 8.09	56.81 \pm 7.59	0.985	0.690
HBS, g	14.88 \pm 3.53 ^b	21.26 \pm 3.63 ^a	<0.0001	0.865
DMS, %	73.82 \pm 4.92 ^a	62.39 \pm 5.64 ^b	<0.0001	0.397

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACTF = Alimento Consumido Total Fresco; HF = Heces Frescas; ACTBS = Alimento Consumido Total Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

4.1.3. Alimento con ración balanceada más vitamina C (alimentación industrial)

El Cuadro 5, muestra los valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido (fresco y base seca), cantidad de heces producidas (frescas y base seca) y la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos en los diferentes modelos de jaulas (cónica y cúbica); obteniéndose diferencias no estadísticas ($p < 0.05$) para la digestibilidad de los alimentos respectivamente.

Cuadro 5. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación industrial (sin desperdicios).

Modelo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
N	40	40	Prom	D. E.
ACF, g	39.64 \pm 8.66	42.84 \pm 6.47	0.065	0.071
HF, g	21.10 \pm 7.19	21.17 \pm 6.98	0.966	0.853
ACBS, g	34.83 \pm 7.61	37.64 \pm 5.68	0.065	0.072
HBS, g	9.46 \pm 2.53	10.34 \pm 2.78	0.143	0.565
DMS, %	72.42 \pm 5.97	72.65 \pm 5.81	0.863	0.869

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACF = Alimento Consumido Fresco; HF = Heces Frescas; ACBS = Alimento Consumido Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

El Cuadro 6, muestra los valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido (fresco y base seca), cantidad de heces producidas (frescas y base seca) y la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos en los diferentes modelos de jaulas (cónica y cúbica); obteniéndose diferencias no estadísticas ($p < 0.05$) para la digestibilidad de los alimentos entre promedios.

Cuadro 6. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación industrial (con desperdicios promedio).

Modelo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
N	40	40	Prom	D. E.
ACF, g	39.64 \pm 8.66	38.74 \pm 6.47	0.600	0.071
HF, g	21.10 \pm 7.19	21.17 \pm 6.98	0.966	0.853
ACBS, g	34.83 \pm 7.61	34.08 \pm 5.69	0.618	0.072
HBS, g	9.46 \pm 2.53	10.34 \pm 2.78	0.143	0.565
DMS, %	72.42 \pm 5.97 ^a	69.68 \pm 6.47 ^b	0.050	0.869

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACF = Alimento Consumido Fresco; HF = Heces Frescas; ACBS = Alimento Consumido Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

V. DISCUSIÓN

5.1. Valores promedios \pm desviaciones estándar de consumo de alimento, cantidad de heces producidas y digestibilidad aparente de la materia seca utilizando dos modelos de jaulas metabólicas (cónica y cúbica) en tres sistemas de alimentación (forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial)

5.1.1. Alimento a base de forraje verde de Maralfafa (*Pennisetum hybridum*)

Consumo de alimento

ALIAGA *et al.* (2009), mencionan que el forraje es cualquier parte comestible de un vegetal que no daña el organismo, y que posee un valor nutritivo disponible, el cual debe tener los requisitos de aceptabilidad, disponibilidad y aporte de nutrientes, siendo los forrajes la base de la dieta alimenticia en los cuyes y ayudan a la manutención, sin embargo es importante que la alimentación a base de pasto no se logra los mayores rendimientos de los animales, aunque si cubre el requerimiento de consumo diario de alimento.

En el cuadro 2, se muestran los valores para los consumos de alimentos en forma fresco (194.72 y 216.27 g) y en forma seco (47.40 y 52.40 g) determinados en dos modelos de jaula cónica y cúbica; respectivamente. Los consumos de alimento expresados en base seca son ligeramente mayores a los reportados por MOLLO Y RICO (1994), quienes determinaron el consumo voluntario en cuyes de cuatro forrajes en base seca en el Valle de Cochabamba (Bolivia); utilizando: avena (*Avena sativa*) 41.3 g/día, triticale (*Triticum scototricum saratociense*) 49.5 g/día, alfalfa (*Medicago sativa*) 46.9 g/día y maíz forrajero (*Zea mays*) 38.2 g/día; respectivamente. El cuy en su etapa de engorde puede consumir de 200 a 300 g de forraje por día (Villegas, 1933; citado por CAYCEDO, 1985), lo cual indica que el Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), está dentro de los rangos de consumo y palatabilidad apropiadas.

El cuadro 2, muestran que existen diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los consumos de alimento tanto fresco (216.27 ± 31.24 vs 194.72 ± 34.82 g) como en base seca (52.64 ± 7.61 vs 47.40 ± 8.48 g) obteniéndose un mayor consumo de forraje en cuyes sometidos en la jaula cúbica. Estos se explicarían a que mayores consumos de alimento voluntario de pastos estaría afectado por la temperatura ambiental, el comportamiento individual, línea o especie, instalaciones entre otros aspectos (ALIAGA *et al.*, 2009).

Entre los factores que explicarían la diferencia que existen entre los consumos mostrados en los dos modelos de jaulas, se atribuirá a las dimensiones que varían en área requerida: para las jaulas cónicas (con

diámetro: 26 cm; radio: 13 cm; altura: 18 cm; y, área: 0.1061 m²), y en las jaulas cúbicas (con largo: 63 cm. ancho: 34 cm. altura: 48 cm. área: 0.2142 m²). Para ello, VALVERDE *et al.* (2006), recomiendan un área de 0.0977 m²/animal, en la cual se obtuvieron las mejores ganancias de peso, consumos de alimento, conversión alimenticia, rendimientos de carcasa, porcentaje de grasa en carcasa y mérito económico. Así mismo INIA (1994), menciona que en cuyes de bioterio hasta los 0.5 kg de peso requieren de 0.10 a 0.15 m². Por lo cual las dimensiones de ambas jaulas varían extraordinariamente, ya que en la jaula cúbica tiene una mayor área de más del doble de lo recomendado (0.2142 m²) frente al área de la jaula cónica (0.1061 m²), que está dentro del rango recomendado por dichos autores.

La forma del comedero para la alimentación es de tipo tolva en la jaulas cónicas y el forraje ofertado está separado por una malla (foto 3), lo cual hace que el cuy fuera más selectivo al momento de coger su alimento y hace que sea más eficiente a la hora de alimentarse; mientras que en las jaulas cúbicas el forraje ofertado se le proporciona en la misma jaula (foto 4), ya que no tenía un modelo adecuado para proporcionar dicho alimento y por ende el cuy tenía más disponibilidad de consumir de manera más severa el forraje proporcionado. En ese sentido el tipo de comedero de forraje concuerda con lo mencionado por RICO (2000), quien comenta que los comederos para forraje deben ser recipientes hechos con malla metálica en cuyo interior se introduce el forraje para que el cuy consuma desde fuera, ya que de esta manera se aprovecha que el animal consuma todo el forraje y hay menor suciedad en la jaula.

