



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**“ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DEL PASTO
MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) EN DIFERENTES
ESTADOS FENOLOGICOS”**

Tesis de Grado previa a la
obtención del Título de Médico
Veterinario Zootecnista

AUTORA:

Lorena del Cisne Yangua Chamba

DIRECTOR:

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

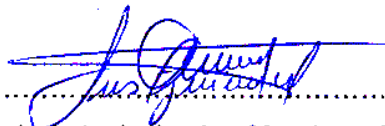
Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de investigación titulado: ***"ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp*) EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS"*** ejecutado por la Señorita Egresada LORENA DEL CISNE YANGUA CHAMBA, previo a la obtención del Título de MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA, ha culminado dentro del cronograma establecido y ha sido prolijamente revisado, por lo que se autoriza su presentación para la calificación y sustentación pública correspondiente.

Loja, Julio del 2015



.....
Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

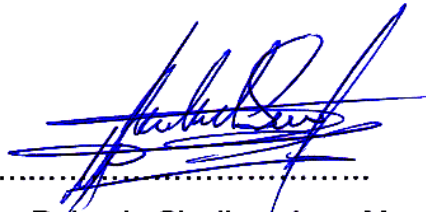
DIRECTOR DE TESIS

**“ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DEL PASTO
MARALFALFA (PENNISETUM SP.) EN DIFERENTES ESTADOS
FENOLÓGICOS”**

**TESIS PRESENTADA AL TRIBUNAL DEL GRADO COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA:



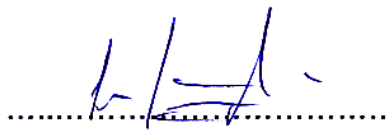
Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara, Mg. Sc.

PRESIDENTE



Dra. Patricia Soledad Ayora Fernández, Mg. Sc.

Miembro de Tribunal



Dr. Alfonso Saraguro Martínez, Mg. Sc.

Miembro de Tribunal

AUTORÍA

Yo, Lorena del Cisne Yangua Chamba, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: Lorena Yangua

Nombres: Lorena del Cisne Yangua Chamba,

Cédula: 1104201213

Fecha: 05 de agosto de 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, Lorena del Cisne Yangua Chamba, declaro ser autora de la tesis denominada **"ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp*) EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS"**, como requisito para optar al grado de Médico Veterinario y Zootecnista, a la vez autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 05 días del mes de agosto de dos mil quince, firma la autora.

Firma: Lorena Yangua

Autora: Lorena del Cisne Yangua Chamba

C.I. 1104201213

Dirección domiciliaria: Barrio Las Américas

Correo electrónico: chiquiloren14@yahoo.es

Teléfono: 0986908667

Director de Tesis: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

Miembros del tribunal:

Dr. Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara, Mg. Sc.

Dra. Patricia Soledad Ayora Fernández, Mg. Sc.

Dr. Alfonso Saraguro Martínez, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente trabajo investigativo así como la Carrera, mi infinita gratitud a Dios por darme salud y vida, a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por acogerme en su seno y propiciar mi formación profesional; así mismo a los docentes de la prestigiosa carrera, por haber impartido sus sabios conocimientos.

Además mi agradecimiento especial para: Dr. Luis Aguirre Mendoza, Mg.Sc, director de tesis, quien dio su aporte para el desarrollo de esta investigación.

A mi familia, amigos y a todas aquellas personas que han sido parte primordial de esta larga etapa, siendo pilar fundamental de mi formación por su apoyo brindado.

A todos ellos va dedicado mi esfuerzo, mi dedicación y vivencias, que sin duda alguna han marcado mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido de manera muy especial; a mi madre Martha Chamba, quien ha sido mi guía y fuerza para seguir avanzando y a la cual siempre le doy gracias que por su esfuerzo e incansable lucha nos ha sacado adelante a sus hijas y de la cual me siento orgullosa por todo su apoyo quien ha sido en mi vida padre y madre, tenido en mi corazón, a mi hermana Guisela Yangua que han sabido estar junto a mi cuando la he necesitado. Y a mi pequeña Samanta Valentina por siempre estar conmigo apoyándome con sus alegrías y dándome la fuerza para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

Contenidos	Pág.
PORTADA	i
APROBADA:.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. VALORACIÓN NUTRITIVA DE LOS ALIMENTOS	3
2.1.1. Composición Química	3
2.1.1.1. Limitantes del análisis proximal	4
2.1.2. Digestibilidad	5
2.1.2.1. Digestibilidad <i>in vivo</i>	7
2.1.2.2. Variabilidad de los valores de digestibilidad	8
2.1.2.3. Factores que afectan a la digestibilidad	8
2.1.3. Valoración Energética	9
2.1.3.1. Energía bruta (EB).....	9
2.1.3.2. Energía digestible (ED)	10
2.1.3.3. Energía metabolizable (EM)	11
2.1.3.4. Energía neta (EN).....	12
2.2. PASTO MARALFALFA (<i>Pennisetum sp.</i>).....	13
2.2.1. Características Botánicas.....	14
2.2.2. Clima	14
2.2.3. Suelo	15
2.2.4. Distribución y Habitad.....	15
2.2.5. Caracterización Agroclimática	15
2.3. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CUY.....	17
2.3.1. Actividad Cecotrófica.....	19
2.3.2. Requerimientos Nutricionales.....	20

2.3.2.1.	Agua	21
2.3.2.2.	Proteína.....	21
2.3.2.3.	Fibra	22
2.3.2.4.	Energía.....	23
2.3.2.5.	Grasa.....	23
2.3.2.6.	Minerales.....	24
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	MATERIALES.....	25
3.1.1.	Materiales de Campo	25
3.1.2.	Materiales de Laboratorio.....	25
3.1.3.	Materiales de Oficina.....	26
3.2.	MÉTODOS	26
3.2.1.	Ubicación.....	26
3.2.2.	Descripción y Adecuación de Instalaciones	26
3.2.3.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales.....	26
3.2.3.	Descripción de los Tatamientos.....	27
3.2.5.	Diseño Experimental	27
3.2.6.	Variables en Estudio.....	28
3.2.6.	Toma y Registro de Datos.....	28
3.2.7.	Análisis Estadístico.....	29
3.2.8.	Manejo.....	29
4.	RESULTADOS	31
4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO MARALFALFA.....	31
4.2.	CONSUMO DE ALIMENTO	32
4.3.	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	33
4.3.1.	Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Seca	33
4.3.2.	Coeficiente de Digestibilidad de la Proteína Cruda	35
4.3.3.	Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda.....	36
4.3.4.	Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo	37
4.3.5.	Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno	38
4.4.	CONTENIDO DE NDT Y ENERGÍA	40
5.	DISCUSIÓN.....	41
5.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA	41

5.2.	CONSUMO DE ALIMENTO	41
5.3.	DIGESTIBILIDAD	42
5.4.	CONTENIDO DE NDT Y ENERGÍA	43
6.	CONCLUSIONES.....	44
7.	RECOMENDACIONES	46
8.	BIBLIOGRAFÍA	47
9.	ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Pasto maralfalfa.....	13
Figura 2. Siembra de pasto maralfalfa.....	16
Figura 3. Corte del pasto maralfalfa	16
Figura 4. Diagrama del trabajo de campo	27
Figura 5. Consumo de pasto maralfalfa en tres estados fenológicos (g/d).....	33
Figura 6. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca (%)	34
Figura 7. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (%).....	36
Figura 8. Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (%).....	37
Figura 9. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (%).....	38
Figura 10. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (%)	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro 1. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum Sp.</i>).....	17
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de los cuyes de acuerdo a la etapa fisiológica.....	24
Cuadro 3. Composición química del pasto maralfalfa en sus tres estados fenológicos (%).....	31
Cuadro 4. Consumo de pasto maralfalfa, en tres estados fenológicos en base a materia seca (g/d).....	32
Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad de la materia seca del pasto maralfalfa en tres estados fenológicos (%).....	34
Cuadro 6. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).	35
Cuadro 7. Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).	36
Cuadro 8. Coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).	37
Cuadro 9. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos.....	39
Cuadro 10. Contenido de NDT, energía digestible y energía metabolizable del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos.	40

**ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DEL PASTO
MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) EN DIFERENTES ESTADOS
FENOLÓGICOS**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el sector Tenería, ubicado a 8 km de la ciudad de Loja, con el propósito de determinar la composición química y digestibilidad *in vivo* del pasto maralfalfa en tres estados fenológicos: prefloración (90 días), floración (270 días) y post-floración (330 días). Se utilizaron cuatro cobayos machos de tres meses de edad con un peso promedio 450 g, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se estudiaron las siguientes variables: análisis bromatológico del pasto, consumo de alimento, coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y el contenido de energía metabolizable. Los resultados indican que el pasto maralfalfa presenta mayor contenido de proteína cruda estado de pre - floración con el 14,77%; mientras que el contenido de materia seca y fibra cruda se incrementan a medida que avanza su estado fenológico, con porcentajes del 25,46 y 35,46 % respectivamente. El consumo de alimento en base a materia seca fue mayor en el tratamiento uno correspondiente al estado de floración (270 días) con 163,1g/d por animal; Los coeficientes de digestibilidad variaron en función del estado fenológico; así la materia seca y proteína cruda presentaron mayores porcentajes de digestibilidades en el pasto en estado de floración con el 67,9% y 73,8% respectivamente; mientras que la fibra cruda resultó más digestible en el pasto en estado de pre-floración con el 67,0%; los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno fueron mayores en el estado de floración con el 76,8% y 65,4% respectivamente; finalmente el contenido de energía metabolizable fue mayor en el pasto en floración con 3,3, Mcal/kg de materia seca. Se concluye que el pasto maralfalfa presenta mejores características nutricionales en estado de floración, es decir a los 270 días.

