UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURABLES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE SACCHARINA RÚSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA PARA LA ALIMENTACIÒN DE CUYES (*Cavia porcellus*).

Tesis de grado previa a la obtención del título de Médica Veterinaria Zootecnista.

AUTORA:

Geovanna Fernanda Nero Granda

DIRECTOR:

Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2017

Certificación del Director de Tesis

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que he revisado la presente tesis titulada "DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE A SACCHARINA RUSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES" realizada por la Srta. Geovanna Fernanda Nero Granda, la misma que CULMINO DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO, cumpliendo con todos los lineameantos por la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, AUTORIZO SE CONTINUÊ CON EL TRÁMITE DE GRADUACIÓN.

Loja, 30 enero de 2017

Atentamente

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que el proyecto de tesis titulado "**DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE SACCHARINA RUSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA PARA LA ALIMENTACIÒN DE CUYES (*Cavia porcellus*)**", de la autoría de la Srta: GEOVANNA FERNANDA NERO GRANDA previo a la obtención del título de MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA, ha incorporado las observaciones realizadas por el Tribunal en el momento de la calificación. Por lo que se autoriza la impresión del trabajo y continuar con los trámites de graduación.

Loja, 16 de mayo del 2017

.....

Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

.....

Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, Geovanna Fernanda Nero Granda, 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.

Autora: Geovanna Fernanda Nero Granda

Firma: .....

Cédula: 1104335532

Fecha: Loja, 22 de Mayo del 2017

CARTA DE AUTORIZACIÒN

Yo, GEOVANNA FERNANDA NERO GRANDA declaro ser autora de la tesis titulada "**DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE SACCHARINA RUSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA PARA LA ALIMENTACIÒN DE CUYES (*Cavia porcellus*)**", como requisito para optar al grado de Médica Veterinaria Zootecnista, 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 22 días del mes de Mayo del dos mil diecisiete firma el autor.

Firma: ----------
Autor: GEOVANNA FERNANDA NERO GRANDA
Número de cédula: 1104335532
Dirección: Motupe
Correo electrónico: jo_ha_naur@hotmail.com
Teléfono: Celular: 0981701419

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de tesis: Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo, Mg. Sc.
Tribunal de Grado:

Presidente del Tribunal: Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg. Sc.

Vocal: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

Vocal: Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Una vez terminado el presente trabajo doy gracias a Dios por la sabiduría y las bendiciones para culminar con la investigación, además agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y de forma muy especial a la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia; por haberme abierto sus puertas y permitir que cumpla mi formación académica; a sus profesores por brindarme sus conocimientos y experiencias para mi formación profesional.

Un agradecimiento al Dr. Rodrigo Abad, quien con su capacidad humana, brindaron sus conocimientos y experiencias encaminándome durante el desarrollo del presente trabajo de investigación. A mis grandes amigos, maestros y compañeros con quienes compartí grandes momentos a lo largo de mi vida estudiantil y en especial aquellos más cercanos quienes me brindaron su apoyo incondicional.

A mi amiga incondicional Vanessa por siempre estar en las buenas y en las malas.

Geovanna Fernanda Nero Granda

DEDICATORIA

Este logro lo dedico:

A mi Madre, Rosa Nero por darme la vida, apoyarme con su esfuerzo durante mi vida estudiantil para lograr que me forme profesionalmente.

A mis Hermanos Segundo, Hugo, Gonzalo, quienes son parte importante en mi vida gracias a sus consejos y apoyo incondicional para cumplir una meta más.

A mis hijos que son mi inspiración para luchar día a día, a mi esposo y amigo Jhon, por su apoyo y su amor incondicional que han sabido guiarme para poder culminar mi carrera con bien, este esfuerzo es por ellos.

Geovanna Fernanda Nero Granda

ÍNDICE GENERAL

PORTADA i
CERTICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO iii
AUTORÍA iv
CARTA DE AUTORIZACIÒN v
AGRADECIMIENTO vi
DEDICATORIA vii
ÍNDICE GENERAL viii
ÍNDICE DE CUADROS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN xiii
ABSTRACT xiv
1. INTRODUCCIÓN 1
2. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.2. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CUY 3
2.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY 3
2.2.1. Agua 4
2.2.2. Hidratos de Carbono 4
2.2.3. Proteína 5
2.2.4. Aminoácidos Esenciales 5
2.2.5. Fibra 7
2.2.6. Energía 7
2.2.7. Minerales 7
2.2.8. Vitaminas 8
2.3. CAÑA DE AZUCAR 13
2.3.1. Generalidades de la Caña de Azúcar 13
2.3.2. Variedades 14
2.3.3. Composición Química 16
2.3.4. Propiedades Nutricionales 17
2.3.5. Usos de la Caña de Azúcar en la Alimentación 18
2.4. SACCHARINA RUSTICA 19

2.4.1. Tipos de Saccharina 19
2.4.2. Elaboración 19
2.4.3. Usos de la Saccharina 20
2.4.4. Fuentes de Nitrógeno a Usar 20
2.5. ANÁLISIS QUÍMICO 25
2.5.1. Determinar el Valor de los Alimentos 25
2.7. TRABAJOS SIMILARES 27
3. MATERIALES Y MÈTODOS 30
3.1. MATERIALES 30
3.2. MÉTODOS 31
3.2.1. Ubicación del Ensayo 31
3.2.2. Selección y Adecuación del Lugar 31
3.2.3. Número de Animales 32
3.2.4. Preparación de los Tratamientos 32
3.2.5. Preparación de la Ración base 33
3.2.6. Descripción de los tratamientos 34
3.2.7. Manejo de Animales 34
3.2.8. Diseño Experimental 34
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO 35
3.4. TOMA Y REGISTRO DE DATOS 35
3.4.1. Composición química de la saccharina 35
3.4.2. Consumo de alimento 36
3.4.3. Digestibilidad *in vivo* Ms: 36
3.4.4. Digestibilidad *in vivo* de Pc: 37
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 37
4. RESULTADOS 38
5. DISCUSIÓN 43
6. CONCLUSIONES 45
7. RECOMENDACIONES 46
8. BIBLIOGRAFÍA 47
9. ANEXOS 53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos Nutritivos del Cuy. 12
Cuadro 2. Composición química de la caña de azúcar entera. 17
Cuadro 3. Características de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y pared celular de caña de azúcar y residuos. 18
Cuadro 4. Composición de la saccharina rústica elaborada con diferentes niveles de urea. 32
Cuadro 5. Composición de la ración base para determinar digestibilidad de la sacharina rustica..... 33
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos con porcentajes..... 34
Cuadro 7. Descripción del diseño experimental**.** 34
Cuadro 8. Composición química de la saccharina rustica con diferentes niveles de urea (%). 38
Cuadro 9. Digestibilidad de Materia Seca y Proteína Cruda de dietas con un 52% de Saccharina Rustica..... 39
Cuadro 10. Contenido de materia seca y proteína cruda de las heces de cuyes de cebo..... 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre la inclusión de urea y el contenido de proteína cruda en la sacharina. 38
Figura 2. Digestibilidad in vivo de materia seca (%). 40
Figura 3. Digestibilidad in vivo de proteína cruda (%). 40
Figura 4. Composición de heces en Materia Seca. 42
Figura 5. Composición de heces en proteína cruda. 42

DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE SACCHARINA RÚSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA PARA LA ALIMENTACIÒN DE CUYES (*Cavia porcellus*).

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad *in vivo* de saccharina rustica en cuyes, por efecto de diferentes niveles de urea y evaluar su composición química. Se elaboraron tres tratamientos con saccharina rustica al 0.5, 1, y 1.5 % de urea por tratamiento. Se utilizó un diseño cuadrado latino con tres tratamientos, tres repeticiones en tres tiempos diferentes. Se seleccionaron cuyes machos con un peso promedio de 800 a 900 gramos, mediante sorteo se destinó tres animales para cada tratamiento. El suministro del alimento fue en la mañana y la tarde. Las variables de estudio fueron: composición química de los tratamientos (proteína cruda (PC), materia seca (MS), fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y cenizas), así mismo la digestibilidad *in vivo* de materia seca (DMS) y de proteína cruda (DPC). El análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico SAS (SAS University Edition), en el que los efectos principales fueron las dietas, el tiempo y su interacción y el efecto aleatorio es el animal designado a la ración. Los cambios más notables de la composición química se observaron en el nivel de proteína cruda. La inclusión de un 1% de urea en la caña de azúcar picada, ocasiono un incremento (P<0,001) de 6,51 puntos porcentuales el nivel de proteína de la saccharina. No se detectaron diferencias debido a la inclusión de los diferentes niveles de urea en la saccharina, en la digestibilidad de MS y PC (P>0,309), obteniéndose de media una digestibilidad del 67,4% para la MS y 67,2% para la PC. A pesar de que las diferencias de las medias de digestibilidad fueron importantes entre los tratamientos, un error estándar alto impidió detectar diferencias estadísticas. La composición química de la saccharina analizada con diferentes niveles de urea alcanzó un rango 6,29 a 11,2 % de proteína cruda, a mayor nivel de urea un mayor nivel de proteína bruta; sin embargo el incremento de nitrógeno no proteico no garantiza un mayor aprovechamiento del mismo en el organismo del cuy.

Palabras clave: materia seca, proteína cruda, urea, saccharina, digestibilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine digestibility in vivo of rustic saccharin in guinea pigs, as effect of different levels of urea and assess its chemical composition. Three treatments were made with rustic saccharin 0.5, 1 and 1.5% of urea per treatment. Besides, a Latin square design was applied with three treatments, three repetitions in three different times. Also, male guinea pigs with an average weight of 800 to 900 grams were selected randomly, three animals in each treatment. The food supply was in the morning and the afternoon. The studied variables were: chemical composition of treatments (crude protein (CP), dry matter (DM), crude fiber, ether extract, free extract of nitrogen and ash), as well as, the in vivo digestibility, dry matter (DMS) and crude protein (DPC). The statistical analysis was performed using the statistical program SAS (SAS University Edition), in which the main effects were diets, the time and their interaction and the random effect is the animal selected to the ration. The most notable changes of the chemical composition were observed in the level of crude protein. The inclusion of a 1% urea in chopped sugar cane, caused an increase (P<0,001) of 6.51 percent saccharin protein level. Differences were not detected due to the inclusion of different levels of urea in the saccharin, on the digestibility of DM and PC (P>0,309), obtaining half to 67.4% digestibility for DM and 67.2% for the PC. Despite of differences in digestibility, averages were significant between treatments, a high standard error did not allow to detect statistical differences. The chemical composition of saccharin analyzed with different levels of urea reached range 6.29 to 11.2% crude protein, higher level of urea to a higher level of crude protein; however the increase of non-protein nitrogen does not guarantee a greater use of it in the body of the Guinea pig.

Key words: dry matter, crude protein, urea, saccharin and digestibility.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cuy (*Cavia porcellus*) es considerado como una especie animal de interés social y comercial por ser una fuente alternativa de proteína animal de bajo costo, su crianza está ampliamente difundida en la sierra y es básicamente de tipo familiar y comercial. La provincia de Loja es uno de los sectores del País que se dedica a la crianza y engorde de cobayos, las condiciones climáticas de la zona han hecho que esta actividad se desarrolle en los últimos años, considerando que esta especie herbívora es precoz, prolífica y de fácil adaptación (Buri, 2013).

Existen varias limitantes en la producción de cobayos; así se tiene que el 95% se encuentra bajo el sistema de crianza familiar, y son alimentados con residuos de cocina y con algún forraje, por tanto presentan bajos índices de producción y productividad; mientras que solo el 5% son criados en un sistema comercial y familiar-comercial (Chávez, 2013).

Se hace indispensable pensar en sistemas de alimentación nuevos, tales como son las raciones o dietas a base de concentrados que permitan satisfacer las necesidades de los cobayos en sus etapas fisiológicas productivas y reproductivas, por cuanto es necesario conocer características y bondades de productos no tradicionales que muchas veces pasan desapercibidas y otras que a pesar de tener muchas veces a disposición se desperdician al desconocer el potencial alimenticio de los mismos ocasionando pérdidas económicas que se podría evitar (Herrera, 2012).