Utilizando algunos tipos de comederos para forraje resulta ventajoso frente al método tradicional (forraje sobre el piso), tal como lo mencionan SANCHEZ *et al.* (2013), quienes evaluaron cuatro tipos de comederos para forraje: 1) malla sobre el piso en forma cilíndrica (CMP); 2) malla colgante en forma de U (MCU); 3) parrilla de hierro con patas sobre el piso (PFP) y 4) tolva de malla en forma de V compartida (TMV), además del método tradicional de ofrecer el forraje directamente sobre el piso (DSP); todos los tipos de comederos fueron mejores frente al método tradicional (forraje sobre el piso). Siendo el comedero MCU, el mejor en términos de favorecer la eficiencia en consumo, ganancia de peso, consumo total de alimento, costo de producción unitario y relación beneficio – costo.

Cantidad de heces

En el cuadro 2, se muestran los valores de producción de heces frescas (76.88 vs 59.63 g) y secas (28.11 vs 33.06 g) para las jaulas cónicas y cúbicas en cuyes alimentados a base de forraje. Los cuales están dentro del rango apropiado como menciona ALIAGA *et al.* (2009), que entre todas las especies domésticas, la producción de estiércol de cuy es la más alta en cantidad y también en calidad. Como su capacidad de ingesta es tres veces mayor que el vacuno y dos veces mayor que el ovino, la producción de excretas guarda esta proporción, pues se encuentra correlacionada en forma directa al volumen de alimento consumido.

Respecto a la cantidad de heces frescas, se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los modelos de jaulas, obteniéndose mayor producción de heces en las jaulas modelo cónicas; con 76.88 ± 25.24 g,

frente a 59.63 ± 16.52 g de heces de las jaulas cúbicas, siendo menos variable las jaulas cúbicas frente a las jaulas cónicas. Para lo cual ALIAGA *et al.* (2009), mencionan que éstas variaciones se deberían probablemente al comportamiento individual de cada cuy, ya que en teoría no se sabe con exactitud si el animal más pesado produce más heces que un animal menos pesado y viceversa.

Para la cantidad de heces seca, se encontró diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre promedios, obteniéndose una producción formable para las jaulas cúbicas; 33.06 ± 8.87 g frente a 28.11 ± 9.10 g de las jaulas cónicas. Esta diferencia se explicaría a que en las jaulas cúbicas se tiene como recipiente colector un bastidor forrado con malla de 1 mm^2 tipo tamiz (foto 6), lo cual al estar dispersas las heces sobre éste tamiz y de forma directa con las corrientes de aire, la temperatura ambiental y el tiempo de colecta (24 horas) hacen que dichas heces se mantengan más secas y escurran mejor la humedad de estas mismas.

Ocurriendo lo contrario para las jaulas cónicas, ya que por recipiente colector tiene una bandeja plástica de 38 cm de diámetro y paredes de 18 cm de altura (foto 5), forma cerrada que junta las heces en forma aglomerada, haciendo que mantengan su humedad de manera constante al evitar la evaporación de la humedad de las heces.

Estas afirmaciones concuerdan con VAZQUEZ (1997), quien dice que la exposición directa de las materias húmedas a los rayos solares, corrientes de vientos y/o temperatura ambiental puede ser perjudicial en cuanto a su cantidad y calidad (pérdida del color natural, destrucción de

nutrientes). Aparte los productos a secar ubicados generalmente en bandejas de mallas la acción del aire cálido y seco, que pasa por sobre ellos el proceso de secado se produce porque la humedad contenida en los mismos se evapora a la superficie y pasa en forma de vapor al aire, que los rodea.

Digestibilidad aparente de la materia seca

En el cuadro 2, se muestran los valores para la digestibilidad aparente de la materia seca obtenidos del 41.76% para las jaulas cónicas y 36.72% para las jaulas cúbicas, estos valores encontrados están por debajo de lo reportado por PAZ (2012), quien utilizando jaulas tipo cónicas, determinó coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca en cuyes para los pastos King grass (*Saccharum sinense*), Alemán (*Echinochloa polystachya H.B.K.*) y Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), en condiciones de trópico, con valores de 75.31, 72.72 y 72.48% respectivamente.

Estos valores independiente al modelo de jaula, están por debajo de lo obtenido por BURGOS Y LUNA (1984), quienes determinaron la digestibilidad aparente de la materia seca de los pastos Aubade (63.69%) y Tetralite *Lolium sp.* (72.17%); a lo reportado por APRÁEZ *et al.* (1991), quienes determinaron digestibilidades para la alfalfa (70.06%), del pasto imperial (48.63%), del forraje de maíz (59.09%) y del pasto saboya (52.71%).

En estudios realizados con forrajes arbóreos en cuyes por CAYCEDO *et al.* (1994), en clima medio determinó la digestibilidad aparente para los forrajes morera (*Morus indica*) 83.26% como nacedero (*Trichanthera gigantea*) 78.68% mostraron las mejores digestibilidades de materia seca,

respecto al chachafruto (*Eritrina edulis*) (58.59%) y al maíz forrajero (*Zea mays*) (57.84%).

Para las digestibilidades de la materia seca, obtenidos no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en los dos modelos de jaulas, cónicas ($41.76 \pm 14.45\%$) frente a cúbicas ($36.72 \pm 17.10\%$). En el caso de las jaulas cúbicas, se observaron respuestas de digestibilidad negativa (anexo 14); esto se debería a que el aprovechamiento de los alimentos se mide en función a la digestibilidad, la cual permite apreciar la calidad nutritiva de los mismos, y esto posibilita el empleo de los recursos existentes de manera más eficiente.

Entre los factores que estarían afectando la digestibilidad de la materia seca, estarían los animales (especie, raza o línea, individualidad) y de los alimentos como la tasa de pasaje y composición química del alimento. Dentro de estos factores, se encuentra el nivel de consumo de alimento, los trastornos digestivos, la frecuencia de alimentación, la deficiencia de nutrientes, presentación física del alimento (picado, entero) y otros efectos relacionados con los nutrientes (ALIAGA *et al.*, 2009).

El mismo autor describe que las gramíneas como el maíz forrajero, la avena, el triticale y el *Lolium multiflorum* presentaron en general, mayores porcentajes de materia seca debido a sus bajas condiciones nutritivas (valor proteico). MONCAYO *et al.* (2009), mencionan que la calidad nutritiva, medida en términos de digestibilidad y proteína, sigue una tendencia similar a la producción de forraje y alcanza sus valores más bajos durante la época seca, y los valores de la digestibilidad incrementa en la época de lluvia, durante esta época los animales experimentan una disminución en su rendimiento.