SUMMARY

This research was conducted in the Teneria sector, located 8 km from the city of Loja, in order to establish the chemical composition and digestibility in vivo of maralfalfa grass in three growth stages: pre-flowering (60 days) flowering (90 days) and post-flowering (120 days). Four three month old male guinea pigs were used with an average weight of 450 g, distributed over a completely randomized design with three treatments, repeated four times. The following variables were studied: Compositional analysis of the grass, feed intake, and digestibility coefficients of dry matter, crude protein, crude fiber, ether extract, nitrogen free extract and metabolizable energy content. The results indicated that the maralfalfa grass possessed a higher content of crude protein in the pre-flowering state with 14.77%; while the content of dry matter and crude fiber increased as it progressed its growth stage, with percentages of 25.46% and 35.46% respectively. Food consumption based on dry matter was higher in treatment one corresponding to the flowering stage (90 days) 163,1g / d per animal. The digestibility coefficients varied depending on the growth stage; and dry matter and crude protein showed higher digestibility percentages of the grass in the flowering stage with 67.9% and 73.8% respectively. Whilst, the crude fiber was more digestible in the grass in pre-bloom stage with 67.0%; digestibility coefficients of the ether extract and nitrogen free extract were higher in the flowering stage with 76.8% and 65.4% respectively. Finally the metabolizable energy content was higher in the grass in the flowering stage with 3.3, Mcal / kg of dry matter. It can therefore be concluded that the maralfalfa grass displayed improved nutritional characteristics in the flowering stage, i.e. 90 days.

1. INTRODUCCIÓN

Los pastos constituyen el principal recurso para la alimentación de cobayos; sin embargo uno de los factores limitantes es su bajo contenido de proteína y digestibilidad que influye negativamente en el consumo y por ende en la producción (Pirela, 2005)

El pasto maralfalfa es una gramínea que pertenece al género Pennisetum, se caracteriza por su alta producción de biomasa; sin embargo, su valor nutritivo aún no es muy conocido, quedando muchos aspectos por investigar. Tiene buena aceptación por parte de los animales, debido a su alto contenido de carbohidratos que le dan una buena palatabilidad, constituyendo una buena alternativa forrajera (Márquez y Sánchez 2006).

Pirela, (2005) afirma que el valor nutritivo de los forrajes es la resultante de factores intrínsecos de la planta como su composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente.

La composición química indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes, así como la existencia de constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad. Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo. De ahí que la valoración cuantitativa del tenor proteico sea la base para conocer si satisface los requerimientos de los animales. (González, 1995)

Sánchez y Soto, (1999) señalan que los carbohidratos son los principales componentes de los forrajes, su presencia influye tanto en la digestibilidad como en el consumo. La lignina es un compuesto complejo, heterogéneo y no digerible que se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales; su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes.

La digestibilidad es una técnica muy útil para evaluar la calidad nutritiva de los alimentos, ya que permite determinar el grado en que los nutrientes son aprovechados por el animal. Una buena digestibilidad de la dieta resultará en

una mayor productividad. Existen tres técnicas para determinar la digestibilidad de los nutrientes: digestibilidad *in vivo*, digestibilidad *in situ* y digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad *in vivo* consiste en medir la cantidad de alimento que consume un animal o conjunto de animales y las excretas que se liberan durante un tiempo determinado; este método no estima el gas metano producido durante la fermentación y por otro lado, las heces no sólo están compuestas de restos de alimento no digeridos, sino que también la constituyen enzimas, sustancias segregadas por el intestino y células de la mucosa intestinal; por lo que la digestibilidad calculada resulta inferior a la digestibilidad real (Gómez, H. *et al.* 2007)

Tobal (2005), indica que esta técnica presenta algunas ventajas y desventajas, entre las que menciona que: es un método relativamente exacto pero demora mucho tiempo, es sin duda el que da la mejor estimación de la digestibilidad de los alimentos, presenta un leve sesgo respecto de la digestibilidad real debido al material endógeno que se elimina a través de las heces. Esta técnica requiere de grandes cantidades de muestras, largos períodos y su costo es elevado ya que requiere de infraestructura especial.

Con estos antecedentes en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- ✚ Conocer la composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) mediante análisis bromatológico en diferentes estados fenológicos
- ✚ Determinar el coeficiente de digestibilidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en diferentes estados fenológicos
- ✚ Establecer el estado fenológico óptimo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) para la alimentación de cobayos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. VALORACIÓN NUTRITIVA DE LOS ALIMENTOS

En términos generales, el valor nutritivo de los forrajes es la resultante de factores intrínsecos de la planta como su composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente. (Pirela, 2005)

El valor potencial de los alimentos puede determinarse mediante el análisis químico, pero el valor real para los animales, solo puede conocerse después de haber tenido en cuenta las pérdidas inevitables que se producen durante la digestión, absorción y metabolismo. (MacDonal. 2011).

2.1.1. Composición Química

La composición química indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes, así como la existencia de constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad. Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo. De ahí que la valoración cuantitativa del tenor proteico sea la base para conocer si satisface los requerimientos de los animales. (González, 1995).

Los carbohidratos son los principales componentes de los forrajes, su presencia influye tanto en la digestibilidad como en el consumo. La lignina es un compuesto complejo, heterogéneo y no digerible que se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales; su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes. (Sánchez y Soto, 1999).

El análisis químico proximal (bromatológico) se realiza en el laboratorio, mediante el método de Weende, donde se determinan los principios inmediatos: proteína cruda (PC), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN).

El análisis proximal se efectúa con un mínimo de tres submuestras:

- ✚ A la primera, se le somete a calentamiento (100°C) por varias horas con el objeto de determinar su humedad (su complemento, que es la materia seca, se calcula por diferencia). Posteriormente se incinera a 500-600°C para obtener, por diferencia, el contenido mineral (también denominado cenizas).
- ✚ Una segunda submuestra se somete al análisis de proteína cruda (PC), que no es más que una determinación del nitrógeno total liberado por un proceso de digestión química, multiplicado por el factor de 6.25 (valor que se obtiene al asumir que en promedio, 100g de proteína contienen 16 g de nitrógeno).
- ✚ La tercera submuestra se somete a una extracción con un solvente orgánico que arrastra el llamado extracto etéreo (EE), o grasa cruda y que comprende los aceites, las grasas y otros materiales liposolubles como los pigmentos. El material sobrante se expone a una digestión acida seguida de una alcalina, quedando como remanente la llamada fibra cruda (FC).

Al restar de 100 la humedad, materia mineral, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, se obtiene el extracto libre de nitrógeno (ELN), que corresponde a los carbohidratos solubles (almidones, peptonas, etc.).

2.1.1.1. Limitantes del análisis proximal

Según Mora (2002), las limitantes del análisis proximal, son las siguientes:

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

componen de sílice, que no sólo no es un nutriente necesario para el animal, sino que su presencia reduce la digestibilidad de otros nutrientes.

- ✚ El análisis de proteína cruda no identifica si se trata de nitrógeno proveniente de aminoácidos o de otro tipo de fuente (como urea). Por lo tanto, introducirá un error mayor en el valor de proteína verdadera, conforme aumente el porcentaje de nitrógeno no proteico. Además, no todas las proteínas (como la leche y del trigo) tienen 16 gramos de nitrógeno por cada gramo de proteína, por lo tanto el factor 6,25 debería ser modificado en cada caso, lo cual es poco práctico y difícil de hacer.
- ✚ El extracto etéreo, que es la estimación de los lípidos, será subestimado, por ejemplo, en los ensilajes, al perderse los ácidos grasos volátiles en la desecación de la muestra. Por otro lado, el valor de extracto etéreo también incluye ceras que tienen baja digestibilidad y poco valor para el animal.
- ✚ La determinación del parámetro de fibra cruda también subestima la fracción de poder celular, ya que la hemicelulosa, la celulosa y la lignina se destruyen parcialmente en las digestiones ácida y alcalina. Además, no permite diferenciar las distintas fracciones de pared celular, por ejemplo, entre la celulosa, que es digestible para los rumiantes y la lignina, pero que no es aprovechable para los monogástricos.
- ✚ El extracto libre de nitrógeno, que se calcula por diferencia y que se supone indica el contenido de azúcares y almidones, va a contener el error presente en las estimaciones anteriores. También algunas sustancias como las pectinas, que forman parte del extracto libre de nitrógeno, no son tan aprovechables por las especies monogástricas como son por los rumiantes.

2.1.2. Digestibilidad

La digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de los alimentos, ya que indica el grado en que los nutrientes van a ser aprovechados directamente por el animal. Una buena digestibilidad resultará en

una mayor productividad por parte del animal. Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de los nutrientes, tales como las pruebas de digestibilidad *in vivo* (método de colección total o parcial), digestibilidad *in situ* y digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. Las diferencias en digestibilidad pueden deberse a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias, a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos, fitatos), a la presencia de factores antifisiológicos o a las condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos.