La caña de azúcar *(Saccharum officinarum)* es uno de los forrajes perennes que es usados en la alimentación animal y que a pesar de su alto contenido energético presenta limitaciones en cuanto a la proteína, cuando es ofrecido como alimento único, siendo necesario complementar con una fuente proteica de rápida degradación para su enriquecimiento nutritivo o a través de fuentes de nitrógeno no proteico en diferentes porcentajes que permita mejorar sus niveles nutricionales (Rosales, 2006), obteniendo de esta manera subproductos como saccharina rústica para la alimentación suplementaria en la dieta de animales, en

algunas épocas de sequía drástica puede constituir una alternativa de fuente alimenticia (saccharina) (Herrera, 2012).

Es por ello que en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la composición química de la saccharina rústica por efecto de diferentes niveles de urea.
- Estimar la digestibilidad *in vivo* de saccharina rústica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.2. FISIOLOGÍA 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 transportados por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Comprende la ingestión, la digestión y la absorción de nutrientes y el transporte de los mismos a lo largo del tracto digestivo.

El aparato digestivo del cuy está formado por la boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y órganos anexos. Entre los órganos anexos encontramos los dientes, glándulas salivales, páncreas e hígado. En el estómago segrega ácido clorhídrico cuya función es disolver al 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. Cabe señalar que en el estómago no hay absorción. En el intestino delgado ocurre la mayor parte de la digestión endógena y absorción, aquí son absorbidas la mayor parte de los nutrientes digeridos. En el intestino grueso, especialmente a nivel de ciego, se lleva a cabo una degradación microbiana del alimento (Undem, 2002). Además, de la degradación de la fibra en el intestino grueso se ha observado una importante función en el reciclado de sustancias endógenas como la degradación de mucinas (Abad-Guamán *et al*., 2015), utilizadas para la síntesis de proteína microbiana y vitaminas del complejo B y vitamina K. Además, en el intestino grueso se absorben una gran cantidad de agua, minerales y ácidos grasos volátiles (Hargaden y Singer, 2012).

2.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

La alimentación del cobayo es uno de los aspectos más importantes, debido a que de éste depende el éxito de la producción, por tanto se debe asegurar la producción de forraje suficiente considerando, que el cuy es animal herbívoro monogástricos, tiene un estomago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde realiza la fermentación bacteriana; su mayor o menor actividad

depende de la composición de la ración. Realiza la Cecotrófia, esto le permite aprovechar mejor los nutrientes del alimento. La alimentación consiste, en hacer una selección y combinación adecuada de los diferentes nutrientes que tiene el alimento, con el fin de obtener eficiencia productiva desde el punto de vista económico y nutricional (Vivas y Carballo, 2009).

2.2.1. Agua

El agua constituye el mayor porcentaje de todo organismo vivo y desempeña un papel fundamental en todos los procesos vitales, la cantidad de agua que necesita un animal depende de diversos factores entre ello: tipo de alimentación, temperatura del ambiente en el que viven, clima, peso del animal etc, la cantidad que un animal necesita es el 10% de su peso vivo, el agua es indispensable para un normal crecimiento y desarrollo, el consumo de agua debe hacerse en la mañana o al final de la tarde siempre fresca y libre de contaminación (Huamán, 2007).

- **Fuentes de Agua**

El animal obtiene el agua de acuerdo a su necesidad de tres fuentes: el agua de bebida que se le proporciona a discreción, agua contenida como humedad en los alimentos y el agua metabólica que se produce del metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno (Vargas y Yupa, 2011).

- **Suministro**

Chauca (1997), señalan que la forma de suministro de agua es en bebederos, los cuales pueden ser bebederos automáticos instalados en red, bebederos de cerámica, inoxidable o de plástico.

2.2.2. Hidratos de Carbono

Proporciona la energía que el organismo necesita para mantenerse, crecer y reproducirse. Los alimentos ricos en carbohidratos, son los que comprende azúcares y almidones. Las principales fuentes de energía son todos los granos

como sorgo, maíz, trigo y los subproductos de éstos como la pulidora de arroz, afrechos (Vivas y Carballo, 2009).

2.2.3. Proteína

Las proteínas forma 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. El suministro inadecuado de proteína, tiene como consecuencia un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja producción de leche, baja fertilidad y menor eficiencia de utilización del alimento. El cuy responde muy bien a raciones con el 20% de proteína cuando estas provienen de dos o más fuentes sin embargo con un 14 y 17% (Vega, 2011).

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 (Veloz, 2005).

2.2.4. Aminoácidos Esenciales

Los aminoácidos son las unidades elementales constitutivas de las moléculas denominadas proteínas, son pues los componentes con los cuales el organismo sintetiza sus proteínas específicas a nivel de las mitocondrias celulares. En los animales existen ciertas limitaciones en la síntesis de aminoácidos: diez de ellos se consideran esenciales pero no pueden sintetizarse y hay que ingerirlos en la dieta. Estos aminoácidos esenciales son; Valina, Leucina, Isoleucina, Metionina, Treonina, Lisina, Histidina, Fenilalanina. Triptófano y Arginina (solo es esencial en la etapa de crecimiento porque su síntesis endógena resulta insuficiente (Quispe, 2010).
Vargas y Yupa (2011) señalan las funciones de los aminoácidos.

- **Isoleucina**

Junto con la L-Leucina y la Hormona del Crecimiento intervienen en la formación y reparación del tejido muscular.

- **Leucina**

Junto con la L-Isoleucina y la Hormona del Crecimiento (HGH) interviene con la formación y reparación del tejido muscular.

- **Lisina**

Es uno de los más importantes aminoácidos porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas.

- **Metionina**

Colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta. El aminoácido limitante determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.

- **Fenilalanina**

Interviene en la producción del Colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel y el tejido conectivo, y también en la formación de diversas neurohormonas.

- **Triptófano**

Está implicado en el crecimiento y en la producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas de secreción adrenal. También interviene en la síntesis de la serotonina, neurohormona involucrada en la relajación y el sueño.

- **Treonina**

Junto con la con la L-Metionina y el ácido Aspártico ayuda al hígado en sus funciones generales de desintoxicación.

- **Valina**

Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno.

2.2.5. Fibra

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 5 al 18%. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no sólo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo (Revollo, 2009).

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 % (Veloz, 2005).

2.2.6. Energía

Cuantitativamente, el requerimiento energético es el más importante para los cuyes; sin embargo, las necesidades energéticas están influenciadas por la edad, actividad del animal, estado fisiológico, nivel y tipo de producción, y temperatura ambiental (Morales *et al*., 2011).

Veloz (2005), señala que los carbohidratos, lípidos y azúcares proveen de energía al animal. Los más disponibles son los carbohidratos, fibrosos y no fibrosos, contenido en los alimentos de origen vegetal. El consumo de exceso de energía no causa mayores problemas, excepto una deposición exagerada de grasa que en algunos casos puede perjudicar el desempeño reproductivo.

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 tracción para cuyes son las de origen vegetal (Vargas y Yupa, 2011).

2.2.7. Minerales

Veloz (2005), señala que el cuy está acostumbrado a una elevada ingestión de minerales, los elementos esenciales son: calcio, potasio, sodio, fósforo, magnesio

y cloro.Los minerales juegan un papel muy importante en la composición de una ración para cobayos ya que estos son indispensables para el buen desarrollo del animal, tal es así que el Ca el P y la vitamina D, participan directamente en la formación del sistema óseo del cuy. Los minerales cumplen importantísimas funciones en el organismo de los animales, a más de formar huesos y dientes regulan la fisiología del animal.

2.2.8. Vitaminas

Grupo de compuestos orgánicos no relacionados químicamente, son esenciales para la vida y para un crecimiento normal de los animales. Su esencialidad se debe a que forman parte de algunos sistemas enzimáticos del organismo. Estos compuestos no reaccionan como tales sino que son usados para la formación de moléculas más complejas llamadas coenzimas. Sin embargo no todas la. Vitaminas tienen una función coenzimatica real entre estas podemos citar las vitaminas liposolubles A, D, E, K, que a pesar de tomar parte en mucha, funciones fisiológicas. Las vitaminas hidrosolubles se pueden considerar con función coenzimatica real. Hay diferencias en su composición química, ocurrencia, absorción, almacenamiento y excreción, entre las vitaminas hidrosolubles tenemos las vitaminas del complejo B, entre ellas, tiamina, riboflavina, niacina, Vitamina B6, Acido pantotenico, cobolamina y biotina (Maner, 1987).

a) Vitamina A

El cuy tiene baja capacidad para almacenar vitamina A, esto depende de la salud y de la frecuencia de la ingestión, normalmente el cuy satisface sus requerimientos por libre absorción de carotenos (pigmento anaranjado) de zanahorias, tomate, camotes constituyentes en su dieta normal (Vega, 2011).

b) Vitamina D

(Antirraquítica), Cuya función es la de aumentar la absorción del calcio en el intestino, aunque es más importante su actividad en el hueso promoviendo la calcificación (hipocalcemia) (Vega, 2011).

c) Vitamina E

La reproducción es muy afectada por falta de esta vitamina se ha demostrado que 3mg/día son necesarios para las primerizas, en adultos esta necesidad se reduce (Vargas y Yupa, 2011).

d) Vitamina K

Es necesario para la reproducción ya que su deficiencia durante la preñes causa partos con cría muertos o muerte de las crías al nacer como consecuencia de hemorragias subcutáneas, musculares y cerebrales, se recomienda 50 mg de vitamina K/ kg de ración (Vargas y Yupa, 2011).

e) Vitaminas de complejo B

Conocidas también con el nombre de complejo vitamínico B, son sustancias frágiles, solubles en agua, varias de las cuales son importantes para metabolizar los carbohidratos (Cárdenas, 2013).

f) Tiamina (B1).

Es la vitamina del apetito, por lo que su deficiencia los síntomas son:

- Emaciación
- Temblores
- Pérdida de equilibrio (caminar inseguro)
- Tendencia a la retracción de la cabeza durante los estadios finales.
- En la autopsia se encuentra alimentos parcialmente digeridos en el ciego y no se observa grasa alrededor de los órganos.

Los requerimientos son de 4,0 a 6,5 Mg/Kg de ración para animales en crecimiento y de 6,0 a 8,0 Mg/Kg. de ración para adultos (Argos, 2003).

g) Riboflamina (B2).

Para un óptimo crecimiento, los requerimientos de riboflavina son de 3 mg/kg de alimento. La deficiencia de vitamina B2 no produce dermatitis, ni pérdida del apetito, produce:

- Retardo del crecimiento.
- Pelaje áspero.
- Palidez en los miembros, nariz y orejas.
- En algunos casos produce la muerte (Argos, 2003).

h) Vitamina B6 (Piridoxina)

En los cuyes es difícil que se presente esta deficiencia, por lo que sus síntomas no han sido determinados, los que crecieron normalmente por unos días mostrar luego:

- Anorexia.
- Retardo en el crecimiento.
- Disminución del vigor.
- Falta de coordinación muscular.
- Pelaje áspero y delgado.

En la autopsia se encontró el ciego hemorrágico, los riñones y las glándulas adrenales alargadas, los órganos sexuales atrofiados y degeneración grasa del hígado (Argos, 2003).

i) Vitamina C

La vitamina C es una fuente importante requerida para el mantenimiento de la salud y un desarrollo normal del cuy, en su proceso digestivo no sintetiza vitamina C o ácido ascórbico (vitamina muy frágil que se pierde con facilidad) necesitando diariamente de fuentes naturales externas siendo la mejor fuente de vitamina C los pastos y forrajes verdes. A falta o escases de forraje se recurre a dietas integrales (alimento concentrado balanceado más vitamina C y agua) donde se debe administrar dicha vitamina en forma directa se adiciona como productos químicos asociados con sales minerales como la vitamina C sintética simple (94% - 98% de pureza) con muchas exigencias para su uso y aprovechamiento, se la administra en la dieta diaria ya sea en agua o el alimento, el requerimiento de vitamina C por día es de 10 mg / kg de peso vivo (León *et al.,* 2016*).*

- **Requerimiento de Vitamina C en el cuy**

Calderón y Cazares (2008), mencionan que el requerimiento de vitamina C en animales que no se les administre forraje fresco es de 10 mg/kg de peso vivo o de 200 mg/kg de alimento. El forraje verde es una fuente natural de vitamina C.