CAPANEMA *et al.* (2005) menciona que la disminución de la digestibilidad de la materia seca con la edad, se puede relacionar con el aumento de la concentración de los componentes de la pared celular.

Estos resultados son corroborados por VALENCIAGA *et al.* (2009) con *P. purpureum* vc. Cuba ct - 115, encuentra la marcada influencia de la edad en la digestibilidad de la materia seca, encontrándose una disminución en la digestibilidad de 67.90% al 59.33%, a los 28 y 140 días de edad. En este estudio se reportaron estos valores, por considerarse un forraje maduro (3.5 meses de edad), la calidad nutritiva influya en la digestibilidad, también disminuyera gradualmente en su porcentaje de materia seca y por otro lado cabe aclarar que este trabajo se realizó en época de lluvia.

5.1.2. Alimento a base de Maralfalfa más ración concentrada (alimentación mixta).

Consumo de alimento

La alimentación mixta en cuyes, es el suministro de forraje y concentrado, ya que una alimentación de cuyes con gramíneas (Maralfalfa), con frecuencia no se cubren las necesidades nutritivas, en tal sentido es necesario suplementar con concentrados de granos, y de esta manera se logra satisfacer sus necesidades alimenticias lo que permite obtener rendimientos óptimos; es necesario hacerlo con insumos accesibles desde el punto de vista económico y nutricional. El consumo de forraje verde asegura la cantidad adecuada de fibra y vitamina C que ayuda a cubrir en parte los requerimientos de algunos nutrientes; y el alimento concentrado cubre los requerimientos de

proteína, energía, minerales y vitaminas. Con esta alimentación se logra el rendimiento óptimo de los animales (ALIAGA *et al.*, 2009); cuando se efectúa la dotación de concentrado, esta puede constituir el 40% de toda la alimentación (RICO 1995).

En el cuadro 3, los consumos de alimento fresco y seco obtenidos en las jaulas cónicas y cúbicas fueron: 149.93 ± 18.01 y 56.78 ± 8.09 g; y de 172.13 ± 18.65 ; y 63.43 ± 7.58 g. Mientras que en el cuadro 4, se reportan los siguientes consumos: 149.93 ± 18.01 y 56.78 ± 8.09 g; y de 164.53 ± 18.65 g y 56.81 ± 7.59 g. Los consumos de forraje n cuyes están por debajo, mientras que los consumos de concentrado están dentro del rango apropiado (anexos 11, 12 y 13) tal y como nos menciona Villegas (1933); citado por CAYCEDO (1985), quien indica que el cuy en su etapa de acabado puede consumir de 200 a 300 g de forraje y 20 a 40 g de concentrado por día. Por otro lado, en criaderos familiares y comerciales, los cuyes en la etapa de engorde reciben más de 30 g (ALIAGA *et al.*, 2009). Estos consumos son similares al presente trabajo (anexos 11, 12 y 13), respectivamente.

Por su parte, BELTRÁN *et al.* (1986), evaluando varias raciones en cuyes de engorde a base de zanahoria, pasto y concentrado, los consumos diarios de cada animal, y el alimento estuvo compuesto por una mezcla de 10, 20, 30 y 40 g de concentrado, 200 g de pasto rye grass y zanahoria a voluntad. El consumo de materia seca se incrementó a medida de que aumentaron las cantidades diarias de concentrado. En la misma proporción, se presentaron tanto el comportamiento como los aumentos de

peso, y los resultados fueron superiores cuando el animal consumió 40 g de concentrado. Resultado, este último, que se asemejan a nuestro trabajo de investigación, ya que los cuyes consumieron 32 g/animal/día.

Un factor que se debe tomar en cuenta es que los forrajes no se encuentran disponibles todo el año, es por eso que se debe recurrir a un suplemento. Se ha demostrado que el cuy responde mejor a un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Un animal bien alimentado exterioriza su bagaje genético y mejora notablemente su conversión alimenticia. Cuyes de un mismo germoplasma alcanzan incrementos de 546.6 g con alimentación mixta, mientras que los alimentados solamente con forraje alcanzan incrementos de 274.4 g (CHAUCA, 1997). Esto se demostró en dicha prueba experimental ya que los cuyes alimentados a base de una ración mixta tuvieron pesos por encima de su peso inicial, mientras los que estuvieron alimentados en base a forraje bajaron gradualmente, debido a que con una alimentación a base de forrajes no suple de una mejor manera sus necesidades nutricionales (anexo 16).

En el cuadro 3, se muestra que existe diferencia estadística ($p < 0.05$) entre promedios con respecto al consumo de alimento fresco y en base seca, obteniéndose mayor consumo en las jaulas cúbicas; 172.13 a 149.93, 63.43 a 56.78 g respectivamente. Mientras en lo que respecta a desviación estándar no hay diferencia estadística ($p > 0.05$), lo cual en el cuadro 4, se muestra que existe diferencia estadística ($p < 0.05$) entre promedios solamente con respecto al consumo de alimento fresco, obteniéndose mayor consumo en las jaulas cúbicas; 164.53 a 149.93 g.

Mientras en lo que respecta a promedios de consumo de alimento en base seca y desviación estándar no hay diferencia estadística ($p > 0.05$). Esto se debe a que el consumo voluntario de alimento está afectado por el la temperatura ambiental, el comportamiento individual, línea o especie, tipo de comedero y otros (ALIAGA *et al.*, 2009).

De igual forma como lo mencionado en la alimentación a base de forraje verde, unos de los factores por el se explicaría son las dimensiones de las diferentes jaulas (cónica y cúbica), como se pueden observar en las fotos 1 y 2. Y estos los mencionan VALVERDE *et al.* (2006) y INIA (1994).

De tal manera también tenemos que recalcar la forma y tipo del comedero para la alimentación, en la jaula cónica el comedero de forraje es de tipo tolva y separado por una malla, y para el concentrado un comedero tipo tolva; respectivamente (fotos 3 y 7), lo cual hace que los cuyes en cierta manera sean más cuidadoso a la hora de obtener su alimento, pero a la misma vez hacen que sean más eficientes a la hora de alimentarse; mientras que en la jaula cúbica el forraje ofertado se le proporcionaba en la misma jaula y el tipo de comedero para el concentrado era un envase de plástico que en cierta forma no era adecuadamente estable (fotos 4 y 8), ya que hacía que los cuyes en su gran mayoría pisotearan y voltearan el alimento ofertado y por ende tuviera más desperdicios y dificultades al momento de la colecta.