La digestibilidad proteica se puede determinar por varios métodos, entre ellos, la digestibilidad *in vivo*, ya sea aparente o verdadera, directa o indirecta, y la digestibilidad *in vitro* utilizando enzimas (Mora, 2002).

Los alimentos con una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca son los apropiados para los animales, debiendo rechazarse cualquier alimento cuya digestibilidad sea inferior al 65%; sin embargo, la gran variabilidad en la calidad de la proteína presente en los alimentos comerciales hace que la determinación de su digestibilidad sea de gran importancia.

Siccardi, (2009), señalan que muy pocos estudios se han ocupado de determinar la disponibilidad de la proteína y energía de ingredientes comúnmente utilizados en los alimentos balanceados, debido a que la medición directa del coeficiente de digestibilidad es complicada, además se requieren de coeficientes de proteína y energía digerible precisos para formular alimentos balanceados que cubran los requerimientos nutricionales, así como para permitir la substitución efectiva de ingredientes con base en su costo y para reducir la producción de desperdicios. El conocimiento de los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes puede variar considerablemente dependiendo de factores tales como la frescura y tratamiento previo.

2.1.2.1. Digestibilidad *in vivo*

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

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

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

$$C.D = \frac{N.C - N.E}{N.C} \times 100$$

Dónde:

C.D = Coeficiente de digestibilidad (%)

N.C = Nutriente consumido (g)

N.E = Nutriente excretado (g)

2.1.2.2. Variabilidad de los valores de digestibilidad

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

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

2.1.2.3. Factores que afectan a la digestibilidad

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

- ✚ La utilización de los alimentos puede ser manipulada mediante procesos como son el molido, el peletizado y el hojuelado, que en general aumentan la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal.
- ✚ La especie animal es el otro factor importante que hace variar la digestibilidad. En general, los cerdos y las aves digieren más efectivamente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico.

✚ Además de las diferencias entre especies, dentro de cada especie existen diversas etapas productivas que requieren de un manejo y una nutrición diferente. Por lo tanto, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, de un novillo joven a toro viejo. Aunque existen diferencias entre individuos de una misma especie y entre etapas productivas, estas variaciones no se consideran de tanta importancia práctica como las que existen entre especies.

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

Propios del alimento:

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

Dependencias del animal:

- Tiempo para realizar la acción digestiva
- Trastornos digestivos

2.1.3. Valoración energética

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

2.1.3.1. Energía bruta (EB)

Mora (2002), expresa que la Energía Bruta (EB), se define como la energía que desprende un alimento al ser quemado totalmente en una bomba calorimétrica. Es un parámetro “grueso” de estimación de energía, que se obtiene en forma rápida en un laboratorio equipado con el mencionado aparato y sin necesidad de efectuar estudios con animales. Sin embargo, tiene la desventaja de que no

indica la disponibilidad o aprovechamiento de la energía por parte del animal que la ingiere.

En general, se estima que en promedio, las proteínas, los carbohidratos y los lípidos liberan 5.8, 42 y 95 Kcal/g, respectivamente, al ser oxidados en la bomba.

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

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

2.1.3.2 Energía digestible (ED)

Loomis, R y Coonor, D. (2002), reportan que la energía digestible (ED), por ejemplo, es el calor de combustión (DH) de los NDT y está cercana a los 18.4 MJ kg⁻¹ en la mayoría de los casos. Al igual que en NDT, la ED se calcula a partir de la composición, dejando un margen para el mayor contenido calorífico de los lípidos.

En los rumiantes, se pierden proporciones significativas de la energía digerida en la orina, en forma de calor durante la fermentación y en productos gaseosos como el metano. En climas fríos, el calor de la digestión contribuye a mantener la temperatura corporal, sin embargo, en climas cálidos, los animales tienen que consumir energía adicional para refrescarse y por tanto, la eficiencia de producción es menor. La energía Metabolizable (EM), es la energía que queda de la ED tras considerar la producción de gas y las pérdidas urinarias; la

energía neta (EN) es la que resta después de detraer de la EM las pérdidas de calor.

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

La ED de un alimento es la porción de la EB que no se excreta con las heces y se determina a partir de NDT obtenidos por digestibilidad y aplicados en la siguiente ecuación (Church, *et al.*, 2000):

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = NDT \text{ (\%)} \times 0,04409.$$

2.1.3.3. Energía metabolizable (EM)

La energía Metabolizable (EM) es la porción de la EB que no se pierde con las heces, la orina ni los gases. Aunque la EM refleja con más exactitud la energía útil que contiene un alimento, no tiene en cuenta la energía que se pierde como calor. Church, *et al.* (2000), indican que la EM responde a la eficiencia de la energía digestible y se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$EM = 1,01 \times ED \text{ (Mcal/kg)} - 0,45.$$

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

$$EM = ED - \text{Energía urinaria.}$$

Además, también se elimina a través de gases como el metano, expulsado por los rumiantes por medio del eructo. Obviamente, en el caso de las aves, al ser

expulsados heces y orina en forma conjunta, se hace el cálculo directo de la EM, efectuando solamente una resta:

$$EM = EB - \text{Energía de deyecciones.}$$

Además señala que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La energía perdida en forma de gases es de importancia solamente en el caso de los rumiantes. Sin embargo su cuantificación es difícil, y en general se estima como el 8% de la energía bruta consumida por el animal.
- Se ha observado que para los rumiantes, el valor de energía Metabolizable representa alrededor del 82% del valor de la energía digestible, por lo que en ocasiones se puede estimar la EM tan sólo con multiplicar ED x 0,82.
- Con los cerdos y aves la relación es más variable, pero gira alrededor del 92%, o sea que $ED \times 0,92 = EM$.

2.1.3.4. Energía neta (EN)

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

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

(crecimiento), y de ENL (lactación) que produce un alimento tienen en cuenta el metabolismo necesario para la producción.

a. Energía neta de mantenimiento

Es la más importante en función de los alimentos, ya que debe satisfacer las necesidades de mantenimiento. Siendo la cantidad necesaria para mantener en situación de equilibrio energético a un individuo adulto no gestante, ni lactante es decir improductivo.

b. Energía neta de ganancia de peso

Es la energía que se destina a la reproducción, lactancia, crecimiento y terminación, después que se han cubierto las necesidades energéticas de mantenimiento.

2.2. PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp.*)



Figura 1. Pasto Maralfalfa

El Maralfalfa es un pasto mejorado de origen colombiano creado por el Padre José Bernal Restrepo, utilizando su Sistema Químico Biológico SQB, cruzó el Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), originario del África y la grama (*Paspalum macrophyllum*) y obtuvo una variedad que denominó gramafante.

Posteriormente, cruzó los pastos gramafante (Elefante y Grama) y el pasto llamado Guaratara (*Axonopus purpussí*) originario del llano colombiano y obtuvo la variedad que denominó maravilla o gramatara.

A partir de allí, cruzó el pasto Maravilla o Gramatara y la Alfalfa Peruana (*Medicago sativa*), con el Pasto Brasileiro (*Phalaris azudinacea L*) y el pasto resultante lo denominó maralfalfa.

2.2.1. Características Botánicas

Tiene una flor similar a la del trigo, puede llegar alcanzar hasta los cuatro metros de altura, es fuerte ante el verano, posee alta producción de follaje y proteína (17.2%). Es muy resistente a factores como el verano, suelos, agua y luminosidad.

2.2.2. Clima

Se desarrolla bien en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta los 3000 mts. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a alta, no obstante su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.

Bajo estas características es posible obtener entre 280 y 440 ton/ha, dependiendo del manejo del cultivo.

- a. Temperatura:** de 25 a 30 grados centígrados.
- b. Altitud:** de 1500 a 2000m.s.n.m.
- c. Humedad Relativa:** es resistente en las épocas de sequias y tolerante al exceso de humedad.
- d. Suelos:** con pH entre 6 a 7 y ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

2.2.3. Suelo

En suelos pobres en materia orgánica que van de franco arcilloso a franco arenoso, en un clima relativo seco, con un pH de 4.5-5 a una altura aproximada de 1750 msnm y en un lote de tercer corte se han obtenido cosechas a los 75 días con una producción de 285 ton/ha, con una altura promedio por caña de 2.5 m.

2.2.4 Distribución y Habitat

El maralfalfa es un pasto perenne con alta productividad y potencial como forraje para los animales. Es altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera y sustituye a la melaza.

2.2.5. Caracterización Agroclimática

Tiene una flor similar a la del trigo, puede llegar a alcanzar hasta los cuatro metros de altura, es fuerte ante el verano, posee alta producción de follaje y proteína (17,2%) es muy resistente a factores como el verano, suelos agua y luminosidad.

a. Rendimiento

Se han cosechado entre 28 kg y 40 kg por metro cuadrado dependiendo del manejo de cultivo.

b. Siembra

La distancia recomendada para sembrar la semilla vegetativa es de 50 cm entre surcos y dos cañas paralelas a máximo tres centímetros de (3cm) de profundidad. Se utiliza 3.000 kg de tallos por hectárea.