- **Deficiencia de Vitamina C o vitamina antiescorbútica**.

Es bien sabido que la deficiencia de vitamina C causa pérdida de peso; anemia; debilidad de los músculos, incluyendo el corazón; alteraciones citológicas graves en la médula del hueso (los huesos pueden llegar a ser muy finos y frágiles); aflojamiento de los dientes; hemorragias y aneurismas; y la incapacidad para reproducirse. Los efectos de la deficiencia severa son tan diversos que prácticamente todos los órganos del cuerpo se han encontrado seriamente afectado además produciendo también en el cuy el escorbuto (Williams R, 1967).

- **Fuentes de Vitamina C**

Forraje verde, alfalfa, trébol, rye grass, vicia, kikuyo, gramalote, hortalizas, lechuga, col, hoja de plátano, zanahorias, cáscara de plátano, pasto elefante, soya forrajera, y alimentos de base seca, restos de cosecha cereales, raciones concentradas. En cereales, pastos verdes y afrecho de trigo. En los concentrados proteicos de origen vegetal los granos de cereales enteros, alfalfa, salvado de trigo, melaza de caña de azúcar, algodón, maní, soya, trigo, aceite de hígado de bacalao y pescados en general. Los requerimientos de vitamina C en el cuy según investigadores, varía desde 0,5mg por día, por lo cual si nosotros administramos forraje verde vamos a cubrir los requerimientos del animal y no vamos a necesitar colocar vitamina C (Vargas y Yupa, 2011).

Cuadro 1. Requerimientos Nutritivos del Cuy.

NUTRIENTES	CONCENTRACIÓN EN LA DIETA
PROTEÍNA,%	18-20
ENERGÍA DIGESTIBLE, KCAL/KG.	3000.0
FIBRA,%	10.0
MINERALES	
CALCIO,%	0.8 – 1.0
FÓSFORO,%	0.4 – 0.7
MAGNESIO,%	0.1 – 0.3
POTASIO,%	0.5 – 1.4
ZINC, MG/KG	20.0
MANGANESO, MG/KG	40.0
COBRE, MG/KG	6.0
FIERRO, MG/KG	50.0
YODO, MG/KG	1.0
SELENIO, MG/KG	0.1
CROMO, MG/KG	0.6
VITAMINAS	
VITAMINA A, UI/KG	1000.0
VITAMINA D, UI/KG	7.0
VITAMINA E, UI/KG	50.0
VITAMINA K, MG/KG	5.0
VITAMINA C, MG/KG	200.0
TIAMINA, MG/KG	2.0
RIBOFLAVINA, MG/KG	3.0
NIACINA, MG/KG	10.0
PIRIDOXINA, MG/KG	3.0
ACIDO PANTOTENICO, MG/KG	20.0
BIOTINA, MG/KG	0.3
ACIDO FÓLICO, MG/KG	4.0
VITAMINA B12, MG/KG	10.0
COLINA G/KG	1.0

(NRC, 2005)

2.3. CAÑA DE AZÙCAR

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L)* es uno de los principales cultivos agrícola en varios países tropicales. Por ello, no se debe olvidar que la caña es el rey de los cultivos tropicales, produciendo más biomasa por unidad de superficie y con mayor eficiencia en cuanto a la captura de energía solar con respecto a cualquier otra planta. Además, tiene la ventaja de ser perenne, adaptable casi a cualquier suelo, resistente a las plagas, no provoca erosión y necesita pocos insumos, sin embargo la caña de azúcar presenta un contenido pobre de proteína bruta, la cual oscila entre el 2 y 3 % en la materia seca. Esto hace necesario que al suministrar caña a los animales debe incorporarse una fuente proteica para corregir esta deficiencia, así mismo es común que se adicione como fuente proteica la urea la cual la asocian con una fuente de azufre, según la respuesta en ganancia de peso o productividad esperada de los animales. Para efectos prácticos, se recomienda agregar de 7 a 10 g de urea/kg de caña fresca, otras formas de uso de la caña de azúcar son en ensilaje, hidrolizada, vinaza, bagazo, en forma fermentada llamada saccharina y la punta (Rosales, 2006).

El cultivo se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad, se encuentran zonas con precipitación pluvial de 10 000 mm anuales hasta zonas que experimentan extrema sequía, nortes se presentan en la época de zafra en la costa del Golfo de México, huracanes y ciclones hacen acto de presencia tanto en la costa del Golfo de México como en la costa del Océano Pacífico. Climatológicamente las temperaturas en los ámbitos cañeros se definen como cálidas, semi cálidas y templado cálidas. En algunas zonas se presentan bajas temperaturas con efecto de heladas (Colorado, 2009).

2.3.1. Generalidades de la Caña de Azúcar

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG, (1991) señala que la caña de azúcar está dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Nombre científico: *Saccharum officinarum*

Nombres comunes: Caña de azúcar, caña miel, caña dulce (en español.

Reino: vegetal

División: espermatfitos o fanerogamas
Subdivisión: angioespermas
Clase: monocotiledoneas
Orden: zacates o glunuflora
Familia: gramínea
Género: saccharum
Especie: officinarum: S. spontaneun, S. robustum, S. barberi, S. sinensi,
S. edule y S. officinarum.

2.3.2. Variedades

Según el MAG (1991), señala que cuando las variedades que se han venido cultivando comercialmente se vuelven económicamente improductivas, se deben sustituir inmediatamente, ya que la variedad representa el renglón más importante en la productividad se mencionan las más importantes que han sobresalido.

- "**Pindar"**

Variedad originaria de Australia. Se desarrolla bien en suelos de livianos y ligeramente pesados y de fertilidad elevada. Es de maduración media a temprana, de buen rendimiento en el campo y con buen contenido de sacarosa; florece poco. Es tolerante al carbón, roya y otras enfermedades, se recomienda para alturas inferiores a los 1000 msnm.

- "**Q68"**

Se ha adaptado a suelos aluvionales, de textura liviana y fértil. Es de buen vigor y desarrollo, de maduración media, de buen rendimiento en el campo, buen contenido de sacarosa y tolerante al carbón y la roya.

- **"Q68 (F)"**

Conocida como "Q falsa" se desarrolla en suelos livianos y ligeramente pesados, de fertilidad media a alta. Es de buen rendimiento en el campo y en el ingenio. En algunas regiones ha resultado susceptible al carbón.

- **"Q96"**

Es un clon que se desarrolla muy bien en suelos de textura liviana y alta fertilidad. Con riego tiene excelente desarrollo y macollamiento. Esta variedad de maduración intermedia, de alto rendimiento, alto contenido de sacarosa y tolerante a la roya y al carbón. Es recomendable para las zonas de (800 msnm).

- **"CR 61-01"**

Se desarrolla bien en suelos ligeros, moderadamente fértiles. Es de maduración intermedia, de buen rendimiento agrícola, con buen contenido de sacarosa y tolera la sequía.

- **"H 57-5174"**

Se desarrolla muy bien en suelos volcánicos y aluvionales, especialmente en alturas superiores a los 800 msnm. Es de maduración media a tardía y no florece. Produce altos rendimientos agrícolas y buen contenido de sacarosa. Es tolerante a la roya, carbón y mancha ojival.

- **"H 56-4848**"

Se desarrolla bien en suelos aluvionales y volcánicos. Da altas producciones en el campo y buen contenido de sacarosa. Es de maduración tardía y tolerante a la roya, carbón y mancha ojival. Para alturas superiores a los 1.200 msnm.

- **"H 68-1158**"

Se adapta a suelos de origen volcánico y aluvial y altitudes superiores a los 1.000 msnm. Es de maduración media, da altos rendimientos en el campo y tiene un contenido aceptable de sacarosa. Tolerante al carbón, roya y mancha ojival.

- **"SP 70-1284"**

Se desarrolla en los suelos aluviales y volcánicos de textura liviana, fértiles. Es de maduración media, de buen rendimiento en el campo y buen contenido de sacarosa, tolerante al carbón y susceptible a la roya.

- **"SP 70-1143"**

Se desarrolla muy bien en suelos aluvionales, pero también en suelos de baja fertilidad. Es tolerante a la sequía, de maduración media, de buen rendimiento en el campo y buen contenido de sacarosa. Tolerante al carbón y la roya.

- **"B 70-355"**

Presente excelente capacidad de germinación y producción de retoños. Se adapta muy bien en suelos de fertilidad media y alta. Su maduración es intermedia. Proporciona altos rendimientos agrícolas y buen contenido de sacarosa. Tolerante a la roya y al carbón.

- **PR 61-623**

Tiene excelentes características agronómicas e industriales. Alta producción de caña y alto rendimiento en azúcar o panela, comparada con las tradicionales no permite sobrepasarse en la edad, óptima de corte es resistente a la roya y al carbón.

2.3.3. Composición Química

La naturaleza química de la caña de azúcar presenta características que están representadas por la gran cantidad de azúcares solubles, específicamente sacarosa y por la presencia en cantidades considerables de azúcares insolubles de origen estructural especialmente celulosa, hemicelulosa y lignina. Hay que hacer notar el bajo nivel de materia seca al compararlo con los cereales, sin embargo, la superioridad que tiene la caña frente a los cereales en cuanto a rendimiento hace que este bajo nivel de materia seca no se convierta en una limitante para ser incluido en la alimentación animal (Calderon, 2010).

Cuadro 2. Composición química de la caña de azúcar entera.

Nutrientes	%
Materia seca	32
Cenizas	3,35
Lignina	8,5
Celulosa	31,7
Hemicelulosa	14,4
Azúcares solubles	50,99
Proteína bruta	3,1

Fuente: Adaptado de Rodríguez et al, 2009, Duque-Noguera y Restrepo, 2009, Ruiz 2012.

2.3.4. Propiedades Nutricionales

La caña de azúcar es posiblemente la gramínea de mayor rendimiento en biomasa por unidad de área (397tn/ha de materia seca) y de tiempo, superando a otras plantas de alto rendimiento como el maíz y el trigo. La capacidad de la caña de azúcar de mantener su digestibilidad con la madurez, especialmente durante la época seca cuando todas las otras gramíneas son poco disponibles y de baja calidad (Urdaneta, 2005).

Plantas como la caña de azúcar, el pasto elefante y el pasto kinggrass son muy eficientes en la capacidad de captar energía solar y casi con la misma productividad en tn/há/año, pero su crecimiento es diferente. En los pastos elefante y kinggrass se necesitan seis meses de intervalo entre corte para producir la mayor cantidad de biomasa, pero desde el punto de vista de digestibilidad deben ser cortados cada seis semanas, perdiéndose su rendimiento hasta en una tercera parte, mientras que la caña de azúcar a los 14 meses reporta las mejores tasas de ganancia y eficiencia coincidiendo con la etapa de mayor productividad, lo que le concede ventajas sobre los pastos elefante y kinggrass (Urdaneta, 2005).

Cuadro 3. Características de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y pared celular de caña de azúcar y residuos.