Por tal razón los consumos en concentrado, en cierta forma se encuentran enmascarados y haciendo de cierta manera que se sobrevaloren los datos recolectados en las pruebas de campo. Por eso en el

cuadro 4, el alimento consumido en base seca resulta no significativo haciendo que dichas jaulas sean iguales estadísticamente y de la misma forma el consumo de alimento en fresco descienda un poco en su cantidad consumida, debido a que en este cuadro se está considerando los desperdicios promedios que se han podido en cierta forma inferir, ya que en la jaula cúbica los cuyes en su gran mayoría desperdiciaban sus alimentos y se mezclaban con la orina y heces (foto 9).

De tal manera lo podemos corroborar en el anexo 15, que a medida que se van infiriendo los desperdicios que en cierta manera se han podido recolectar, su consumo va descendiendo progresivamente y eso se manifiesta en el cuadro 4, ya que lo poco que se ha podido recoger de los tamices considere en el estudio experimental; mientras que en el cuadro 3 no se consideraron los desperdicios.

Para lo cual, RICO (2000) nos indica que para concentrado, deben ser comederos sencillos y prácticos, para que se puedan manipular y limpiar con facilidad. De esta manera se evita el pisoteo, el volteo y contaminación de los pastos. Pueden ser de diversos materiales (plástico, metal, entre otros), los más utilizados son los modelos tipo tolva e incluso se puede aprovechar cualquier recipiente que ante hubiera tenido otra función: una vasija de barro, pana, etc., y es muy importante que no tenga borde cortante que pueda ser peligroso para los animales.

Cantidad de heces

En los cuadros 3 y 4, muestran los valores de producción de heces frescas y secas obtenidos en las jaulas cónicas y cúbicas fueron de: 31.81 y 38.39; 14.88 y 21.26 g. Al igual que en la alimentación a base de forraje se encuentran dentro de los rangos reportados por ALIAGA et al. (2009).

En estos mismos cuadros, se muestra que existe evidencias estadísticas ($p < 0.05$) entre promedios con respecto a la producción de heces frescas y en base seca, obteniéndose mayor producción en las jaulas cúbicas; 38.39 a 31.81, 21.26 a 14.88 g. Con respecto a las heces frescas al igual que en la alimentación a base de forraje y como menciona ALIAGA *et al.* (2009), también está influenciado por el comportamiento individual de cada cuy, y que en teoría no se puede todavía inferir con precisión si un animal más pesado produce más heces que un animal menos pesado y viceversa de igual manera.

Por otro lado con las heces en base seca, se infiere que la diferencia estadística es debido a que la jaula cúbica tiene como recipiente colector un bastidor tipo tamiz (foto 6), lo que en cierta manera hacen que dichas heces se mantengan más secas y escurran mejor la humedad de estas mismas. Por otra parte, también el alimento desperdiciado que los cuyes generaban al momento de tomar sus alimentos, hicieron que la gran mayoría se mezclasen con dichas heces. Lo cual no sucede en la jaula cónica, ya que por recipiente colector tienen una bandeja plástica (foto 5), el cual junta todas las heces en forma aglomerada, mientras que en el otro caso de forma esparcida y/o tendida, tal y como indica VAZQUEZ (1997).

Digestibilidad aparente de la materia seca

En los cuadros 3 y 4, se muestran los valores en promedios sin y con desperdicios con respecto a la digestibilidad aparente de la materia seca, y encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) de igual manera ocurre en el anexo 15, obteniéndose mayores digestibilidades en la jaula cónica; con 73.82% a 66.38% y 73.82% a 62.39%. ALIAGA *et al.* (2009), indica que entre los factores que influyen sobre la digestibilidad dependen de los animales (especie, raza o línea, individualidad) y de los alimentos (volumen de la ración, composición de la ración, composición del alimento y tratamientos al alimento).

El mismo autor indica, que el aprovechamiento de los alimentos se mide en función a la digestibilidad, la cual permite apreciar la calidad nutritiva de los mismos. La composición química de un alimento es solamente un indicativo del contenido de nutrientes del mismo, mas no de la disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar con datos de digestibilidad (Beltrán, 1992 citado por VILLEGAS, 1993).

En los cuadros 3 y 4, los valores de digestibilidad de la materia seca son mucho más eficientes en las jaulas cónicas; y estadísticamente superaron a las digestibilidades obtenidas en las jaulas cúbicas; esto es debido a que en estas jaulas los cuyes aprovechen de mejor forma sus alimentos haciendo que en su ingesta sea más eficiente al momento de su alimentación, como mencionan SANCHEZ *et al.* (2013) y RICO (2000).

Aparte los valores en los cuadros 3 y 4 difieren gradualmente, ya que en el cuadro 4 se está considerando los desperdicios

promedios que se han podido en cierta forma inferir, ya que en la jaulas cúbicas los cuyes en su gran mayoría desperdiciaban sus alimentos y se mezclaban con la orina y heces (foto 9), haciendo que lo poco que se ha podido recolectar se considere en el estudio experimental; mientras que por otro lado en el cuadro 3 no se consideraron los desperdicios, tal y como lo indica RICO (2000).

5.1.3. Alimento a base de ración balanceada más vitamina C (alimentación industrial)

Consumo de alimento

El cuy, en su proceso de digestión, no sintetiza vitamina C; por lo tanto, en este tipo de alimentación, se debe administrar dicha vitamina de forma directa, esto es, incorporado en el alimento (ESQUIVEL, 1994). El cual en dicho trabajo también se le proporcionó de la misma forma ya que es un animal que necesita dicha vitamina por vía dietaria.

El cuadro 5, muestran los consumos de alimento fresco 39.64 y 42.84 g, y de alimento seco 34.83 y 37.64 g obtenidos de las jaulas cónicas y cúbicas. Mientras que en el cuadro 6, los valores fueron los siguientes: 39.64 y 38.74; 34.83 y 34.08 g. Lo cual está dentro del rango apropiado como menciona ALIAGA *et al.* (2009), que en criaderos familiares y comerciales, los cuyes lactantes reciben de 5 a 10 g de suplemento, de 15 a 25 g en su fase de levante y de más de 30 g en la etapa de engorde.

El mismo autor indica, que la alimentación balanceada no se ejerce de forma permanente, puesto que en nuestro medio está condicionada por la escasez de forraje. Al utilizar un alimento balanceado se debe preparar una ración que satisfaga los requerimientos nutritivos de los cuyes. Los consumos por animal al día se incrementan, y pueden bordear los 40 o 60 g; esto depende de la calidad de la ración, el porcentaje mínimo de fibra debe ser 9%, y el máximo, de 18%. En lo posible, el alimento balanceado debe ser peletizado, ya que hay un mayor desperdicio en las raciones en polvo.