Figura 2. Siembra de pasto maralfalfa

c. Altura

A los 90 días alcanza alturas hasta de 4 m de acuerdo con la fertilización y cantidad de materia orgánica aplicada.

d. Corte

Para el primer corte se debe dejar espigar todo el cultivo, los siguientes cortes cuando la planta tenga un 10% de espigamiento, aproximadamente a los 40 días posteriores a cada corte.



Figura 3. Corte del pasto Maralfalfa

e. Fertilización

Responde muy bien a la aplicación de materia orgánica y a la humedad sin encharcamiento. Después de cada corte se recomienda aplicar un saco de urea por hectárea.

Cuadro 1. Valor nutritivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum Sp.*)

NUTRIENTES	CANTIDAD (%)
Humedad	79,33
Cenizas	13,5
Fibra Cruda	53,33
Grasa	2,1
Carbohidratos solubles	12,2
Proteína Cruda	16,25
Nitrógeno	2,6
Calcio	0,8
Magnesio	0,29
Fósforo	0,33
Potasio	3,38
Proteína digestible	7,43
Total Nitrógeno Digestible	63,53

Fuente: Jarrín y Ávila (2003)

2.3. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CUY

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

- ✚ Ingestión: alimentos llevados a la boca.
- ✚ Digestión: los alimentos son fragmentados en moléculas pequeñas para poder ser absorbidas a través de la membrana celular. Se realiza por acción de ácidos y enzimas específicas y en algunos casos, por acción microbiana.
- ✚ Absorción: las moléculas fragmentadas pasan por la membrana de las células intestinales a la sangre y a la linfa.
- ✚ Motilidad: movimiento realizado por la contracción de los músculos lisos que forman parte de la parte del tracto intestinal.

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

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

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

2.3.1. Actividad Cecotrófica

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

La actividad cecotrófica en cuyes está poco estudiada. Sin embargo en algunas evaluaciones realizadas con balanceados con niveles de proteína entre 13 y 25% no mostraron diferencias en cuanto al crecimiento, esto puede deberse a

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

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

2.3.2. Requerimientos Nutricionales

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

Mejorando el nivel nutricional de los cuyes se puede intensificar su crianza de tal modo de aprovechar convenientemente su precocidad y prolificidad, así como su habilidad reproductiva. Los cuyes como productores de carne precisan del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada que no se logra si se suministra únicamente forraje, a pesar de la gran capacidad de consumo del cuy.

Las condiciones de medio ambiente, estado fisiológico y genotipo influirán en los requerimientos. El conocimiento de las necesidades de nutrientes de los cuyes permite elaborar raciones balanceadas que cubran estos requerimientos (Revollo, K. 2009).

2.3.2.1. Agua

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

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

2.3.2.2. Proteína

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

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

2.3.2.3. Fibra

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

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

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

2.3.2.4. Energía

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

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

2.3.2.5. Grasa

El cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa o ácidos no saturados. Se afirma que con niveles de 3 a 5 % es suficiente para lograr un buen crecimiento así como para prevenir la dermatitis. Las grasas aportan al organismo ciertas vitaminas que se encuentran en ellas. Al mismo tiempo las grasas favorecen una buena asimilación de las proteínas. Las principales grasas que intervienen en la composición de la ración para cuyes son las de origen vegetal. Si están expuestas al aire libre o almacenadas por mucho tiempo se oxidan fácilmente

dando un olor y sabor desagradables por lo que los cuyes rechazan su consumo (Chauca, 1997).

2.3.2.6. Minerales

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

Urrego, (2009), los requerimientos nutritivos de los animales los expresa de acuerdo a la etapa fisiológica, los mismos que se reportan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de los cuyes de acuerdo a la etapa fisiológica.

Nutrientes	Unidad	Etapas		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18-22	12-17
Energía Digestible	(kcal/kg)	2800	3000	2800
Fibra	(%)	8-17	8-17	10
Calcio	(%)	1,4	1,4	0,8-1,0
Fósforo	(%)	0,8	0,8	0,4-0,7
Magnesio	(%)	0.1-0,3	0.1-0,3	0.1-0,3
Potasio	(%)	0,5-1,4	0,5-1,4	0,5-1,4
Vitamina C	(mg)	200	200	200

Fuente: Urrego, E. (2009)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales de Campo

- ✚ Cuatro cuyes machos de 4 meses de edad
- ✚ Cuatro jaulas metabólicas
- ✚ Pasto Maralfalfa en prefloración, floración y post-floración
- ✚ Comederos
- ✚ Bebederos
- ✚ Balanza
- ✚ Fundas plásticas
- ✚ Cooler
- ✚ Desinfectantes
- ✚ Registros
- ✚ Utensilios de limpieza
- ✚ Letreros de identificación
- ✚ Cámara fotográfica

3.1.2. Materiales de laboratorio

- ✚ Muestras de heces
- ✚ Muestras de forrajes
- ✚ Equipo para determinar proteína
- ✚ Equipo para determinar fibra
- ✚ Equipo para determinar ceniza
- ✚ Equipo para determinar materia seca
- ✚ Equipo para determinar extracto etéreo

3.1.3. Materiales de Oficina

- ✚ Computadora
- ✚ Impresora
- ✚ Papel
- ✚ Dispositivo USB
- ✚ Carpetas

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

El presente trabajo se lo realizó en el sector “La Tenería” perteneciente a la parroquia El Valle del cantón Loja, ubicado a 2150 msnm, con una temperatura promedio de 16 °C y una precipitación anual de 750ml con una humedad relativa del 75% y una formación ecológica Bosque Seco montano bajo (bs-MB).

3.2.2. Descripción y Adecuación de Instalaciones

Se adecuó un local de 12 m², en el cual se ubicó las jaulas metabólicas para alojar a los cobayos durante el período experimental. La base de las jaulas tenían una rejilla para permitir el paso de las heces y el drenaje de la orina. En la parte frontal de la jaula también se colocó una rejilla, para facilitar el suministro de forraje.

3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Se utilizaron cuatro cobayos machos de cuatro meses de edad, clínicamente sanos, con un peso promedio de 450 g, cada animal constituyó una unidad experimental.

3.2.3. Descripción de los Tratamientos

Se estudió la digestibilidad del pasto maralfalfa en tres estados fenológicos, de la siguiente manera:

Tratamiento 1

Consistió en la alimentación a base de maralfalfa en etapa de pre-floración a cuatro unidades experimentales.

Tratamiento 2

Consistió en la alimentación a base de maralfalfa en etapa de inicio de la floración a cuatro unidades experimentales.

Tratamiento 3

Consistió en la alimentación a base de maralfalfa en etapa de floración a cuatro unidades experimentales.

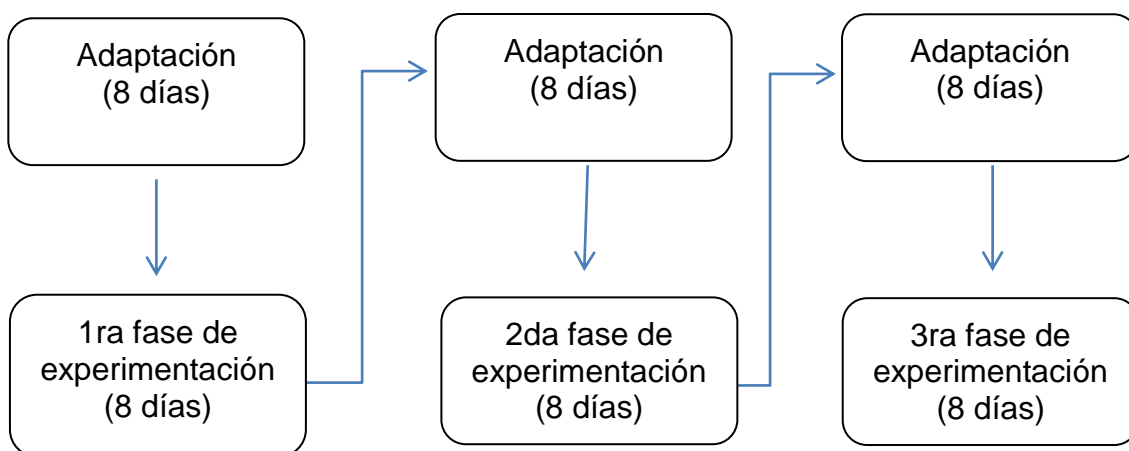


Figura 4. Diagrama del trabajo de campo

3.2.5. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones.

3.2.6. Variables en Estudio

Las variables en estudio fueron:

- a. Composición química del pasto maralfalfa.
- b. Consumo de alimento.
- c. Coeficientes de digestibilidad de: materia seca, fibra cruda, proteína cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno.
- d. Determinación de NDT, energía digestible y energía metabolizable.