	Caña de azúcar entera y verde			Residuos de caña quemada			
		Fermentada			Fermentados		
Variable(%)	Molida	Sin aditivo	Con aditivo	Molidos	Sin aditivo	Con aditivo	EE+
Materia seca	98,02a	97,78b	98,37a	98,96a	98,19a	97,53b	0,112*
Materia orgánica	95,90a	94,24b	92,56c	94,42ab	91,05cd	90,90d	0,586*
PC	1,50c	2,18de	10,93b	2,60d	3,64c	13,25a	0,359*
FND	44,78a	65,07b	59,91b	48,71a	66,28b	59,08b	2,956*
FAD	35,31ab	44,44b	33,87a	33,86a	43,97b	37,73ab	3,574*
Lignina	6,32	6,73	5,02	6,29	7,67	5,91	1,169
Hemicelulosa	9,47b	20,62ab	26,04ª	14,51ab	22,30ab	22,34ab	4,570*
Celulosa	27,99a	39,13b	29,62ab	27,55a	34,87ab	30,69ab	3,542*

Fuente**:** (Aguirre et al., 2010)

2.3.5. Usos de la Caña de Azúcar en la Alimentación

Calle (2010), menciona que su empleo principal es industrial para la fabricación de azúcar, melaza y panela, aunque también se destina para la alimentación animal.

a) La Caña de Azúcar como Forraje

La caña de azúcar presenta el mayor potencial, en razón de su elevada y significativa capacidad de producción de materia verde y seca, la relativa alta cantidad de energía contenida por unidad de área en un único corte por año, su reconocida capacidad de mantener inalterable su potencial energético durante periodos secos prolongados (verano), y posee una alta y comprobada digestibilidad y aceptación por los rumiantes y otras especies monogástricas. Pese a sus enormes ventajas la caña posee también algunas limitantes como es su bajo contenido de proteína bruta, la cual varía entre 2 y 3% en la materia seca, lo que obliga a complementar la dieta con suministros proteínicos correctores de la deficiencia, la adición de Urea (46% Nitrógeno) preferencialmente asociada con una fuente a base de azufre (Solera, 2008).

2.4. SACCHARINA RÚSTICA

La saccharina es un producto resultante de la fermentación aeróbica en estado sólido de los tallos de la caña de azúcar sin hojas con la urea y una mezcla de minerales. Este suplemento presenta algunas ventajas en comparación con la caña de azúcar sin procesar, como por ejemplo: la mejora del contenido de proteína cruda (PC) y la relación entre FDN y los azúcares; también se retienen metabolitos como aminoácidos, ácidos grasos de cadena corta, enzimas y vitaminas, lo que permite un mayor aprovechamiento de esta planta como complemento en la alimentación animal. El principal ingrediente de la saccharina es la caña de azúcar, planta de alta adaptabilidad a suelos, con alta materia seca y energía por su contenido elevado de carbohidratos (68% en base seca); a su vez, presenta un bajo contenido de proteína cruda (0.80%), lo que la hace inadecuada como fuente principal de alimento para animales en producción. Las dietas para rumiantes deben poseer al menos un 7% de proteína cruda y 1% de nitrógeno total, de lo contrario, el crecimiento microbiano y la producción de aminoácidos se ven perjudicados (Triana y Mogollón 2014).

2.4.1. Tipos de Saccharina

El procedimiento empleado para la fermentación y secado de la caña durante la elaboración de este producto, existen tres tipos tipos de saccharina (industrial, semi industrial, rústica): la industrial se obtiene al fermentar y secar el producto en condiciones controladas en fermentadores, mientras que la semi industrial se fermenta en condiciones también controladas (fermentadores) pero se seca al sol y en la saccharina rústica todo el proceso ocurre en patios de cemento, con la ventaja que la elaboración de la misma se la puede realizar en la propia finca debido a que no se necesita equipamiento sofisticado (Carvajal y Vivas, 2004) .

2.4.2. Elaboración

Para la elaboración de la saccharina se utiliza la caña de azúcar integral de 12 meses de edad en estado sólido, los tallos de la caña limpia (sin hojas y sin cogollo) se lleva a la picadora y el tamaño de la partícula es de 0.5 cm, a la caña de azúcar se le adiciona una mezcla de 1.5 % de urea y 0.5 Kg de sales

minerales por cada tonelada que se esparce sobre la caña de modo uniforme y se homogeniza con la caña. Esta se dispersa en el piso de cemento con un grosor de capa de 10 cm. Durante las primeras 8 horas se remueve cada 2 horas y se procede a la fermentación por 24 horas. Monroy *et al., (*2006). El proceso de secado natural, relativamente rápido, que se produce durante la exposición a los rayos solares (Ruiz *et al.,* 2002*).*

2.4.3. Usos de la Saccharina

Se utiliza en la alimentación de animales monogástricos herbívoros y poligástricos en el trópico, debido a su valor nutricional, el cual es superior a la mayoría de los forrajes. Además, puede producirse durante la época seca, cuando la oferta de forraje es crítica. El uso de Saccharina rústica en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) permite remplazar hasta 60 % el forraje. Por tanto, disminuye el consumo de alimento concentrado, sin que se afecten las variables productivas y se favorece la rentabilidad de la cuyicultura, con disminución en los costos de producción. (Carvajal y Vivas, 2008).

Según (Carvajal 2004), indica la posibilidad de reemplazar hasta un 60% de forrajes utilizados en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) por saccharina rústica, destacando resultados como ofrecer a los animales un alimento que por su contenido nutricional supera la proteína de la mayoría de pastos utilizados en la alimentación de estos animales, obteniéndose índices productivos adecuados y mejorando la rentabilidad de las explotaciones.

2.4.4. Fuentes de Nitrógeno a Usar

- **Urea**

Fernández (2008), señala que es la fuente más barata de nitrógeno sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se usa como fertilizante y para la nutrición animal. Actualmente se presenta en el mercado en forma granulada y perlada, siendo esta última la más recomendable para el uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla 3 de 5 ingredientes. La urea fertilizante, que es más

barata, es higroscópica y se cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos; sin embargo, puede utilizarse con los piensos si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza.

- **Amonio**

Colorado (2009), Indica que el Nitrógeno combinado en forma de amoniaco (NH3) o amonio (NH4+). El amoniaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo, en la descomposición de proteínas o urea. El nitrógeno amoniacal se mide para saber la cantidad presente en la muestra como producto de hidrólisis de proteínas o por adición de sales de amonio al ensilaje.

- **Fosfato Diamonico**

Se trata de un polvo cristalino de color blanco soluble en agua. Contiene 21,4 % de nitrógeno y 23,7 % de fósforo. Tiene la ventaja, con respecto a la urea, que mejora a la vez el aporte de fósforo (Fernández, 2008)**.**

2.4.4.1. Concepto e Importancia de la digestibilidad

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (Chauca, 1997).

Osorio (2012), señala que la nutrición es uno de los campos más estudiados en la medicina veterinaria, no solamente en animales de abasto, sino también en animales de compañía; por tal motivo, es de gran importancia conocer la calidad y qué tan digestibles son las materias primas con las cuales se fabrican los alimentos balanceados, ya que de estas depende en gran medida el rendimiento y el bienestar para los animales. Por definición, la digestibilidad es la fracción de alimento consumido que no aparece en las heces y por lo tanto se absorbe en el

tracto gastrointestinal; aunque se diferencian la digestibilidad aparente y la verdadera, la primera no incluye los aportes metabólicos y endógenos provenientes de enzimas, células epiteliales, células microbiales, metabolitos, entre otros, que llegan a la luz intestinal y son excretados en las heces, mientras que en la digestibilidad verdadera estas fracciones de origen metabólico y endógeno se descuentan de la fracción excretada en las heces para la realización de los cálculos. Para determinar el coeficiente de digestibilidad de un nutriente en un alimento existen métodos in vivo directos como la recolección total de heces, indirectos cuando se usan indicadores; métodos in situ como la canulación ileal y finalmente los métodos in vitro en los cuales se usan enzimas y técnicas de fermentación.

2.4.4.2. Métodos para determinar la digestibilidad

a) Digestibilidad *in vivo*

La medición de las tasas de digestión resulta cada vez más importante, debido al avance ocurrido en los nuevos sistemas de alimentación, en los que la disponibilidad de nutrientes a nivel ruminal, es calculada en base a la competencia entre tasa de digestión y tasa de pasaje. La mayoría de los procedimientos in vitro desarrollados hasta el momento miden la desaparición de sustrato en un punto final de medida. Con el objetivo de obtener sistemas reproducibles y repetibles, se han propuesto sistemas estáticos y estandarizados. Para el estudio de la digestión ruminal, la mayoría de los sistemas utilizan inóculo microbiano. Dado que la actividad microbiana, incluye la formación de biomasa microbiana con la consecuente captura de nitrógeno, estos sistemas presentan limitaciones para medir la degradación de los componentes nitrogenados. Consecuentemente existe una 17 tendencia a la sustitución de microbios por enzimas a pesar de que éstas pueden ser inactivadas por la presencia de sustancias anti nutricionales, o la presencia de fibra. En algunos casos excepcionales puede ocurrir lo mismo con los inóculos microbianos, en situaciones de sustrato limitante, donde ocurre lisis microbiana seguida por una inactivación (Reyes, 2012)

El cálculo de la digestibilidad in vivo (DIV) está expresada en forma porcentual que se calcula de acuerdo:

$$\text{Coeficiente de digestibilidad} = \frac{\text{NI} - \text{NEH}}{\text{NI}} \text{x } 100$$

Donde:

NI = Nutrientes ingeridos.

NEH = Nutrientes excretados en las heces.

b) Método *in vitro*

Mora, (2002) indica que los métodos químicos o in vitro, para determinación de digestibilidad, consisten en exponer los alimentos a la acción de enzimas digestivas como la pepsina y/o la tripsina, la celulosa, el líquido ruminal (que es una combinación de enzimas micro solubles) etc., e incubar las muestras durante cierto período y bajo condiciones controladas. La diferencia en peso de la muestra se considera entonces que se debe a la acción hidrolítica de las enzimas y, por lo tanto, se calcula como material digestible. De hecho, todas las sustancias que se disuelven en el medio acuoso empleado en estos métodos se consideran como disponibles para el animal. Se puede descubrir la cantidad de nutrientes presentes en cualquier alimento en particular a través del análisis químico, pero esto no nos da un cuadro, claro del valor nutricional del alimento, ya que sólo los nutrientes absorbidos a través del sistema digestivo pueden ser utilizados por el animal. Una parte de los nutrientes ingeridos se perderá inevitablemente en las heces.

c) Digestibilidad *in situ*

Reyes, (2012) señala que la técnica in situ (in sacco) se entiende a las evaluaciones de alimentos que se realizan empleando animales, tales como la digestibilidad o consumo voluntario. La técnica in situ o también llamada de la bolsa de nylon permite estudiar la cinética de desaparición del alimento en el rumen de animales fistulados. El alimento se coloca dentro de bolsas de nylon cerradas y luego en el rumen de los animales, el retiro de distintas bolsas a lo largo del tiempo permite medir la cantidad de material que ha desaparecido. La

fracción del alimento que no se recupera dentro de las bolsas se asume que ha sido degradado, de este modo se construye la curva de desaparición. Esta metodología representó un adelanto muy importante dentro del campo de la nutrición de rumiantes, debido a que permite el estudio de la cinética de degradación.

2.4.4.3. Coeficientes 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).

2.4.4.4. Factores que afectan a la digestibilidad

Mora, (2002), señala que 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.

- 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.

2.5. ANÁLISIS QUÍMICO

2.5.1. Determinar el Valor de los Alimentos

a) Toma de muestras.

Según Salcedo (2017), la muestra del alimento es muy importante en el proceso de análisis. La muestra debe ser siempre representativa de todo el material a ser analizado, por tanto se debe tener en consideración los análisis que serán realizados. Las muestras para análisis deben tener peso suficiente para responder a todas las determinaciones.

Las muestras destinadas a análisis físico-químicos deben ser enviadas a los laboratorios debidamente embalados, en sus empaques originales o en recipientes limpios e íntegros para 9 evitar modificaciones en sus características originales. Siempre que sea posible, esas muestras deben ser acompañadas de un relatorio adicional, conteniendo información que ayude al analista en las determinaciones requeridas. En este relato deben estar contenidas informaciones, tales como: fecha de la colecta y motivo de la presentación; si fuese el caso, origen de la muestra y fecha de producción o adquisición; tipo y duración de almacenaje; nombre y dirección del fabricante o propietario; cantidad disponible después de la colecta o cantidad restante de pasto, raciones, sales minerales y similares (Mizubuti, et al. 2009).

b) Análisis inmediato de los alimentos.