En el cuadro 5, se muestran que no existen diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre promedios y desviaciones estándar entre jaulas cúbicas y jaulas cónicas con respecto al consumo de alimento fresco y en base seca, 42.84 ± 6.47 g a 39.64 ± 8.66 g; y de 37.64 ± 5.68 g a 34.83 ± 7.61 g. En el cuadro 6, se muestran que no existe diferencia estadística ($p>0.05$) entre promedios y desviaciones estándar entre jaulas cúbicas y jaulas cónicas con respecto a los consumos de alimento fresco y en base seca, 38.74 ± 6.47 g a 39.64 ± 8.66 g; y de 34.08 ± 5.69 g a 34.83 ± 7.61 g.

Esto se debe a que los desperdicios en el cuadro 5 no se consideraron y lo poco que se pudo recolectar se está incluyendo en el cuadro 6, notándose que con lo que se pudo recolectar los consumos empiezan a descender gradualmente; ya que en el tipo de jaula cúbica el comedero por más que se le asegurara siempre tenía inestabilidad haciendo que el cuy siempre volteara su alimento; lo cual RICO (2000) menciona que un comedero debe ser sencillo, práctico y manipulable, y de tal forma se evite el pisoteo y volteo por parte de los cuyes.

Cantidad de heces

En los cuadros 5 y 6, los valores de producción de heces frescas y secas en las jaulas cónicas y cúbicas fueron: 21.10 ± 7.19 g y 21.17 ± 6.98 g; y de 9.46 ± 2.53 g y 10.34 ± 2.78 g. Al igual que en la alimentación a base de forraje y la alimentación mixta está dentro del rango reportado como menciona ALIAGA *et al.* (2009).

En estos mismos cuadros, se muestra que no existe diferencia estadística ($p > 0.05$) entre jaulas cúbicas y jaulas cónicas con respecto a la producción de heces frescas y en base seca, 21.17 a 21.10 g; y de 10.34 a 9.46 g, respectivamente. Esto es debido a que las heces en las jaulas cúbicas se mezclaban con el alimento desperdiciado y la orina, ya que por recipiente recolector tiene un tamiz de malla y todo el alimento se esparce sobre este mismo, y de igual manera la orina ya que no tiene una forma adecuada de poder controlarla; haciendo que nuestros valores reportados no sean iguales a los mencionados por ALIAGA *et al.* (2009) y VAZQUEZ (1997).

Digestibilidad aparente de la materia seca

En el cuadro 5, se muestran las digestibilidades de la materia seca con valores de 72.42 y 72.65% y en el cuadro 6, con valores de 72.42 y 69.68% obtenidos en las jaulas cónicas y cúbicas obtenidos para una alimentación sin y con desperdicios respectivamente. Estos valores encontrados se encuentran dentro de los reportados por CASTRO Y CHIRINOS (1994), quienes manifiestan que las digestibilidad de la materia seca de algunos insumos usados en la alimentación de cuyes están

demostrados de la siguiente manera: Harina de pescado primera 76.16%, harina de pescado segunda 65.30% y maíz grano 71.38%. De la misma manera DURAND (2009), reportó valores para sachá inchi precocido peletizado 82.54% y sachá inchi precocido extruido 76.71%, respectivamente.

Las digestibilidades de la materia seca obtenidos para una alimentación en cuyes con alimentación industrial sin desperdicios, se muestran en el cuadro 5 (72.42 a 72.65%), no existiendo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre ellos; y con desperdicios se muestran en el cuadro 6 (72.42 a 69.68%), habiendo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) a favor de las jaulas cónicas frente a las jaulas cúbicas respectivamente.

Por lo cual ALIAGA *et al.* (2009), mencionan que los factores que afectan la digestibilidad dependen de los animales (especie, raza o línea, individualidad) y de los alimentos (volumen de la ración, composición de la ración, composición del alimento y tratamientos al alimento), y entre estos factores se encuentra el consumo de alimento, los trastornos digestivos, etc.

Cabe mencionar que la composición química de un alimento es solamente un indicativo del contenido de nutrientes del mismo, mas no de la disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar con datos de digestibilidad (Beltrán, 1992 citado por VILLEGAS, 1993). Al igual que en la alimentación a base de forraje y alimentación mixta, los factores que condicionan dichos resultados se deberían a las dimensiones de las diferentes jaulas, la forma y el tipo de comedero empleado para su respectiva alimentación y la forma del recipiente para coleccionar las heces, argumentos reportados por VALVERDE *et al.* (2006); INIA (1994) y RICO (2000).

Respecto a los valores de digestibilidad aparente de la materia seca indicados en los cuadros 5, 6 y anexo 17 van difiriendo gradualmente, ya que en el cuadro 6 nos muestran valores de los desperdicios promedios que se han podido en cierta forma inferir; debido a que en la jaula cúbica los cuyes en su gran mayoría desperdician sus alimentos, volteando sus comederos y de tal forma hace que ese alimento se mezclasen con su propia orina y heces (foto 9).

De tal modo el alimento desperdiciado se enmascare como si el animal lo hubiese consumido propiamente dicho, porque al momento de hacer la recolección de este desperdicio sea imposible por los motivos de que se combinaran con sus heces y orina respectivamente; y en cierta manera van generando que los valores tomados en campo, hicieran que se sobreestimasen el peso de las heces y sobrevaloren los consumos respectivos de cada animal; y lo mínimo que se ha recoger de los tamices recolectores se considere en el estudio experimental, haciendo de tal manera que los valores encontrados en el cuadro 6 sean significativos entre las respectivas jaulas (cónica y cúbica).

Mientras que por otro lado en el cuadro 5 no se consideraron los desperdicios y en el anexo 17 lo mínimo que se pudo recolectar de algunos cuyes/día, y debido a esto se nota la gran diferencia que al no considerar estos desperdicios recolectados; ambas jaulas no presentan significancia, haciendo que sean iguales estadísticamente, de igual forma como lo sucedido en la alimentación a base de forraje y mixta; los cuales mencionan VAZQUEZ (1997) y RICO (2000).

VI. CONCLUSIONES

- El modelo de jaula metabólica que permite controlar mejor el consumo de alimento, cantidad de heces en el uso de la prueba biológica de digestibilidad aparente de la materia seca en cuyes con forraje verde, alimentación mixta y alimentación industrial es la jaula cónica.

- Los valores del consumo de alimento (fresco y base seca) según el tipo de jaula son:

Jaula cónica para forraje verde fueron: 194.72 ± 34.82 y 47.40 ± 8.48 g; para alimentación mixta: 149.93 ± 18.01 y 56.78 ± 8.09 g; y para alimentación industrial: 39.64 ± 8.66 y 34.83 ± 7.61 g.