3.2.6. Toma y Registro de Datos

a. Composición química del pasto maralfalfa

Se realizó el análisis bromatológico del pasto maralfalfa en tres estados fenológicos, siguiendo los procedimientos de la AOAC (2005).

b. Consumo de alimento

Se pesó y registró diariamente el alimento suministrado y el sobrante en cada una de las unidades experimentales.

c. Coeficientes de digestibilidad

En base a los resultados de consumo a alimento y composición química del pasto y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, fibra cruda, proteína cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno utilizando la siguiente fórmula:

$$C.D = \frac{N.C - N.E}{N.C} \times 100$$

Dónde:

C.D = Coeficiente de digestibilidad

N.C = Nutriente consumido (g)

N.E = Nutriente excretado (g)

d. Determinación de los NDT y la energía

Para la determinación del contenido de los Nutrientes Digerible Totales (NDT) y la energía se utilizaron las siguientes ecuaciones (NRC, 2001):

$$NDT = 1 \times \%PCD + 1 \times \%FCD + 1 \times \%ELND + 2,25 \times \%EED$$

El contenido de energía digestible y metabolizable se determinó con las siguientes ecuaciones:

$$ED(Mcal/kg) = \%NDT \times 0,04409$$

$$EM(Mcal/kg) = ED \times 0,082$$

3.2.7. Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de varianza de cada una de las variables en estudio en un diseño completamente aleatorizado y se aplicó la prueba de Duncan para comparación de promedios; esto, con la ayuda del programa estadístico Infostat versión 2012 (Balzarini 2012)

3.2.8. Manejo

El ensayo tuvo una duración de 48 días, con periodos de adaptación y de experimentación de 8 días en cada tratamiento, de la siguiente forma:

- ✚ Periodo de adaptación entre tratamientos: 8 días
- ✚ Periodo de experimentación por cada tratamiento: 8 días

Durante los periodos de adaptación, se suministró de manera progresiva el pasto maralfalfa en los diferentes estados fenológicos para evitar trastornos digestivos. Durante los periodos de experimentación se pesaron y registraron las cantidades de alimento ofrecido y rechazado, se recolectaron y pesaron diariamente la totalidad de heces y se conservaron en refrigeración hasta su envío al laboratorio para el respectivo análisis.

El pasto se suministró dos veces diarias en el horario de 8:00 y 16:00, además se suministró agua fresca a voluntad.

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO MARALFALFA

Se realizó el análisis bromatológico del pasto Maralfalfa en sus tres estados fenológicos. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Composición química del pasto Maralfalfa en sus tres estados fenológicos (%).

Estado Fenológico	M.S.	CZ.	E.E.	P.C.	F.C.	E.L.N.
Pre-floración (60 días)	22,96	12,37	3,14	14,77	28,35	41,37
Floración (90 días)	23,54	15,09	2,66	12,13	26,05	44,07
Post-floración (120 días)	25,46	16,94	1,82	11,9	35,46	33,88

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal AARNR – UNL, 2013

M.S: Materia Seca

Cz: Cenizas

EE: Extracto Etéreo

P.C: Proteína Cruda

FC: Fibra Cruda

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

El contenido de materia seca varía de acuerdo al estado fenológico, así tenemos que a los 60 días (pre-floración) presenta un porcentaje del 22,96%; mientras que a los 120 días (pos-floración) tiene un porcentaje de 25,46%. Así mismo el contenido de cenizas se incrementa con la edad del pasto, alcanzando el máximo porcentaje a los 120 días con el 16,94%. Lo contrario ocurre con los tenores de proteína, observándose mayor contenido en el pasto en estado de pre-floración con 14,77%. En cuanto al contenido de fibra se observan variaciones que van de 28,35% al 35,46% en los estados de floración y pos-floración respectivamente.

4.2. CONSUMO DE ALIMENTO

Se pesó y registró diariamente el alimento suministrado así como el sobrante, el consumo real se determinó por diferencia. Los resultados se detallan en el cuadro cuatro y figura 5.

Cuadro 4. Consumo de pasto Maralfalfa, en tres estados fenológicos en base a materia seca (g/d).

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	77,8	164,4	66,2
R2	69,2	161,6	66
R3	75,6	162,3	61,6
R4	72,8	164	62,5
TOTAL	295,4	652,3	253,3
PROMEDIO	73,85	163,1	64,1

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013

Elaboración: La Autora

El mayor consumo de Maralfalfa se registró en el tratamiento uno correspondiente al estado de floración (90 días) con un promedio de 163,1g/d; mientras que el tratamiento tres (post-floración) alcanzó menor consumo con 64,1 g/d, en promedio por animal, siendo la diferencia estadísticamente significativa.

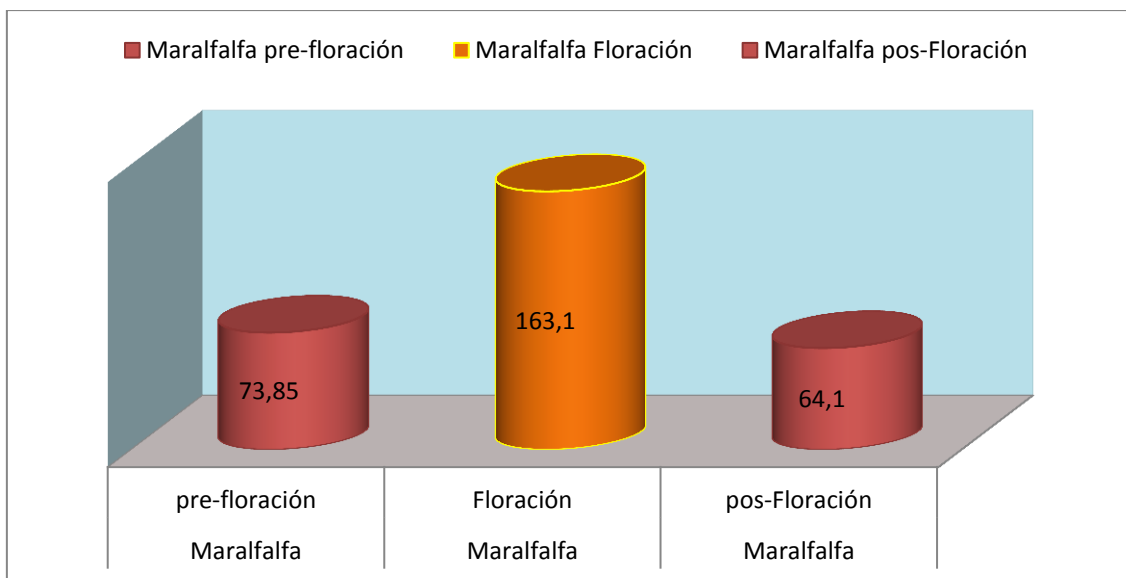


Figura 5. Consumo de pasto Maralfalfa en tres estados fenológicos (g/d)

4.3. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD

Con los resultados obtenidos en el consumo de alimento y en los análisis bromatológicos del pasto y de las heces se procedió a calcular los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los nutrientes. Los resultados se detallan a continuación.

4.3.1. Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Seca

En base al contenido de materia seca del pasto maralfalfa y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos, cuyos resultados se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad de la materia seca del pasto maralfalfa en tres estados fenológicos (%).

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	68,2	70,1	63,9
R2	59,2	66,7	59,8
R3	65,0	65,4	45,4
R4	71,0	69,3	49,6
TOTAL	263,4	271,5	218,8
PROMEDIO	65,9	67,9	54,7

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013

Elaboración: La Autora

La digestibilidad de la materia seca fue mayor en el tratamiento dos que corresponde al estado de floración (90 días) con un porcentaje del 67,9%; mientras que se presentó el menor coeficiente en el pasto en estado de pos-floración con un porcentaje del 54,7%, diferencias que resultaron estadísticamente significativas.

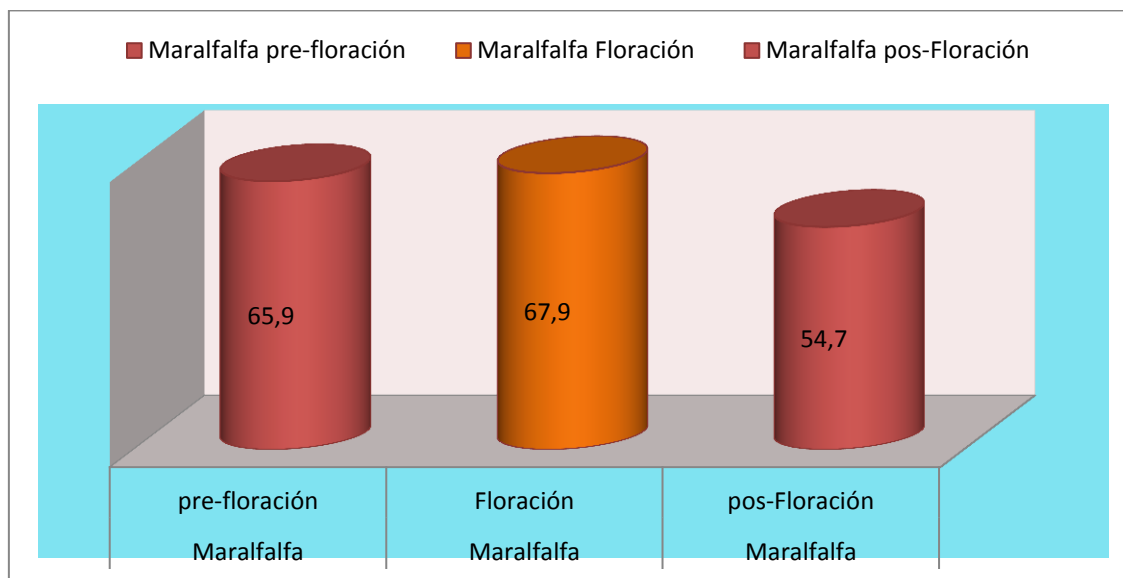


Figura 6. Coeficiente de digestibilidad de la Materia Seca (%)

4.3.2. Coeficiente de Digestibilidad de la Proteína cruda

En base al contenido de proteína cruda seca del pasto maralfalfa y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos, cuyos resultados se detallan en el cuadro 6 y figura 7.