- **Cenizas**: Se denomina ceniza total a toda la materia inorgánica que forma parte de los alimentos que corresponden a las sales minerales, permanecen como residuo luego de la calcinación de los compuestos orgánicos del alimento La calcinación debe efectuarse a una temperatura adecuada, que sea lo suficientemente alta para que la materia orgánica se destruya totalmente, pero que no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteraciones o volatilizaciones. En la estructura de todo alimentos existen compuestos orgánicos e inorgánicos dentro de los cuales existen minerales, pero es muy difícil establecer cómo se presentan en los mismos ya que al calcinarlos y destruir la materia orgánica cambian su naturaleza (Vega, 2012).

- **Proteína bruta (PB):** El contenido proteínico de los alimentos puede determinarse por medio de diversos métodos. El método Kjeldahl se basa en la determinación del nitrógeno. El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizando. Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón (García y Fernández, 2012).

- **Extracto etéreo (EE) o Grasa bruta (GB):** Los lípidos se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos tales como éter, cloroformo, benceno o acetona. Método de Soxhlet es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (Nielsen, 2003).

- **Fibra bruta (FB):** Se puede considerar que las paredes celulares de las plantas son las fuentes principales de consumo de fibra dietética en la mayoría de los alimentos. Esto permite definir la fibra desde el punto de vista nutricional como una fracción heterogénea cuyos componentes son resistentes a la actividad enzimática del tracto gastrointestinal. Entre ellos se destacan cinco componentes mayoritarios: los polisacáridos estructurales que constituyen las paredes celulares de los vegetales que son los homopolisacáridos (celulosa) y los heteropolisacáridos (hemicelulosa y pectina) que forman los carbohidratos insolubles llamados polisacáridos no almidones, las gomas (polisacáridos de reserva) y la lignina, compuesto fenólico que une los grupos (Savón, 2002).

2.6. TRABAJOS SIMILARES

"DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE MICROSILOS DE TARALLA DE MAÍZ CON LA ADICIÓN DE DOS ADITIVOS; UREA Y MAGUEY PULQUERO (*Agave salmiana*) PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus)"*

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, con el propósito de determinar la digestibilidad in vivo de microsilos de taralla de maíz con la inclusión de dos aditivos; urea y miel de Maguey pulquero (Agave salmiana); para el efecto se evaluaron tres tratamientos: T1 testigo con el 0 % de aditivos, T2 con 3% de Agave salmiana, T2 con 2% de urea, con 9 cuyes machos tipo 1 con un peso promedio de 800 g; el suministro del alimento fue en la mañana y por la tarde; se utilizó un diseño cuadrado latino con tres tratamientos, tres repeticiones en tres tiempos diferentes. Las variables de estudio fueron la composición química, realizado a través del análisis proximal de Weende; y, la digestibilidad in vivo de la materia seca y proteína seca. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo mixto, en el que los efectos principales fijos fueron las dietas, el tiempo y su interacción y el efecto aleatorio es el animal anidado a la ración. El ensilaje con la adición del 2% de urea presentó mejor perfil nutricional; no se detectaron diferencias entre tratamientos para la digestibilidad de la materia seca y la proteína (P≥0,62). Se obtuvo una media para materia seca de 77,46% y para la

proteína cruda de 79,97%. Se concluye que la inclusión de aditivos en la elaboración de ensilajes permite mejorar el perfil nutricional de los mismos (Pucha 2017).

DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE FORRAJERAS ARBUSTIVAS TROPICALES PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (*CAVIA PORCELLUS LINNAEUS*), EN EL LITORAL ECUATORIANO.

Se analizó la composición química bromatológica de cuatro arbustivas forrajeras y la digestibilidad in vivo. Para estimar el valor de la energía digestible (ED), se utilizaron 20 cuyes machos con un peso promedio de 900 g. Se aplicó un diseño completo al azar (DCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para la separación de medias de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey (P≤0,05). Las variables bajo estudio fueron: contenido de nutrientes 100 g MS- 1 proteína cruda (PC), materia seca (MS), fibra cruda (FC), materia orgánica (MO). Se determinaron las digestibilidades de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC), fibra cruda (DFC), extracto etéreo (DEE), extracto libre de nitrógeno (DELN), energía digestible (DED), nutrientes digestibles totales (DNDT) y cenizas (DC). Los tratamientos evaluados fueron: T0 (testigo), T1 (Harina de Morus alba), T2 (Harina de Erythrina poeppigiana), T3 (Harina de Tithonia diversifolia) y T4 (Harina de Hibiscus rosa-sinensis). Los tratamientos T0, T2 y T1 registraron los mejores contenidos de nutrientes para la PC (22,34%), FC (47,22), MS (84,55%) y MO (83,77%). Los mayores coeficientes de digestibilidad in vivo (CDIV) los obtuvieron los tratamientos T0 (DMS: 73,55; DMO: 72,90 y DNDT: 95,495), T3 (DPC: 88,70; DFC: 84,42 y DEE: 83,59%) y T2 (DC: 91,68%), mientras que para la DED se registra un valor de 3.546,00 kcal de ED/kg (Barrera, 2012).

DIGESTIBILIDAD DEL RAYGRASS *(Lolium perenne)* EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE COBAYOS (cavia porcellus) EN LA HOYA DE LOJA". Los objetivos fueron: determinar la digestibilidad del raygrass (Lolium perenne), en diferentes estados fenológicos en cobayos en la Hoya de Loja, y; establecer el estado fenológico óptimo del

raygrass para la alimentación de cobayos. Se sometieron a experimentación cuatro cobayos machos (Tipo B) de 120 días de edad, clínicamente saludables, adquiridos en la Hoya de Loja, a los que se aplicó tratamientos en diferentes momentos: Tratamiento 1: Consistió en la alimentación a base de raygrass en etapa de pre-floración a cuatro unidades experimentales. Tratamiento 2: Consistió en la alimentación a base de raygrass en etapa de floración a cuatro unidades experimentales. Tratamiento 3: Consistió en la alimentación a base de raygrass en etapa de post-floración a cuatro unidades experimentales. Para la obtención de datos se tomó muestras del raygrass en sus tres estados fenológicos; así como diariamente se recolectó las heces de los cuyes de acuerdo a los tratamientos establecidos, los cuales fueron analizados mediante el esquema proximal de Weende. Los resultados son los siguientes: 2 Los coeficientes de digestibilidad fueron superiores en prefloración con los siguientes resultados; materia seca 83,59%, proteína cruda 88,04%, extracto etéreo 78,82%, fibra cruda 80,77% y extracto libre de nitrógeno 87,53%; sobre el raygrass en floración que presento los siguientes coeficientes: materia seca 74%, proteína cruda 65,64%, extracto etéreo 67,97%, fibra cruda 72,37% y extracto libre de nitrógeno 81,21%; y el raygrass en post-floración con los siguientes resultados: materia seca 66,34%, proteína cruda 44,57%, extracto etéreo 66,87%, fibra cruda 60,09% y extracto libre de nitrógeno 77,59% (Buri 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales De campo

- 9 cobayos machos Tipo 1A
- 9 Jaulas Metabólicas
- Caña de azúcar
- Urea
- Baldes
- Sal mineralizada
- Suplementos minerales
- Desinfectantes
- Quince jaulas metabólicas
- Fundas plásticas para recolectar las heces
- Etiquetas para cada muestra
- Sacos
- pala
- Picadora
- Fundas plásticas, capacidad de un Quintal
- Balanza
- Machete
- Focos
- Registros
- Utensilios de limpieza
- Letreros de identificación de los tratamientos
- Cámara fotográfica
- Comederos
- Bebederos
- Marcador permanente

3.1.2. Materiales De oficina

- Computadora

- Impresora
- Esferográficos
- Lápices
- Borradores
- Hojas de papel bond
- Calculadora
- Libreta de anotaciones
- Corrector

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación del Ensayo

La presente investigación se la realizó en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja situado en la parte sur de la Hoya de Loja a 150 metros de distancia de la Institución, la misma que tiene las siguientes características climatológicas:

- Temperatura promedio anual: 16,5ºC
- Altitud : 2 135 msnm
- Precipitación 750 mm
- Humedad relativa 75 %
- Velocidad del viento 3.5 metros/
- Formación ecológica: bosque seco Montano Bajo (bs – MB)

3.2.2. Selección y Adecuación del Lugar

Se adecuó un lugar, el mismo que fue limpiado y desinfectado realizando flameo directo con el propósito de eliminar todos los microorganismos presentes en la superficie de la misma, posteriormente se impermeabilizó el piso y paredes mediante encalado (solución de cal + formaldehido), donde se ubicó los cobayos uno en cada jaula construida de madera con malla galvanizada cuyas medidas de las jaulas fueron de 0,50 x 0,50 x 0,30 m (ancho, largo y alto, respectivamente) con su respectivo comedero y bebedero para cada unidad experimental.

La base de cada jaula fue conformada por una rejilla que permitió el paso de las heces y percolación de orina y la parte frontal de la jaula también de rejilla, para la alimentación a cada unidad experimental.

3.2.3. Número de Animales

Se seleccionaron 9 cuyes machos (*Cavia porcellus*), de línea mejorada tipo 1, de 5 meses de edad, con un peso promedio de 800 a 900 g mediante sorteo se conformó tres grupos experimentales de tres animales; cada animal represento una unidad experimental, las mismas que fueron identificadas con un letrero, con el tratamiento y repetición respectivo.

3.2.4. Preparación de los Tratamientos

Se utilizó el tallo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad PR 632 Puerto Rico, de 12 meses de edad libre de hojas y pajas, luego fue picada un diámetro de 0.5 a 1 cm aproximadamente.
La caña picada fue distribuida en un tendal, con un espesor de 5 a 10 cm, luego se pesó 45 kg de caña picada para cada tratamiento aplicando los porcentajes de urea y sal mineral según se explica en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Composición de la saccharina rústica elaborada con diferentes niveles de urea.

	Tratamientos					
	Saccharina 0,5%		Saccharina 1%		Saccharina 1,5%	
	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Caña de azúcar	45,0	98,9	45,0	98,5	45,0	98,0
Urea	0,228	0,501	0,457	1,00	0,689	1,50
Sal mineral*	0,250	0,550	0,250	0,547	0,250	0,544

*Pecutrin® Calcio 22,8 g, Fósforo 18,7 g, Cloruro de Sodio 5,0 g, Magnesio 1,2 g Azufre 0,20 g,Potasio 0,003 g,Cobre 200,00 mg,Cobalto1,8 mg,Hierro 65,00 mg, Manganeso 90,00 mg Zinc 230,00 mg Yodo 11,00 mg,Selenio 2,00 mg, Molibdeno 1,00 mg, Vitamina A ,30.000 UI Vitamina D3, 5.000 UI, Vitamina E, 10 mg,Saborizante (vainilla).

La mezcla de urea y sales minerales de cada tratamiento se esparció uniformemente sobre la caña picada y el proceso de secado se realizó en un

tiempo de 72 horas aproximadamente, una vez seco el producto se envió al laboratorio 1Kg de muestra por cada tratamiento para el análisis respectivo.

3.2.5. Preparación de la Ración base

La ración base fue elaborada con de materia prima de alta digestibilidad (torta de soya, harina de trigo, aceite de palma) en la cual se incluyó la saccharina con los diferentes porcentajes de urea para evaluar la digestibilidad.

Cuadro 5. Composición de la ración base para determinar digestibilidad de la sacharina rustica.

Ingredientes	Composición	
	Kg	%
Torta de soya	6,8	31,2
Harina de trigo	12,3	56,4
Aceite de palma	1,8	8,3
Sal mineral*	0,45	2
Sal	0,45	2
Total	21,8	100

*Pecutrin®: Calcio 22,8 g, Fósforo 18,7 g, Cloruro de Sodio 5,0 g, Magnesio 1,2 g Azufre 0,20 g,Potasio 0,003 g,Cobre 200,00 mg,Cobalto1,8 mg,Hierro 65,00 mg, Manganeso 90,00 mg Zinc 230,00 mg Yodo 11,00 mg,Selenio 2,00 mg, Molibdeno 1,00 mg, Vitamina A ,30.000 UI Vitamina D3, 5.000 UI, Vitamina E, 10 mg,Saborizante (vainilla).