Jaula cúbica para forraje verde fueron: 216.27 ± 31.24 y 52.64 ± 7.61 g; para alimentación mixta: 172.13 ± 18.65 y 63.43 ± 7.58 g (sin desperdicios), 164.53 ± 18.65 y 56.81 ± 7.59 g (con desperdicios promedio); y para alimentación industrial: 42.84 ± 6.47 y 37.64 ± 5.68 g (sin desperdicios), 38.74 ± 6.47 y 34.08 ± 5.69 g (con desperdicios promedio).

- Los valores para la cantidad de heces (frescas y base seca) según el tipo de jaula son:

Jaula cónica para forraje verde fueron: 76.88 ± 25.24 y 28.11 ± 9.10 g; para alimentación mixta: 31.81 ± 9.15 y 14.88 ± 3.53 g; y para alimentación industrial: 21.10 ± 7.19 y 9.46 ± 2.53 g.

Jaula cúbica para forraje verde fueron: 59.63 ± 16.52 y 33.06 ± 8.87 g; para alimentación mixta: 38.39 ± 8.71 y 21.26 ± 3.63 g; y para alimentación industrial: 21.17 ± 6.98 y 10.34 ± 2.78 g.

- Los valores de la digestibilidad aparente de la materia seca según el tipo de jaula son:

Jaula cónica para forraje verde fueron: $41.76 \pm 14.45\%$; para alimentación mixta: $73.82 \pm 4.92\%$; y para alimentación industrial: $72.42 \pm 5.97\%$.

Jaula cúbica para forraje verde fueron: $36.72 \pm 17.10\%$; para alimentación mixta: $66.38 \pm 4.93\%$ (sin desperdicios), $62.39 \pm 5.64\%$ (con desperdicios); y para alimentación industrial: $72.65 \pm 5.81\%$ (sin desperdicios), $69.68 \pm 6.47\%$ (con desperdicios promedio).

VII. RECOMENDACIONES

- Calibrar mejor las dimensiones (tamaño, área y espacio) e implementar tipos de comederos y bandejas recolectoras adecuados para cada ensayo biológico en el modelo de jaula cúbica.
- Aumentar la altura y el área en el modelo de jaula cónica para cuyes en la etapa de acabado.

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF TWO METABOLIC CAGE MODELS BASED ON DIGESTIBILITY ASSAYS IN GUINEA PIGS (*Cavia porcellus* L.)

The present research was conducted at the Center for Research, Training and Extension, animals minor area and the Animal Nutrition and Spectrophotometry laboratory of the Animal Science Faculty. These installations are located at Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria city, district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado and Huanuco region. The objective was to determine which metabolic cage model (conic or cubic) allows the best consumption of feed and the amount of produced feces by using the biologic test of apparent digestibility of dry matter in guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) during the final stage with different feeding systems (forage, mixed and industrial). Three groups were distributed (forage, mixed and industrial), each group was divided in two sub groups (cage model: conic, cubic) and each sub group included 8 repetitions, the experimental unit was represented by one animal. The apparent digestibility in guinea pigs was determined by using the method of total collection; for the balanced feed, and a marker of 1% ferric oxide was incorporated into the feed; for the forage, it was performed based on schedules, and the frequency of collection was performed every 24 hours for each feeding system. The feces were weighted, stored and dried up in their totality at 60 °C for 72 hours in an air circulating heater, to be grinded and sent to the laboratory for their analysis of dry matter through an air

circulating heater a 105 °C for 10 hours. The feeds and feces (fresh and dry base) mostly obtained were from the cubic cages, finding statistic differences ($p < 0.05$) for the forage and mixed feed system in comparison to the conic cages. The more efficient dry matter's apparent digestibility were found in the conic cages reporting statistic differences ($p < 0.05$) in all groups. Therefore, the model of metabolic cage that allows a better control of basic information in the use of the biologic test of apparent digestibility of dry matter in guinea pigs of three systems of feeding is the conic cage.

Key words: Guinea pigs, metabolic cages, digestibility, dry matter, research, feed.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, G., AGUILERA, R., ALCAYAGA, T., ALFARO, C. 2009. Secuencia Lógica de Evaluaciones para Determinar el Valor Nutritivo de un Alimento. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias Universidad de Chile. Chile.
- ALIAGA, L. 1979. Producción de cuyes. Primera edición. Departamento de Publicaciones de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- ALIAGA, L., MONCAYO, R., RICO, E., CAYCEDO, A. 2009. Producción de cuyes. Primera edición. Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientae. Lima – Perú. 808 pág.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- APRAEZ, E., BURGOS, A. Y CAYCEDO, A. 1991. Digestibilidad aparente de los pastos alfalfa (*Medicago sativa*), Imperial (*Axonopus scorparius*), forraje de maíz (*Zea mays*) y Saboya (*Holcus lanatus*) en cuyes. Universidad de Nariño. Colombia.

- BELTRAN, R., LOPEZ, L. Y CAYCEDO, A. 1984. Utilización del pasto tetralite (*Lolium hybridum*), zanahoria (*Daucus carota*) y diferentes niveles de concentrado en crecimiento y engorde de cuyes. Universidad de Nariño. Colombia.
- BERNAL, J. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Tercera Edición. Bogotá – Colombia.
- BURGOS, A. Y LUNA, C. 1984. Digestibilidad aparente de los pastos Raygrases, Tetralite y Aubade, en cuyes tipo carne. Universidad de Nariño. Colombia.
- CAPANEMA, E. A.; BALAKSHIN, M. Y. Y DADLA, J. F. 2005. A comprehensive approach for quantitative lignin characterization by NMR spectroscopy. J. Agric. Food Chem. 52: 1850 – 1860.
- CARRASCO, W. 2000. Estudio bromatológico de las principales especies forrajeras en la zona andina de Cajamarca. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Lima – Perú.
- CARULLA, J., CARDENAS, E., SANCHEZ, N. Y RIVEROS, C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Medellín – Colombia.

- CASTRO, B. Y CHIRINOS, P. 1994. Avances en nutrición y alimentación en cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- CAYCEDO, A. 2000. Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Contribución al desarrollo técnico de la explotación. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. 386 pág.
- CAYCEDO, A., FLORES, L. Y SALAZAR, G. 1994. Digestibilidad aparente de forrajes arbóreos y maíz en cuyes. Universidad de Nariño. Colombia.
- CHAUCA, F. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.). Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). La Molina, Lima – Perú. 134 pág.
- CHAUCA, L. 2005. Sistema de Producción de Cuyes en serie de guía Didáctica. Crianza de Cuyes. INIA. Lima – Perú. 84 pág.
- CHURCH, D. C. Y POND, W. G. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa. México. 438 pág.
- CIPRIAN, R. 2005. Evaluación del tamaño de partícula y nivel de fibra en el concentrado para cuyes (*Cavia porcellus* L.) en crecimiento. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 82 pág. (Tesis).
- CORONADO, M. 2007. Manual técnico para la crianza de cuyes en el valle del Mantaro. Edit. Talleres Garfios PRESSCOM. Huancayo. 58 pág.