Cuadro 6. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	72,9	75,6	55,3
R2	65,2	72,8	50,2
R3	70,2	71,8	32,3
R4	75,2	74,9	37,5
TOTAL	283,6	295,1	175,2
PROMEDIO	70,9	73,8	43,8

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013

Elaboración: La Autora

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda fue mayor en el tratamiento dos con un porcentaje de 73,8%; a continuación se ubicó el tratamiento uno que corresponde a la pre-floración con el 43,8%, quedando en último lugar e tratamiento tres con un porcentaje de digestibilidad de 43,8%, diferencias que resultaron ser estadísticamente significativas.

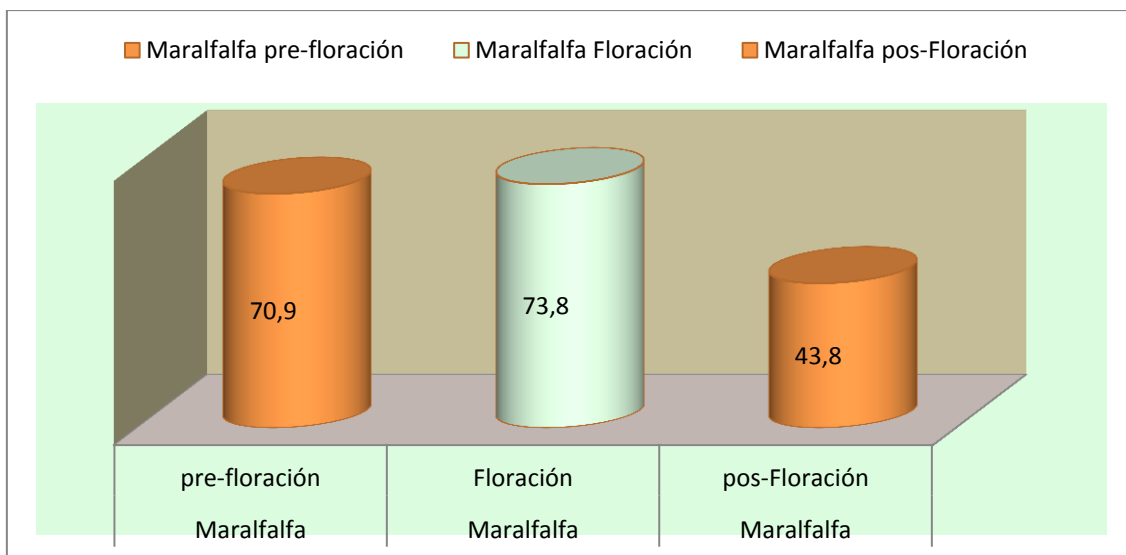


Figura 7. Coeficiente de digestibilidad de la Proteína Cruda (%)

4.3.3. Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda

Con los resultados del contenido de fibra cruda del pasto maralfalfa y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos. Los resultados se explican en el cuadro 7 y figura 8.

Cuadro 7. Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	67,5	73,7	74,2
R2	59,5	63,9	67,7
R3	53,0	56,0	62,6
R4	54,2	57,6	63,6
TOTAL	234,2	251,2	268,0
PROMEDIO	58,6	62,8	67,0

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013

Elaboración: La Autora

El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda fue estadísticamente superior en el pasto en pos-floración con el 67,0%; mientras que se presenta el menor porcentaje en el pasto en pre-floración con el 58,6%.

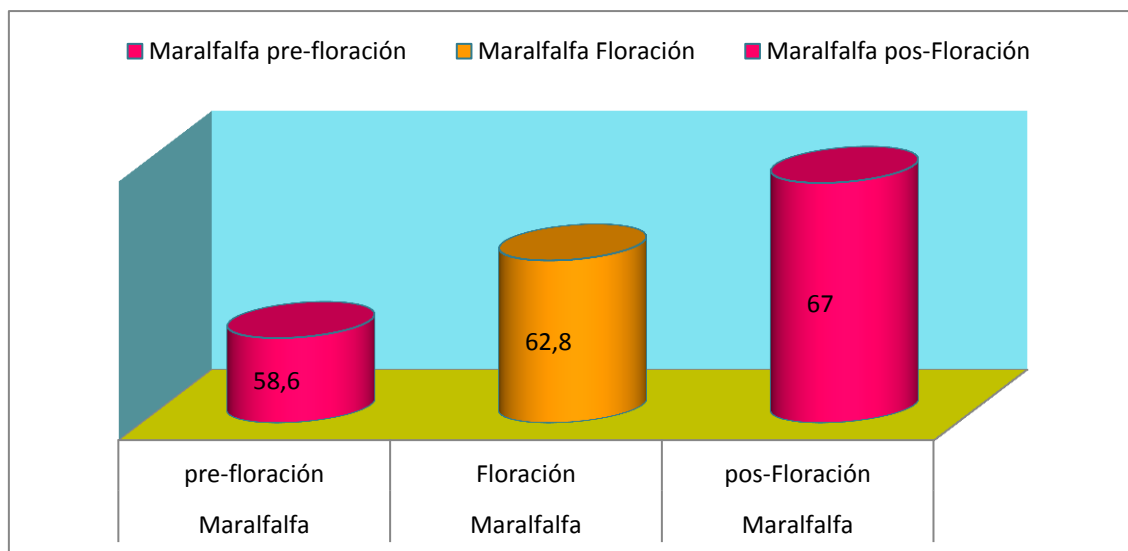


Figura 8. Coeficiente de digestibilidad de la Fibra Cruda (%)

4.3.4 Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo

Con los resultados del contenido de extracto etéreo del pasto maralfalfa y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos. Los resultados se explican en el cuadro 8 y figura 9.

Cuadro 8. Coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo del pasto Maralfalfa en diferentes estados fenológicos (%).

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	68,3	78,4	49,3
R2	59,3	75,9	43,5
R3	65,2	75,0	23,2
R4	71,0	77,8	29,1
TOTAL	263,8	307,2	145,1
PROMEDIO	66,0	76,8	36,3

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013
Elaboración: La Autora

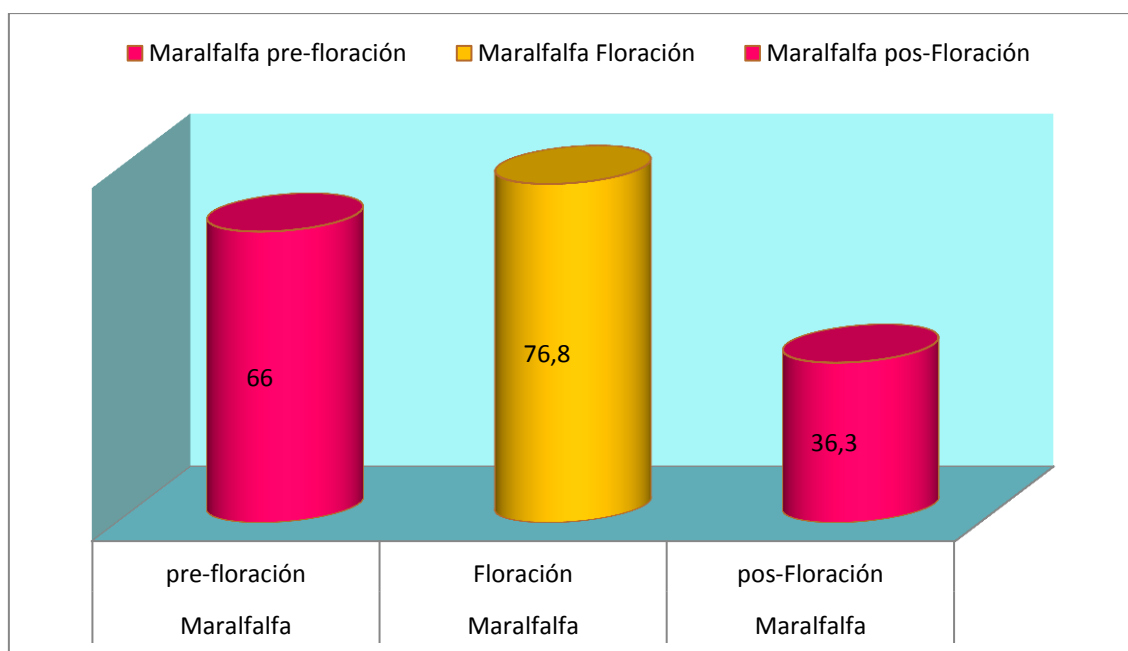


Figura 9. Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo (%)

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo obtuvo el mayor porcentaje en el tratamiento dos (floración) con 76,8%; mientras que el tratamiento uno que corresponde a la pre-floración tiene el 66,0%; quedando el tratamiento tres en tercer lugar con un promedio de 36,3%

4.3.5 Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno

Con los resultados del contenido de extracto libre de nitrógeno del pasto maralfalfa y de las heces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos. Los resultados se explican en el cuadro 9 y figura 10.