3.2.6. Descripción de los Tratamientos

Se realizó 3 tratamientos los cuales se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos con porcentajes.

Tratamiento	Ración
Tratamiento (T1)	48% Ración base + 52% saccharina rústica con el 0,5% de urea
Tratamiento (T2)	48% Ración base + 52% saccharina rústica con el 1% de urea
Tratamiento (T3)	48% Ración base + 52% saccharina rústica con el 1,5% de urea

3.2.7. Manejo de Animales

Una vez conformado los grupos experimentales se procedió a la colocación de cada animal en su respectiva jaula, y se precedió a la administración de la saccharina en una cantidad de 50 g en la mañana (7:30 AM) y 50g en la tarde (3PM); los cobayos fueron sometidos a un proceso de adaptabilidad por el lapso de una semana.

3.2.8. Diseño Experimental

Se aplicó un diseño cuadrado latino con tres tratamientos y tres repeticiones en tres tiempos.

Cuadro 7. Descripción del diseño experimental.

TIEMPO	TRATAMIENTOS		
	T1	**T2**	**T3**
1	U_1T_1	U_2T_1	U_3T_1
2	U_1T_2	U_2T_2	U_3T_2
3	U_1T_3	U_2T_3	U_3T_3

Para cada tiempo y en cada tratamiento se realizó tres repeticiones

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

a) Composición Química de la Saccharina: se consideró las siguientes:

- Materia Seca
- Humedad
- Cenizas
- Proteína cruda
- Fibra cruda
- Extracto etéreo
- Extractos libres de nitrógeno

b) Digestibilidad *in Vivo* : las variables a considerarse fueron:

- Digestibilidad de materia seca (DMS)
- Digestibilidad de la proteína cruda (DPC)

c) Consumo de Alimento

3.4. TOMA Y REGISTRO DE DATOS

3.4.1. Composición Química de la Saccharina

Se envió 500 gramos de muestra de saccharina rústica de cada tratamiento al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja para determinar la composición química (análisis proximal), así como de las muestras de heces recolectadas. El método que se utilizó para la determinación de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno fue el esquema proximal de Weende en base a la AOAC (2000).

3.4.2. Consumo de Alimento

Se determinó por diferencia entre la cantidad de alimento suministrado diariamente y el alimento sobrante, obteniendo el consumo real, aplicando la siguiente formula:

CA= Alimento suministrado-Alimento sobrante.

3.4.3. Digestibilidad *in vivo* Ms*:*

- **Fase pre- experimental:**

Se realizó un período de adaptación de 7 días con el propósito de que los animales se adapten a las jaulas metabólicas, manejo y alimentación correspondientes a cada tratamiento, el alimento y agua se suministró *ad livitum*.

- **Fase experimental:**

Se realizó la recolección de las heces en las jaulas metabólicas diariamente en la mañana durante cuatro días, que fueron homogenizadas y pesadas en fresco y se conservaron en refrigeración - 20°C para el análisis respectivo. Posteriormente se las trasladó al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja donde se procedió a realizar el análisis proximal de la materia seca a través del método de la estufa.

Para determinar la digestibilidad de MS se realizó el análisis de MS del alimento (saccharina) y de las heces, el cálculo del coeficiente de digestibilidad se lo obtuvo mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$\textbf{Coeficiente de digestibilidad} = \frac{\textbf{NI} - \textbf{NEH}}{\textbf{NI}} \textbf{ X 100}$$

Donde:
NI = Nutrientes ingeridos
NEH = Nutrientes excretados en las heces

Considerando la totalidad del alimento consumido y de las heces

3.4.4. Digestibilidad *in Vivo* de Pc*:*

Se realizó la recolección de las heces en las jaulas metabólicas diariamente en la mañana durante cuatro días, que fueron homogenizadas y pesadas en fresco. Posteriormente se las traslado al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja donde se procedió a realizar el análisis proximal. PROTEINA CRUDA a través del método Kjeldahl

Para determinar la digestibilidad de PC, se realizó el análisis de PC del alimento y de las heces, para el cálculo se aplicó la siguiente formula:

$$\textbf{Coeficiente de digestibilidad} = \frac{\mathrm{PCH}}{\mathrm{PCE}} \mathrm{X100}$$

Considerando la totalidad del alimento consumido y de las heces

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó un modelo mixto, en el que los efectos principales fijos fueron las dietas, el tiempo y su interacción y el efecto aleatorio es el animal designado a la ración. Para la comparación de medias se utilizó un t-test protegido. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico SAS (SAS University Edition).

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SACHARINA

Para determinar el valor de la saccharina, se realizaron los análisis del alimento en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, los resultados obtenidos se presentaron en el cuadro 8.

Cuadro 8. Composición química de la saccharina rustica con diferentes niveles de urea (%).

	Saccharina					
Caña de azúcar, %	99,3		98,8		98,3	
Urea, %	0,5		1,0		1,5	
Sal mineral	0,25		0,25		0,25	
	BS	TCO	BS	TCO	BS	TCO
Análisis						
Materia seca	100	84,1	100	82,2	100	81,9
Cenizas	3,58	3,01	4,38	3,6	5,94	4,87
Extracto Etereo	3,25	2,74	2,98	2,44	3,12	2,56
Proteina Cruda	7,49	6,29	10,0	8,23	14,0	11,5
Fibra Cruda	45,1	37,9	45,5	37,3	47,8	39,2
Extracto Libre de Nitrogeno	40,6	34,2	37,2	30,5	29,1	23,9

BS: Base seca, TCO: Tal como lo se ha ofrecido

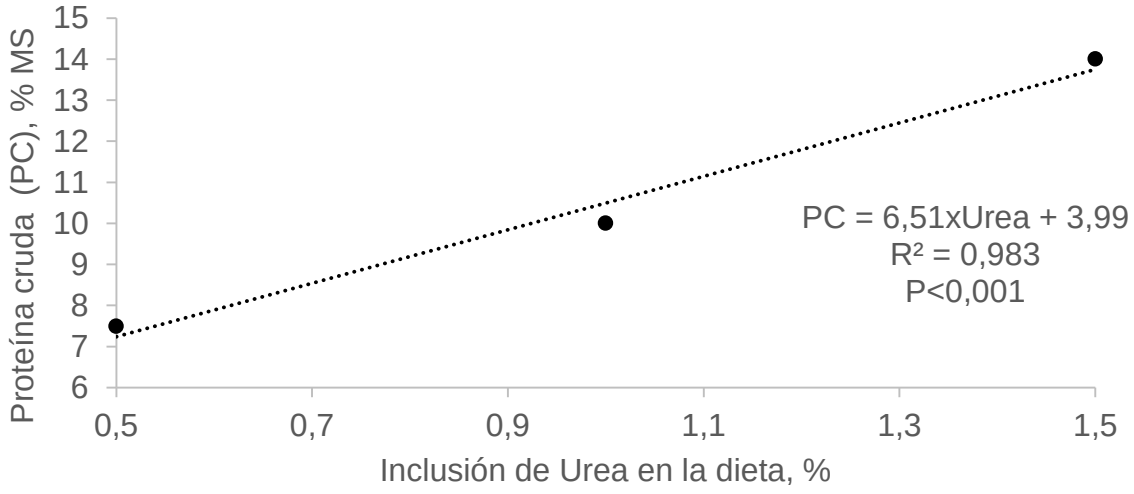

Figura 1. Relación entre la inclusión de urea y el contenido de proteína cruda en la saccharina.

En el cuadro 8 se observa los resultados del análisis bromatológico de la saccharina rústica de acuerdo al porcentaje de urea adicionado. Los cambios más notables se observan en el nivel de proteína cruda. La inclusión de un 1% de urea adicional en la caña de azúcar picada, ocasiono un incremento (*P*<0,001) de 6,51 puntos porcentuales del nivel de proteína de la saccharina, como se lo observa en la figura 1, adicional a esto el extracto libre de nitrógeno se ve fuertemente reducido con el nivel más alto de inclusión de urea, ocasionado por los valores más altos de cenizas y fibra cruda.

4.2. DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE MATERIA SECA (MS) Y PROTEINA CRUDA (PC).

Para determinar la digestibilidad in vivo de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) se realizó a partir de los resultados obtenidos de la cantidad de nutrientes ingeridos y la cantidad de nutrientes presentes en las heces de los cobayos cuyos resultados se muestran en el cuadro 9 y figuras 2 y 3

Cuadro 9. Digestibilidad de Materia Seca y Proteína Cruda de dietas con un 52% de Saccharina Rustica.

	TRATAMIENTO				
	T1	T2	T3	EEM	P-valor
Consumo, g/día	163	138	156		
Digestibilidad, %					
Materia seca	68,3	65,9	68,0	4,40	0,918
Proteína cruda	64,0	64,1	73,6	4,92	0,309

Error estándar de la media, n=3

No se detectaron diferencias debido a la inclusión de los diferentes niveles de urea en la saccharina en la digestibilidad de materia seca y proteína cruda (P>0,309). Obteniéndose de media una digestibilidad del 67,4% para la materia seca y 67,2% para la proteína cruda en los cuyes en cebo.

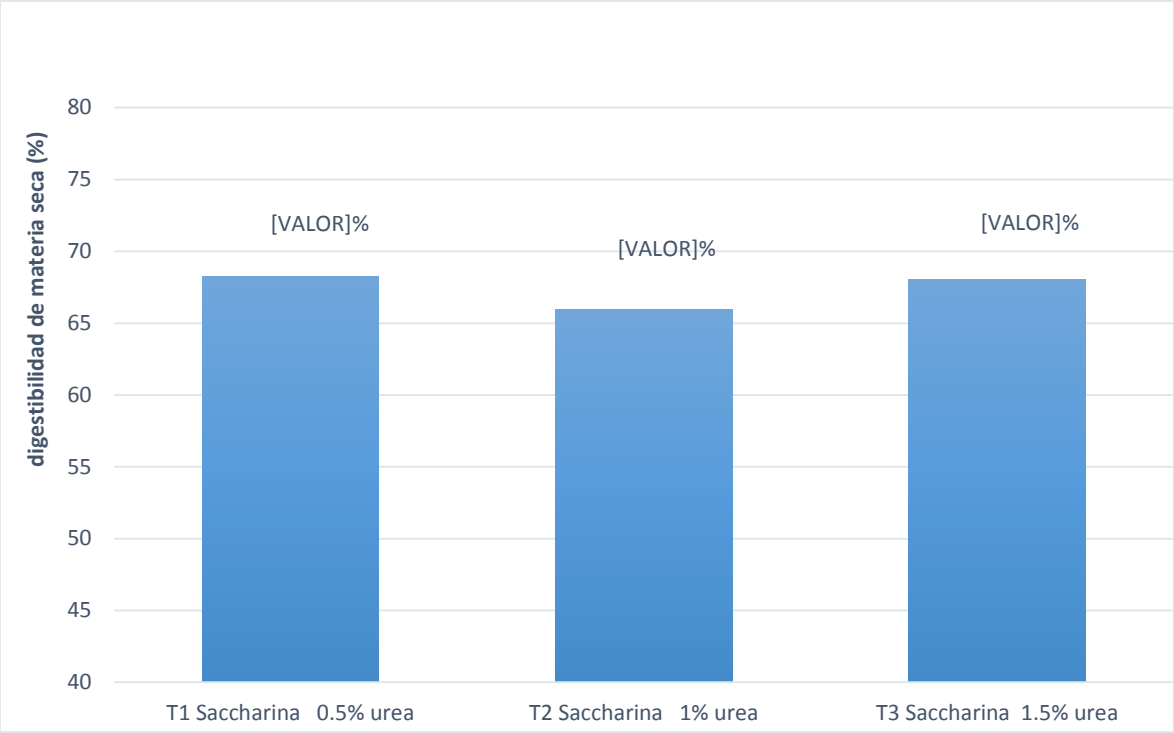

Figura 2. Digestibilidad in vivo de materia seca (%).