- CORREA, R. 1988. La crianza del cuy. Instituto Colombiano Agropecuario. Pasto – Colombia.
- CORREA, C. 2007. Calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Penisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. Universidad Nacional de Colombia. Medellín – Colombia.
- CRAMPTON, W. Y HARRIS, E. 1979. Nutrición Animal Aplicada. Editorial Acribia. 756 pág.
- DURAND, L. 2009. Digestibilidad de los nutrientes y energía metabolizable de la torta de sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.), precocido peletizado y precocido extruido, en cuyes (*Cavia porcellus* L.). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 49 pág. (Tesis).
- ESQUIVEL, J. 1994. Criamos cuyes. Instituto de Investigaciones Sociales (IDIS). Cuenca – Ecuador.
- FAO. 2004. Producción de cuyes. Unidad Sanidad Animal. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. 70 pág.
- GOMEZ, C., Y VERGARA, V. 1994. Fundamentos de la Nutrición y Alimentación. Serie Guía Didáctica sobre Crianza de Cuyes. INIA – CIID. Lima, Perú.

- GUAMANQUISPE, M. 2012. Evaluación de la productividad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), mediante dos tipos de multiplicación asexual y dos abonos orgánicos en Cunchibamba. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador.
- INIA. 1994. Crianza de cuyes. Dirección General de Investigación Agraria Diagramación e Impresión: unidad de medios y comunicación técnica. Huancayo – Perú. 170 pág.
- MAYNARD L, A. 1992. Nutrición animal. Séptima edición. Editorial Prensa Técnica. S. A. de C. V. México. 640 pág.
- MERCADO, E.L., ZALDÍVAR, A.M. Y BRICEÑO, P.A.1974. Tres niveles de proteína y dos de energía en raciones para cuyes en crecimiento. II CONIAP. Lima – Perú. págs. 156 – 157.
- MEZA, J. 1988. Ventajas comparativas de granos básicos en Costa Rica: 1984 y 1986 un enfoque metodológico. Universidad de Costa Rica. San José – Costa Rica.
- MOLLO, G. Y RICO, E. 1994. Digestibilidad de forrajes de invierno para la alimentación de cuyes (*Cavia aparea porcellus*). Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

MONCAYO, R., ALIAGA, L., RICO, E., CAYCEDO, A. 2009. Producción de cuyes. Primera edición. Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientae. Lima – Perú. 808 pág.

MORENO R, A. 1982. Producción de animales menores I. CUYES. Departamento de Producción animal. UNAM. 104 pág.

MUÑOZ, C. Y CAYCEDO, A. 1981. El cuy, historia, cultura y futuro regional. Alcaldía Municipal de Pasto, Secretaria de Agricultura y Mercadeo. Pasto – Colombia.

MURILLO, I. 2008. Evaluación de 2 Dietas Experimentales con Diferentes Niveles de Proteína. Departamento de Producción animal. UNAM. 104 pág. (Tesis).

NINANYA, A. 1974. Coeficiente de digestibilidad del heno de alfalfa afrechillo, maíz y harina de pescado en cuyes. UNA La Molina. Lima – Perú. (Tesis).

PADILLA, P. 2006. Crianza de cuyes. UNALM. Lima – Perú. 34 pág.

PANDURO, J. 2008. Contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en cobayos (*Cavia porcellus* L.). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 54 pág. (Tesis).

- PAZ, A. 2012. Contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en cobayos (*Cavia porcellus* L.). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 54 pág. (Tesis).
- PINO, P. I. 1970. Estudio de raciones concentradas para cuyes (*Cavia porcellus* L.) en la zona de Huancayo. UNA La Molina. Lima – Perú. 64 pág. (Tesis).
- QUILES, A. Y HEVIA, L. 2003. Bioseguridad. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- RICO, E. 1995. Consumo voluntario y digestibilidad de forrajes utilizados en cuyes en el valle de Cochabamba. XII Reunión Nacional de la Asociación Boliviana de Producción Animal. Cochabamba – Bolivia.
- RICO, E. 2000. Manual sobre manejo de cuyes. Universidad Mayor de San Simón. Proyecto MEJOCUY, FAO y Instituto BENSON. Cochabamba – Bolivia.
- SÁNCHEZ, R., RONALD JIMÉNEZ R., HÉCTOR HUAMÁN H., JOSÉ BUSTAMANTE J., HUAMÁN A. 2013. Respuesta productiva y económica al uso de cuatro tipos de comederos para forraje en la crianza de cuyes. Revista de investigaciones veterinarias del Perú. Lima – Perú.

- SARAVIA, D.J., GÓMEZ, C., RAMÍREZ, S. Y CHAUCA, F. L. 1994. Evaluación de cuatro raciones para cuyes en crecimiento. XVII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Lima – Perú. 84 pág.
- SHIMADA, M., 2005. Nutrición Animal. 2da edición. Edit. Trillas. México. 388 pág.
- SOSA, D., LARCO, C., FALCONÍL, R., TOLEDO, D. Y SUAREZ, G. 2006. Digestibilidad de Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en cabras. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGARIA DE LA SELVA. 2014. Datos meteorológicos. Estación meteorológica José Abelardo Quiñones. Datos no publicados.
- VALENCIAGA, D.; CHONGO, B.; HERRERA, R. S.; TORRES, V.; ORAMAS, A. Y HERRERA, M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la digestibilidad in vitro de la materia seca de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA – CT 115. Rev. Cuba. Ciencias Agrícolas. Cuba. 84 pág.
- VALVERDE, N., CHAUCA, L. Y VERGARA, V. 2006. Evaluación de cuatro áreas de crianza por animal en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus* L.) mejorados. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Lima – Perú.

- VÁSQUEZ, R.F. 1975. Engorde de cuyes con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en la costa central. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. (Tesis).
- VAZQUEZ, T. 1997. Manual de Secado Solar Técnico de Alimentos. Energética y FAKT. Cochabamba – Bolivia.
- VERGARA, V. 2008. Avances en nutrición y alimentación en cuyes. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Simposio: Avances sobre producción de cuyes en Perú. Lima – Perú.
- VICENTE, G. 2003. Sistema de Crianza de Cuyes. [EN LINEA]: ([http://www.cuy/sistema de crianza de cuyes.html](http://www.cuy/sistema%20de%20crianza%20de%20cuyes.html) cuyes). PDF. 29 de Junio del 2012.
- VILLEGAS, C. 1993. Digestibilidad aparente de la alfalfa y alimento concentrado en ambos sexos en dos líneas de *Cavia aparea porcellus*. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

ANEXOS

Foto 1. Dimensiones y área de la jaula cónica.