Cuadro 9. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	Pre-floración	Floración	Post – Floración
R1	71,6	72,9	68,9
R2	64,5	66,2	61,1
R3	58,8	60,8	54,9
R4	60,0	61,8	56,1
TOTAL	254,9	261,7	241,0
PROMEDIO	63,7	65,4	60,2

Fuente: Investigación de campo Junio del 2013

Elaboración: La Autora

El mayor porcentaje de digestibilidad extracto etéreo se obtuvo en el tratamiento dos que corresponde al pasto en estado de floración con el 65,4%; mientras que el tratamiento uno obtuvo el 63,7%; quedando en tercer lugar el tratamiento de pos floración con un porcentaje del 60,2%.

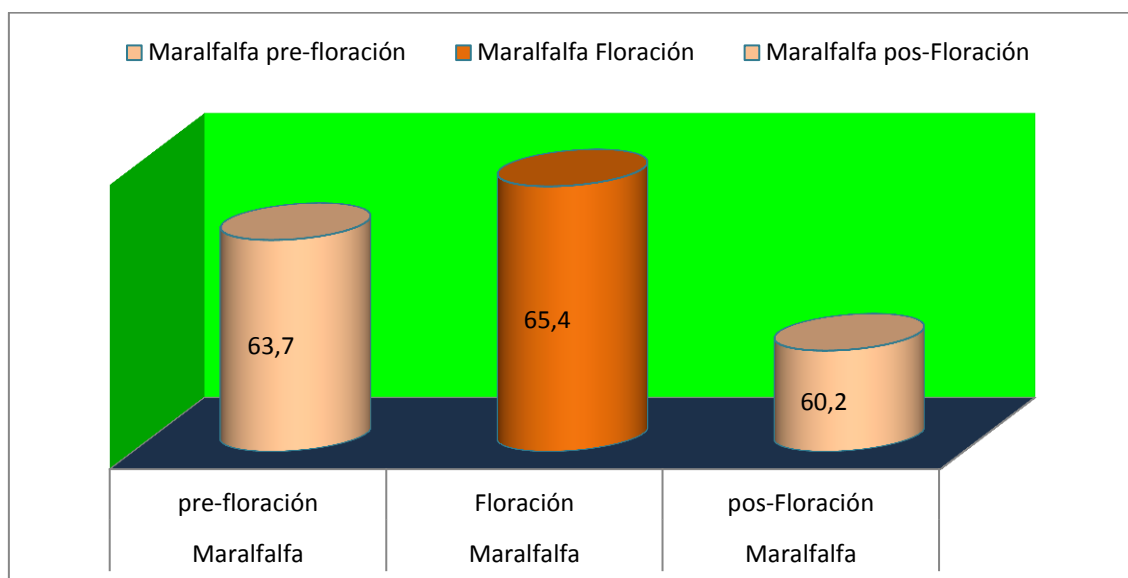


Figura 10. Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (%)

4.4. CONTENIDO DE NDT Y ENERGÍA

Para la determinación del contenido de los Nutrientes Digerible Totales (NDT), energía digestible y energía metabolizable, se utilizaron las ecuaciones del NRC (2001). Los resultados se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Contenido de NDT, energía digestible y energía metabolizable del pasto maralfalfa en diferentes estados fenológicos.

Estado Fenológico	NDT (%)	ED (Mcal/kg)	EM (Mcal/kg)
Pre-floración (60 días)	84,8	3,7	3,1
Floración (90 días)	92,4	4,1	3,3
Post-floración (120 días)	63,3	2,8	2,3

El contenido de NDT, energía digestible y energía metabolizable fue mayor en el pasto en estado de floración con el 92,4%, 4,1 y 3,3 Mcal/kg respectivamente; lo cual se explica por la mejor composición química que presentó el pasto en éste estado fisiológico.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

El contenido de materia seca varía de acuerdo al estado fenológico así tenemos que en estado de pre-floración (60 días) presenta un porcentaje del 22,96%; mientras que en post-floración (120 días) alcanza el 25,46%. Estos resultados difieren muy poco de los reportados por Andrade (2009) que en los días 70 y 90 fueron de 17,4 y 22,72% respectivamente. Lo contrario ocurre con los tenores de proteína, observándose mayor contenido en el pasto en estado de pre-floración con 14,77%; mientras que en post-floración baja al 11,9%; valores que coinciden con los citados por Andrade (2009).

El contenido de fibra cruda presenta variaciones que van de 28,35% al 35,46% en los estados de floración y pos-floración respectivamente, valores muy inferiores a los reportados por Andrade (2009) que estuvieron por el orden del 42,18 y 44,03% a los 70 y 90 días respectivamente.

Estos resultados permiten confirmar lo señalado por Clavero y Razz (2009) en el sentido de que el maralfalfa es un pasto que presenta excelentes características nutricionales, a una edad temprana, con altos niveles de proteína, que disminuyen conforme avanza la edad; ocurriendo lo contrario con los tenores de materia seca y fibra.

5.2. CONSUMO DE ALIMENTO

El mayor consumo de Maralfalfa en base a materia seca, se registró en el tratamiento uno (90 días) con un promedio de 163,1g/d; mientras que el menor consumo se obtuvo en el tratamiento tres (post-floración) con 64,1 g/d, en promedio por animal; estos resultados son similares a los comunicados por Granda (2009) que en estudios de digestibilidad aparente de la alfalfa obtuvo un consumo de 65,73 g/d en estado de floración.

Al respecto, Mejía (2002) afirma que el consumo voluntario de materia seca depende de factores relacionados con las propiedades nutritivas del alimento

(composición química) características del animal y los requerimientos energéticos.

5.3. DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de la materia seca fue mayor en el tratamiento dos que corresponde al estado de floración (90 días) con un porcentaje del 67,9%; mientras que el menor porcentaje se registró en el pasto en estado de pos-floración con un porcentaje del 54,7%, diferencias que resultaron estadísticamente significativas. Estos resultados son similares a los reportados por Sosa *et al.* (2006) quienes obtuvieron un coeficiente de digestibilidad del 68%; mientras que Clavero y Razz (2009), alcanzaron resultados inferiores con el 52,6 %.

La proteína cruda alcanzó mayor porcentaje de digestibilidad en el tratamiento dos con el 73,8%; a continuación se ubicó el tratamiento uno que corresponde a la pre-floración con el 43,8%, quedando en último lugar el tratamiento tres con un porcentaje de digestibilidad de 43,8%.

Sin embargo en el trabajo realizado por Ramiro Ordoñez, (2012), manifiesta que el coeficiente de digestibilidad de proteína cruda en estado fenológico de pre-floración del maní forrajero alcanzó un porcentaje de 75,14% siendo superior al estado fenológico de floración con un porcentaje del 68,82%

La digestibilidad de la fibra cruda fue mayor en el pasto en pos-floración con 67,0%; mientras que el menor porcentaje se presentó en el tratamiento uno (pre-floración) con 58,6%. Sin embargo en el trabajo realizado por la Revista de Ciencias (2014); manifiesta que el coeficiente de digestibilidad de fibra cruda en pasto Kikuyo alcanzó un promedio de 74,07, y 75,50%.

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo fue mayor en el estado de floración con 76,8%; mientras que el tratamiento uno que corresponde a la pre-floración alcanzó el 66,0%; estos resultados son mayores a los reportados por Jorge de Alba, (1952) que estuvieron por el orden del 49% en estado de pre-floración y floración.

La digestibilidad en esta investigación se asemeja al trabajo ejecutado por Burí (2013) en lo que respecta con la digestibilidad del extracto etéreo en el raygrass encontrando porcentajes de 78,82% en estado de pre-floración.

El mayor porcentaje de digestibilidad del ELN lo obtuvo el tratamiento dos que corresponde al pasto en estado de floración con el 65,4%; mientras que el tratamiento uno obtuvo el 63,7%.

La digestibilidad en esta investigación se relaciona con respecto al trabajo ejecutado por Ramiro Ordoñez, (2012) en lo que respecta a la digestibilidad del Extracto libre de Nitrógeno, encontrando un coeficiente de digestibilidad del 66,78% en el estado de floración del maní forrajero y en el estado de pre-floración con un porcentaje de digestibilidad del 65,88%.

5.4. CONTENIDO DE NDT Y ENERGÍA

El contenido de NDT, energía digestible y energía metabolizable fue mayor en el pasto en estado de floración con el 92,4%, 4,1 y 3,3 Mcal/kg respectivamente; lo cual se explica por la mejor composición química que presentó el pasto en éste estado fisiológico.

6. CONCLUSIONES

Del análisis y discusión de los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ✚ La composición química del pasto maralfalfa varía de acuerdo al estado fenológico; siendo mayor el contenido de proteína en el pasto en estado de pre - floración; a diferencia de los contenidos de materia seca y fibra cruda que se incrementan a medida que avanza el estado fenológico de la planta, es decir el estado de post-floración, que generalmente ocurre en periodos mayores a 120 días.
- ✚ El consumo de materia seca fue mayor en el estado de floración con 163,1g/d en promedio por animal; mientras que se presentó el menor consumo en el estado de pos-floración con 64,1 g; lo que se explica por las mejores propiedades nutricionales del pasto tierno, que presentó mayor contenido de proteína cruda y menor tenor de fibra.
- ✚ La digestibilidad de la materia seca y proteína cruda fue mayor en el pasto en estado de floración con el 67,9% y 73,8% respectivamente; mientras que pos-floración resultó menos digestible; lo cual es comprensible por los mayores niveles de fibra que presenta el pasto maduro.
- ✚ La fibra cruda presentó mayor porcentaje digestibilidad en el pasto en post-floración con el 67,0%; mientras que en el estado de pre-floración alcanzó el 58,6% de digestibilidad.
- ✚ Los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo y el ELN fueron superiores en el pasto en estado de floración con el 76,8% y 65,4 respectivamente; mientras que en la pre-floración fueron mucho menores.
- ✚ El contenido de NDT y energía metabolizable fue mayor en el pasto en estado de floración con el 92,4% y 3,3 Mcal/kg respectivamente; lo cual

se explica por la mejor composición química que presentó el pasto en éste estado fisiológico.