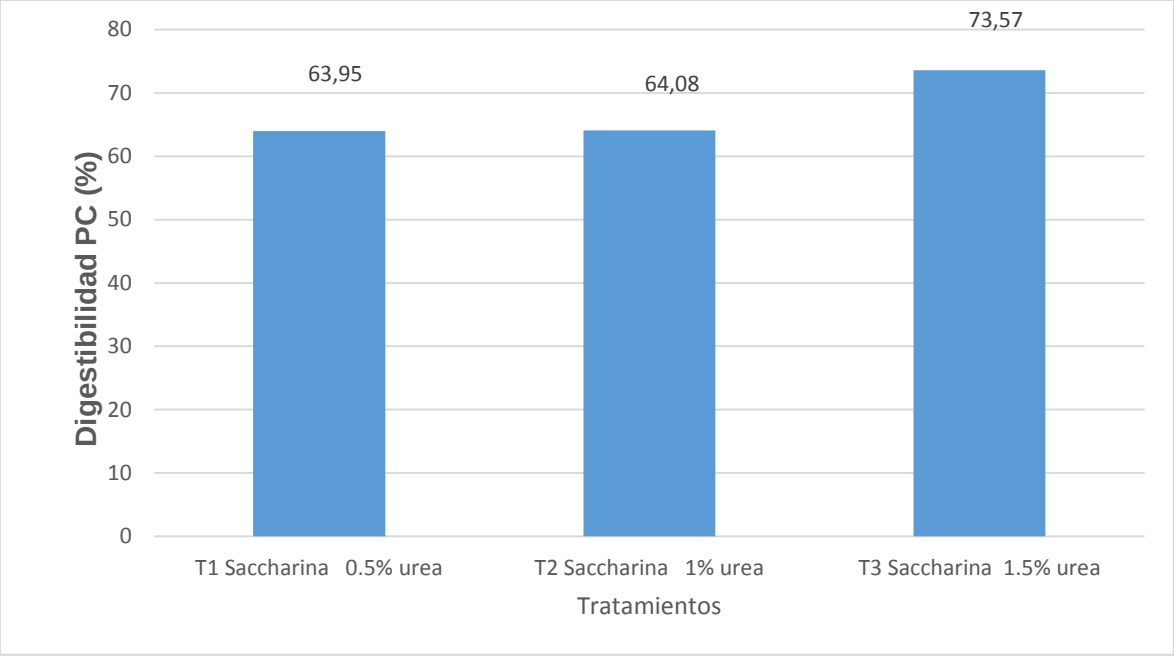

Figura 3. Digestibilidad *in vivo* de proteína cruda (%).

4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HECES

Para determinar esta variable se llevó a cabo los análisis de las heces de los animales de cada tratamiento, determinando el porcentaje de nutrientes de las mismas a través de los métodos de secado y kjeldahl cuyo resultado se puede apreciar en el cuadro 3 y representado en la figura 3 y 4.

Cuadro 10. Contenido de materia seca y proteína cruda de las heces de cuyes de cebo.

Composición heces	TRATAMIENTO			EEM[1]	P-valor
	T1	T2	T3		
Materia Seca	51,0	44,5	48,8	4,97	0,654
Proteína Cruda	16,3	16,8	14,7	1,08	0,359

[1]Error estándar de la media, n=3

No se detectaron diferencias debido a los diferentes niveles de materia seca y proteína Cruda en heces (P>0,359). Obteniéndose de media una Materia Seca en Heces 48,16 y la media de Proteína Cruda en Heces 15,93 en cuyes de cebo.

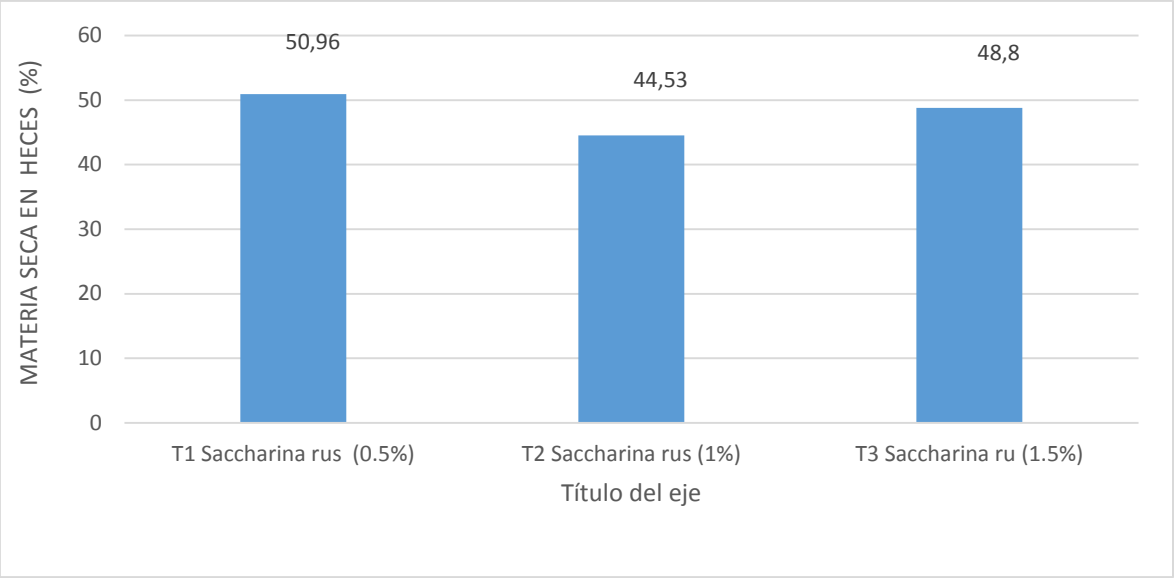

Figura 4. Composición de heces en Materia Seca.

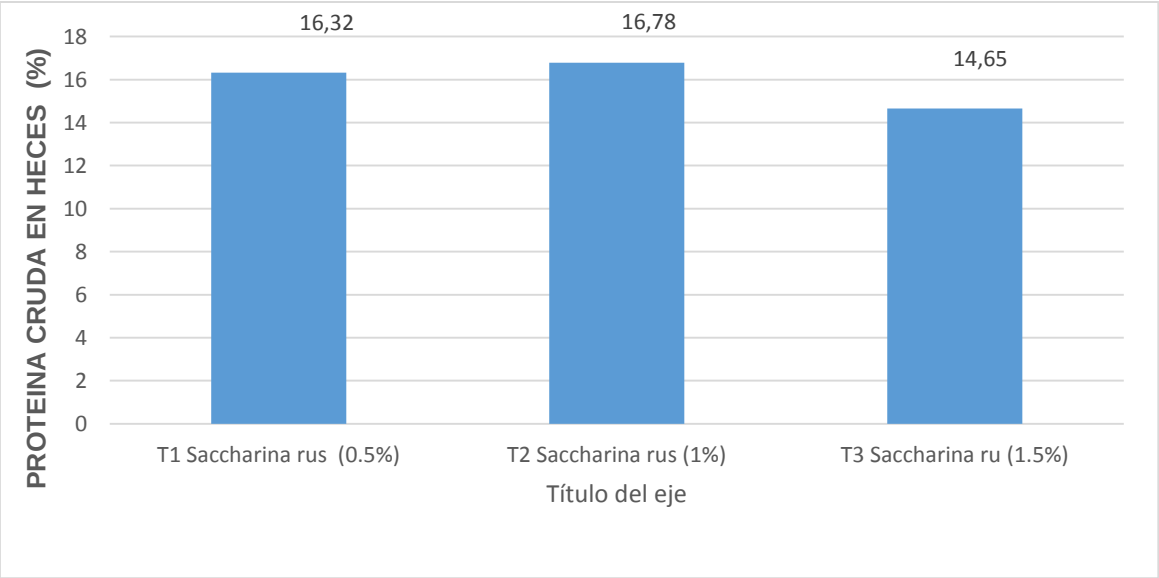

Figura 5. Composición de heces en proteína cruda.

5. DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA SACCHARINA

El incremento de proteína cruda por el incremento de urea que se observa en este trabajo está acorde a otros trabajos llevados a cabo en saccharina como el de Herrera (2014), pero los cambios en este caso se dan en una menor magnitud. Por cada unidad porcentual de enriquecimiento de urea en este trabajo se logró incrementar en 6,51 unidades porcentuales la proteína cruda; mientras que, en el trabajo de Herrera (2014), se observa un incremento de 8,21 unidades porcentuales.

5.2. DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE MATERIA SECA (MS) Y PROTEÍNA CRUDA (PC).

En rumiantes la degradación de la saccharina puede llegar hasta el 73% Herrera (2014). En este trabajo considerando una digestibilidad media del 80% de la dieta complementaria nos da una digestibilidad media de la materia seca para la saccharina del 80%, estos resultados son bastantes altos, considerando que los rumiantes tienen una gran microbiota y un mayor tiempo de retención para la degradación de las paredes celulares; sin embargo, dentro de los fermentadores posgástricos se ha observado que el cuy es el que tiene un mayor tiempo de retención y una mayor capacidad para degradar la fibra (Sakaguchi et al., 1987; Franz et al., 2011), que sería lo que limita la degradabilidad de la sacharina. Sakaguchi et al. (1987), muestra que el cuy alcanza degradabilidades de la fibra neutro detergente (FND) del 39% y Franz et al. (2011) obtiene desapariciones de la FND del 55%, lo cual es bastante alto para monogástricos, e incluso para fermentadores post gástricos como el conejo; que alcanza degradabilidades de la FND de hasta el 40% (Gidenne et al., 2010). Esto demuestra que el cuy tiene una gran capacidad para degradar niveles altos de fibra, pero al parecer es menos eficiente cuando se trata de aprovechar la proteína. En este trabajo los cuyes digirieron como media un 67% de proteína. En conejos las digestibilidades de proteína están cercanas al 80% (Abad-Guamán et al., 2015). Eso se podría deber a que los conejos poseen un mejor sistema de

separación de partículas en el intestino grueso (sistema “wash back”) a diferencia del sistema “mucus trap” en los cuyes (Franz et al., 2011). Esta diferencia en la eficacia de separación de partículas permite que los conejos sean mejores recicladores de proteínas endógenas. Además; este bajo nivel de aprovechamiento por parte de los cuyes podría estar relacionado a una baja capacidad del cuy para aprovechar nitrógeno no proteico (urea).

5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HECES

La alta excreción de proteína en las heces apoya la hipótesis de la baja capacidad de los cobayos para aprovechar el nitrógeno no proteico. Esto indicaría que la inclusión de urea no es recomendable en esta especie; y que niveles altos de nitrógeno no proteico podrían poner en riesgo la salud de los cobayos; además de implicar un gasto energético para que los cobayos metabolicen y excreten el nitrógeno no proteico. Esto concuerda con la poca eficiencia mostrada en cuyes alimentados con saccharina, en reemplazo de forrajes de hasta un 60%, en un trabajo presentado por Carbajal y Vivas (2008), en el que se obtiene conversiones alimenticias de 9.

6. CONCLUSIONES

- La composición química de la saccharina con diferentes niveles de urea alcanzo un rango 6,29 a 11,2 de proteína cruda, a mayor nivel de urea un mayor nivel de proteína bruta; sin embargo el incremento de nitrógeno no proteico no garantiza un mayor aprovechamiento del mismo en el organismo del cuy.
- La media de la digestibilidad de la materia seca y proteína cruda en el presente trabajo fueron 67,4 y 67,2% respectivamente. A pesar de que las diferencias de las medias de digestibilidad fueron importantes, entre los tratamientos, un error estándar alto impidió detectar diferencias estadísticas.
- En heces, se obtuvo como media el 48,16% de MS y 15,93% de PC.

7. RECOMENDACIONES

- Para realizar el análisis químico, la toma de muestras debe ser homogénea, con el propósito de disminuir la variabilidad de los datos finales.
- Recolectar las muestras en los tiempos determinados con el propósito de medir la digestibilidad real del alimento, ya que dicha alteración en el mismo conlleva a la variabilidad de resultados.
- Realizar posteriores investigaciones que posibiliten obtener el grado de digestibilidad de saccharina rústica con diferentes niveles de urea.
- Difundir los resultados con la finalidad de dar a conocer alternativas para la alimentación de cuyes.