Diámetro: 26 cm. Radio: 13 cm. Altura: 18 cm. Área: 0.1061 m².

Foto 2. Dimensiones y área de la jaula cúbica.



Largo: 63 cm. Ancho: 34 cm. Altura: 48 cm. Área: 0.2142 m².

Foto 3. Forma de ofertar forraje en la jaula cónica.



Foto 4. Forma de ofertar forraje en la jaula cúbica.



Foto 5. Tipo de contenedor para la recolección de heces en la jaula cónica.



Foto 6. Tipo de contenedor para la recolección de heces en la jaula cúbica.



Foto 7. Tipo de comedero en la jaula cónica.



Foto 8. Tipo de comedero en la jaula cúbica.



Foto 9. Pérdida de alimento por desperdicios en la jaula cúbica.



Foto 10. Distribución de las jaulas para la prueba experimental.



Anexo 11. Valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido en forraje verde y concentrado (g) con alimentación mixta (sin desperdicios).

TIPO JAULA	n	ACFV		ACC	
		Prom (g)	D.E. (g)	Prom (g)	D.E. (g)
Cónica	40	117.65 b	15.69	32.29	7.93
Cúbica	40	137.84 a	17.35	34.29	7.37
p(Hom)		<0.0001	0.5332	0.2455	0.6531

Valores en una misma columna menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACFV = Alimento Consumido Forraje Verde; ACC = Alimento Consumido Concentrado; Prom = Promedio;

D.E. = Desviación Estándar.

Anexo 12. Valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido en forraje verde y concentrado (g) con alimentación mixta (con desperdicios promedio).

TIPO JAULA	n	ACFV		ACC	
		Prom (g)	D.E. (g)	Prom (g)	D.E. (g)
Cónica	40	117.65 b	15.69	32.29 a	7.93
Cúbica	40	137.84 a	17.35	26.69 b	7.37
p(Hom)		<0.0001	0.5332	0.0016	0.6531

Valores en una misma columna menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACFV = Alimento Consumido Forraje Verde; ACC = Alimento Consumido Concentrado; Prom = Promedio;

D.E. = Desviación Estándar.

Anexo 13. Valores promedios y desviaciones estándar del alimento consumido en forraje verde y concentrado (g) con alimentación mixta (con desperdicios recolectados).

TIPO JAULA	n	ACFV		ACC	
		Prom (g)	D.E. (g)	Prom (g)	D.E. (g)
Cónica	40	117.65 b	15.69	32.29	7.93
Cúbica	40	137.84 a	17.35	32.77	7.52
p(Hom)		<0.0001	0.5332	0.7807	0.7418

Valores en una misma columna menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACFV = Alimento Consumido Forraje Verde; ACC = Alimento Consumido Concentrado; Prom = Promedio;

D.E. = Desviación Estándar.

Anexo 14. Mínimos y máximos de la digestibilidad aparente de la materia seca (%) en las diferentes jaulas (cónica y cúbica) con alimentación a base de forraje verde de Maralfalfa (*Pennisetum Hybridum*).

Tipo de jaula	n	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	
		Mínimo (%)	Máximo (%)
Cónica	37	7.3	84.9
Cúbica	40	-2.7	86.1

Anexo 15. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación mixta (con desperdicios recolectados).

Tipo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
n	40	40	Prom	D. E.
ACTF, g	149.93 \pm 18.01 b	170.61 \pm 19.08 a	<0.0001	0.719
HF, g	31.81 \pm 9.15 b	38.39 \pm 8.71 a	0.002	0.761
ACTBS, g	56.78 \pm 8.09 b	62.11 \pm 7.88 a	0.004	0.874
HBS, g	14.88 \pm 3.53 b	21.26 \pm 3.63 a	<0.0001	0.865
DMS, %	73.82 \pm 4.92 a	65.69 \pm 4.62 b	<0.0001	0.695

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACTF = Alimento Consumido Total Fresco; HF = Heces Frescas; ACTBS = Alimento Consumido Total Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.

Anexo 16. Pesos iniciales y finales de los cuyes en los diferentes tipos de jaulas (cónica y cúbica) en los tres tipos de alimentos (forraje, mixta e industrial).

Tipo de Jaula	Tipo de Alimento					
	Forraje		Mixta		Industrial	
	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)
Cúbica	618.2	594.4	737.0	776.7	655.6	695.8
	641.2	675.9	810.4	850.5	678.6	719.9
	717.2	711.3	645.5	663.0	817.5	841.0
	696.2	668.7	730.7	751.7	805.7	861.7
	694.1	702.8	857.4	882.4	660.4	681.9
	655.3	686.8	758.2	852.2	795.8	770.2
	657.0	629.0	823.0	850.4	864.4	880.0
	744.3	769.3	865.1	884.4	779.4	817.0
Cónica	603.2	560.5	691.1	707.8	624.7	650.9
	737.1	732.0	828.3	835.8	795.4	812.8
	611.3	574.8	777.4	789.3	705.7	618.2
	717.2	750.5	729.1	749.0	739.1	745.6
	587.2	530.7	669.6	685.9	752.5	753.7
	603.7	591.6	801.0	856.5	712.8	717.6
	707.7	616.0	734.3	730.5	686.5	725.5
	613.4	611.4	827.6	827.8	753.9	789.3

Anexo 17. Valores promedios \pm desviaciones estándar del alimento consumido (g), heces producidas (g) y digestibilidad aparente de la materia seca (%) con alimentación industrial (con desperdicios recolectados).

Tipo de jaula	Cónica	Cúbica	p – valor	p(Hom)
n	40	40	Prom	D. E.
ACF, g	39.64 \pm 8.66	41.93 \pm 6.85	0.194	0.147
HF, g	21.10 \pm 7.19	21.17 \pm 6.98	0.966	0.853
ACBS, g	34.83 \pm 7.61	36.84 \pm 6.02	0.194	0.148
HBS, g	9.46 \pm 2.53	10.34 \pm 2.78	0.143	0.565
DMS, %	72.42 \pm 5.97	71.95 \pm 6.18	0.730	0.834

Valores en una misma fila menores a 0.05 y letras diferentes, indican diferencia estadística.

ACF = Alimento Consumido Fresco; HF = Heces Frescas; ACBS = Alimento Consumido Base Seca; HBS = Heces Base Seca; DMS = Digestibilidad de la Materia Seca; Prom= Promedio; Hom = Homogeneidad; D.E. = Desviación Estándar.