- ✚ De manera general se concluye que el valor nutritivo del pasto mar alfalfa es superior en el estado de floración, es decir a los 90 días de edad, por lo se recomienda su cosecha y aprovechamiento en la alimentación animal.

7. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones se plantean las siguientes recomendaciones:

- ✚ Utilizar el pasto maralfalfa en estado de floración en la alimentación de cobayos, ya que presenta una mejor composición química, mayor consumo y digestibilidad, que el pasto en estado de pos-floración.
- ✚ Estandarizar el manejo del cultivo del pasto maralfalfa para disminuir las variaciones en los resultados de la composición química, en relación con las referencias existentes en la literatura.
- ✚ Realizar nuevos trabajos de investigación de valoración nutricional del pasto maralfalfa aplicando otras técnicas digestibilidad que permitan validar los resultados alcanzados en esta investigación.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDRADE, D.2009.** Evaluación de dos y tres distancias de siembra de pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la localidad de Chalguayacu, Cantón Cumanda, provincia de Chimborazo.
2. **BURÍ, R,(2013.** Digestibilidad del raygrass (*lolium perenne*) en diferentes estados fenológicos para la alimentación de cobayos (*cavia porcellus*) en la hoya de Loja. Universidad Nacional de Loja. Archivo e Internet .PDF.
3. **CASTRO, H. 2002.** Sistemas de crianza de cuyes a nivel familiar-comercial en el sector rural. Benson Agriculture and Food Institute Brigham Young University Provo, Utah, USA. Archivo de Internet cuyecuador.pdf.
4. **CHAVERO, T Y RAZZ, R. 2009.** VALOR NUTRITIVO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) EN CONDICIONES DE DEFOLIACIÓN. REV. FAC.AGRON. (LUZ).26-87.
5. **CHAUCA, L. 1997.** Sistemas de producción de cuyes en el Perú, FASE I y II. INIA-CIID, Informe técnico final, vols. I y II. Archivo de Internet cuyperu.pdf.
6. **CHURCH, D., POND, W., Y POND K., 2002.** Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Segunda Edición. Editorial LIMUSA. México. pp. 597-612.
7. **GONZÁLEZ, B. 1995.** Manejo de gramíneas forrajeras en la cuenca del lago Maracaibo. En: Manejo de la ganadería mestiza de doble propósito. N Madrid-Bury, E Soto-Belloso (eds). Edic. Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap XII, p. 199-224.
8. **GÓMEZ, H. Molina, V. y Rubi, K. 2007.** Evaluación de la degradabilidad ruminal de materiales forrajeros en dos sistemas de producción ganadera a

través de la técnica *in situ*. Tesis de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de El Salvador. pp. 12-19.

9. **JOSUÉ CRUZ CABALLERO 2015.** Digestibilidad *in vivo* del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) fertilizado con triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante conservador. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro división de Ciencia Animal. Departamento de Nutrición Animal. Archivo de Internet PDF.
10. **LACHMANN, M Y ARAUJO, O.** La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Disponible: <http://www.secalc.ula.ve>. 1999.
11. **LOOMIS, R Y COONOR, D. 2002.** Ecología de cultivos, productividad y manejo en sistemas agrarios. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. PP. 20-30
12. **MEJÍA, H. 2002.** Consumo voluntario por rumiantes en pastoreo Acta Universitaria 12 (3), 56 – 63. URL Disponible en: <http://www.redalyc.org>. Consultado: Julio 20 de 2015.
13. **MC.DONALD, P, EDWARDS, R.A, GREENHALGH,G.F.D.:MORGAN, C.A. 2002** Nutrición Animal.
14. **MORA, I. 2002.** Nutrición animal. se. Edit. EUNED. Zaragoza, España. PP. 13-29
15. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001.** Nutrient requirements of laboratory animals. 33 ed. Washington. DC., National Academy of Science. 96 pág.
16. **ORDOÑEZ, B, 2012** Digestibilidad aparente del maní forrajero (*arachis pinto*), en cobayos en el cantón Yantzatza, provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional de Loja. Archivo e Internet .PDF.
17. **PERÚ, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA (INIA).**

1995. Investigaciones en cuyes. Informe Técnico N° 694. 197 págs.
18. **REVOLLO, K. 2009.** Proyecto de Mejoramiento Genético y Manejo del Cuy (MEJOCUY), Bolivia. Archivo de Internet 37b.pdf.
19. **REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS 2014.** Digestibilidad del pasto Kikuyo (*Penmesetum Clandestinum*) bajo un sistema de labranza y fertilización Orgánica y/o Mineral. Universidad de Nariño. Archivo de Internet PDF.
20. **PIRELA, M. F. 2005.** Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de Ganadería Doble Propósito. Publicación INIA. p. 176.
21. **SÁNCHEZ, J. M. L. y Soto, H. 1999.** Niveles de Energía Estimada en los Forrajes de un Distrito de Mediana Producción Lechera, Fortuna de San Carlos en la Zona Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. v. 23, n. 2, p. 179-185.
22. **SHIMADA, M. 2005.** Nutrición animal, se. Editorial Trillas, México, pp 18-35
23. **SICCARDI, A., LAWRENCE, A., GATLIN, D., FOX, J., CASTILLE, F. 2009.** Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, México. Archivo de Internet. PDF.
24. **URREGO, E. 2009.** Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Estación Experimental Agropecuaria La Molina del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) del Perú. Archivo de Internet Manual_CrianzaDeCuyes.doc
25. **VERGARA, V. 2008.** Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos, Facultad de Zootecnia- Universidad nacional Agraria La molina. Lima-Perú. archivo de Internet.pdf.

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del consumo de alimento, digestibilidad de la materia seca, fibra cruda, proteína cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, mediante un diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos y cuatro repeticiones.

a. Consumo de Alimento

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
CA	12	1,00	1,00	2,65

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	23810,2	2	11905,1	1684,55	<0,0001
Trat.	23810,2	2	11905,1	1684,55	<0,0001
Error	63,60	9	7,07		
Total	23873,8	11			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 7,0672 gl: 9

<u>Trat.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2,00	163,08	4	1,33 A
1,00	73,85	4	1,33 B
3,00	64,08	4	1,33 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

b. Materia seca

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
MS	12	0,56	0,47	9,41

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	404,3	2	202,2	5,78	0,0243
Trat.	404,3	2	202,2	5,78	0,0243
Error	314,6	9	35,0		
Total	718,9	11			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 34,9583 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.
2,00	67,88	4	2,96 A
1,00	65,85	4	2,96 A
3,00	54,68	4	2,96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

c. Fibra Cruda

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC	12	0,26	0,10	10,72

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	143,14	2	71,57	1,58	0,2580
Trat.	143,14	2	71,57	1,58	0,2580
Error	407,49	9	45,28		
Total	550,63	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 45,2761 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.
3,00	67,01	4	3,36 A
2,00	62,80	4	3,36 A
1,00	58,55	4	3,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

d. Proteína Cruda

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC	12	0,84	0,81	10,74

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2182,82	2	1091,41	23,95	0,0002
Trat.	2182,82	2	1091,41	23,95	0,0002
Error	410,06	9	45,56		
Total	2592,88	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 45,5625 gl: 9

Trat. Medias n E.E.

2,00	73,78	4	3,38	A
1,00	70,88	4	3,38	A
3,00	43,83	4	3,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

e. Extracto Etéreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
EE	12	0,87	0,84	12,82

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	3517,85	2	1758,92	30,08	0,0001
Trat.	3517,85	2	1758,92	30,08	0,0001
Error	526,23	9	58,47		
Total	4044,08	11			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 58,4702 gl: 9

<u>Trat.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2,00	76,78	4	3,82
1,00	65,95	4	3,82
3,00	36,27	4	3,82

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

f. Extracto Libre de Nitrógeno

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
ELN	12	0,15	0,00	9,34

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	55,66	2	27,83	0,80	0,4789
Trat.	55,66	2	27,83	0,80	0,4789
Error	313,15	9	34,79		
Total	368,81	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 34,7939 gl: 9

<u>Trat.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2,00	65,43	4	2,95	A
1,00	63,73	4	2,95	A
3,00	60,25	4	2,95	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 2. FOTOS DEL TRABAJO DE CAMPO

Figura 11. Unidades experimentales



Figura 12. Pasto Maralfalfa



Figura 13. Corte del pasto Maralfalfa



Figura 14. Pesaje y suministro del pasto Maralfalfa



Figura 15 Suministro de pasto Maralfalfa a los cobayos



Figura 16. Toma y registro de peso de los cobayos



Figura 17. Toma de muestras de las heces