8. BIBLIOGRAFÍA

Abad-Guamán, R., Carabaño, R., Gómez-Conde, M. S., y García, J. (2015). Effect of type of fiber, site of fermentation, and method of analysis on digestibility of soluble and insoluble fiber in rabbits. Journal of animal science, 93(6), 2860-2871.

Aguirre J., Magaña R., Martínez S., Gómez A., Ramírez J.C., Barajas R., Plascencia A., Barcena R. y García D.E. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Tropical*, 28(4): 489-497.

Argos. (2003). Sistema Agrarios Para Cuyes. Disponible en http://argos.portalveterinaria.com/noticia/1409/ART%C3%8DCULOS-(ARCHIVO)/.html (04 febrero 2017).

Barrera-Álvarez, E., Cabrera-Verdezoto, R. P., Federico, D., Avilés, V., & Liuba-Delfini, G. A. (2012). Digestibilidad in vivo de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (Cavia porcellus Linnaeus), en el litoral ecuatoriano.

Buri Remache, T. E. (2013). Digestibilidad del raygrass (lolium perenne) en diferentes estados fenológicos para la alimentación de cobayos (cavia porcellus) en la hoya de Loja (Bachelor's thesis).

Calderón, C. (2010). Efecto de la caña de azúcar en dietas para cuyes en la etapa de crecimiento, engorde, gestación y lactancia, Tesis de Grado, Universidad de Cuenca-Azuay.

Calderón, G., Cazares, R. (2008). Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina, Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.

Calle, C. (2010). Efecto de la caña de azúcar en dietas para cuyes en la etapa de crecimiento, engorde, gestación y lactancia.

Cárdenas, A., (2013). Evaluación de dos suplementos minerales y dos fuentes de complejo B en el desarrollo de cuyes (Cavia porcellus) machos, CADET, Tesis de Grado, Quito- Ecuador.

Carvajal, J., y Vivas, N. (2004). Saccharina Rústica una Aplicación Biotecnológica para la Alimentación Animal. Facultad de Ciencias Aplicadas.

Carvajal, J., y Vivas, N. (2008). Evaluación del reemplazo parcial del forraje Axonopus sp por Saccharina rustica en la alimentación del cuy (Cavia porcellus). Nota técnica. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 42(3): 275-277.

Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (Cavia porcellus) (Vol. 138). *Roma: FAO*.

Chaves M. 2008. Uso de la Caña de Azúcar como Forraje. *Ventana lechera (10)*, p. 45-51.

Chávez, S., (2013). Efecto de Varios Niveles de Harina de Botón de Oro tlThonia diversifolia, Más Saccharina en la Alimentación de Cuyes en las Etapas de Crecimiento y Engorde, tesis de grado, Riobamba- Ecuador.

Colorado, Á. (2009). Evaluación química-nutricional de Saccharina sin y con lactobacilos, Tesis Doctoral, Universidad Veracruz-México.

Fernández, A. (2008). Urea, Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes.

Franz, R., M. Kreuzer, J. Hummel, J.M. Hatt, and M. Clauss. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (Oryctolagus cuniculus) and guinea pigs (Cavia porcellus), on a hay-only diet. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 95(5), 564-570.

García, E., & Fernandez, I. (2012). Determinación de proteínas de un alimento por el metodo de Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Departamento de Tecnología de Alimentos. ETSIAMN. Universitat Politecnica de Valencia.

Herrera Ocaña, H. R. (2012). Uso de Saccharina mas Aditivos en la Alimentación de Cuyes y su Efecto en las Etapas de Gestación, Lactancia, Crecimiento y Engorde, Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo-Peru.

Huamán, M. (2007). En: Manual técnico para la crianza de cuyes en el valle del Mantaro. Huancayo, Perú: Coordinadora Región Centro.

León Z., Silva E., Wilson A., & Callacna, M. (2016). Vitamina C protegida en concentrado de Cavia porcellus" cuy" en etapa de crecimiento-engorde, con exclusión de forraje. *Scientia Agropecuaria*, *7*(SPE), 259-263.

MAG, C. R. (1991). Caña de Azúcar. Obtenido de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf.

Maner, J. H., & Calderón, F. (1987). Nutrición de monogástricos: resumen.

MIZUBUTI, I. Y., et al. (2009). Manual de métodos de laboratorio para evaluación de alimentos para animales. Aspectos generales sobre análisis de alimentos.

Londrina, 2009, 228 h. Universidad Estadual de Londrina. Facultad de ciencias agrarias. Departamento de zootecnia

Monroy, J. M., Aranda, E., Mendoza, G., Ramos, J. A., Herrera, J., Cobos, M., & Izquierdo, F. (2006). Elaboración y conservación de Saccharina a partir de caña de azúcar integral, con la adición de melaza y pulidura de arroz.

Mora, I. (2002). Nutrición animal. Se. Edit. EUNED. Zaragoza, España. PP. 13-29.

Morales, M., Carcelén, C., Ara, G., Arbaiza, F., y Chauca, F. (2011). Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) de la raza Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *22*(3), 177-182.

Nielsen S. 2003. Food Analysis Laboratory Manual (Manual de Laboratorio de Análisis de Alimentos) ; Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York, 2003.

NRC (National research Council). (1995). Nutrient Requirements of Laboratory Animals: 1995. National Academies Press. Washington, D.C. USA.

Osorio, E., Giraldo J, & Narváez W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *vet. zootec*, *6*(1), 87-97.

Pucha, V. (2017). "Determinación de la Digestibilidad *in Vivo* de Microsilos de Taralla de Maíz con la Adición de dos Aditivos; Urea y Maguey Pulquero (agave salmiana) Para la Alimentación de Cuyes (Cavia porcellus)", Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador

Quispe, N. (2010). "Niveles Incrementados de Lisina y Metionina en Dietas de Crecimiento y Acabado de Cuyes en el INIA-Huancayo", Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo-Peru.

Revollo, K. (2009). Proyecto de Mejoramiento Genético y Manejo del Cuy (MEJOCUY), Bolivia. *Archivo de Internet 37b. pdf*.

Reyes, J. (2012). Evaluación de la digestibilidad in situ de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azúcar con diferente fuente de proteína, Tesis de grado, universidad de Guadalajara, México.

Reyes, J., Garcia Lopez, R., Elias, A., Mora, D., Capdevilla, J., y Ponce, P. (1993). Utilizacion de pienso a base de saccharina en vacas en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agricola. CU. 27(3), 261-266.

Rosales, R. Uso de la caña de azúcar en la alimentación animal.--p. 859-864. En: Memoria/Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica, 16, 2006, Costa Rica.--San José, CR: ATACORI, 2006.

Ruiz, C. J., Ruiz, M., Ruiz, G., & Torres, V. (2002). Efecto de la inclusión de sulfato de amonio en el aditivo para la elaboración de Saccharina rústica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *36*(2), 153-158.

Sakaguchi, E., R. Heller, G. Becker, and W. Engelhardt. (1986). Retention of digesta in the gastrointestinal tract of the guinea pig. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 55(1-5), 44–50.

Salcedo Paredes, J. E. (2017). Descripcion de la metodologia del sistema weende utilizada en laboratorio, para el analisis de alimentos para animales (Doctoral dissertation). Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.

Sandoval, H. (2013). *Evaluación de diferentes tipos de dietas en cobayos en crecimiento,* Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.

Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 36(2), 91-102.

Solera, M. C. (2008). Uso de la caña de azúcar como forraje.

Triana M., y Mogollón E. (2014). Efecto de la Suplementación con Saccharina sobre Indicadores Productivos, Ruminales y Sanguíneos de Bovinos doble

Propósito del Centro de Investigación Agropecuario la Fortuna, Tesis de Grado, Universidad de Colombia-Bucaramanga.

Urdaneta, J. (2005). “La caña de azúcar”: una opción para el ganadero.

Vargas, S., Yupa, E., (2011). “Determinación de la Ganancia de Peso en Cuyes (cavia porcellus), con dos tipos de alimento balanceado”, Tesis de Grado, Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

Vega, B. (2012). Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. Ecuador.

Vega, O., y Carrión, (2011). “Utilización de Bloques Nutricionales y Probióticos en la Alimentación de Cuyes en la Parroquia Nambacola Cantón Gonzanama de la Provincia de Loja”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.

Veloz, R., (2005). Evaluación del Efecto del Laurato de Nandrolona (laurabolin) en el Crecimiento y Engorde de Cuyes Machos (cavia porcellus), Tesis de Grado, Escuela Politecnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador.

Vivas, J., y Carballo, D. (2009). Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*).

Williams R., Deason G. (1967). Individuality in vitamin C needs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *57*(6), 1638-1641.

Undem, B. J., Carr, M. J., & Kollarik, M. (2002). Physiology and plasticity of putative cough fibres in the Guinea pig. Pulmonary pharmacology & therapeutics, 15(3), 193-198.

9. ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

"ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES"

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

9.1. TRABAJO DE CAMPO

Figura: corte y selección de la caña

Figura: Mescla con los diferentes aditivos

Figura: Identificacion de los tratamientos

Figura: Secado de los tratamientos

Figura: Aplicación de la saccharina.

Figura: Recoleccion de las heces.

Figura: Anàlisis de las muestras en el laboratorio.

Figura: Pesaje de las muestras

Figura: Anàlisis de laboratorio.

9.2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL

Para: Egda. Geovanna Fernanda Nero Granda
Informe Análisis Bromatológico – Proteína Cruda

Nro. Lab.	Nro. Mues.	Clase de muestra	Base de Cálculo	M.S.	Cz.	E.E.	P.C.	F.C.	E.L.N.
5212	1	Saccharina 0,5% urea	BS	100,00%	3,58%	3,25%	7,49%	45,05%	40,63%
			TCO	84,05%	3,01%	2,74%	6,29%	37,86%	34,15%
5213	1	Saccharina 1% urea	BS	100,00%	4,38%	2,98%	10,02%	45,45%	37,17%
			TCO	82,15%	3,60%	2,44%	8,23%	37,34%	30,54%
5214	1	Saccharina 1,5% urea	BS	100,00%	5,94%	3,12%	13,99%	47,83%	29,12%
			TCO	81,93%	4,87%	2,56%	11,46%	39,18%	23,85%

Nota: BS = Base Seca, M.S. = Materia Seca, Cz = Cenizas, E.E. = Extracto Etéreo, P.C. = Proteína Cruda, F.C. = Fibra Cruda, E.L.N. = Extracto Libre de Nitrógeno

Ing. Omar Ojeda, Mg. Sc.
RESPONSABLE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS AGUAS Y BROMATOLOGIA U.N.L. A.A.R.N.R.

Ing. Vicente E. Apolo A., Mg. Sc.
TÉCNICO DE LABORATORIO

9.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BROMATOLÓGICO HECES

Informe Análisis Bromatológico – Proteína Cruda

Nro. Lab.	Nro. Mues.	Clase de muestra	Base de Cálculo	M.S.	P.C.
5266	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R1 - 1	BS	100,00%	18,90%
			TCO	28,17%	5,32%
5267	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R2 - 1	BS	100,00%	17,31%
			TCO	39,13%	6,77%
5268	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R3 - 1	BS	100,00%	14,83%
			TCO	42,27%	6,27%
5269	1	Heces cobayo 1% úrea T2R1 - 1	BS	100,00%	22,53%
			TCO	28,84%	6,50%
5270	1	Heces cobayo 1% úrea T2R2 - 1	BS	100,00%	20,19%
			TCO	37,88%	7,65%
5271	1	Heces cobayo 1% úrea T2R3 - 1	BS	100,00%	16,49%
			TCO	36,08%	5,95%
5272	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R1 - 1	BS	100,00%	16,02%
			TCO	30,72%	4,92%
5273	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R2 - 1	BS	100,00%	14,15%
			TCO	29,41%	4,16%
5274	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R3 -1	BS	100,00%	3,38%
			TCO	24,86%	0,84%
5288	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R1 - 2	BS	100,00%	15,92%
			TCO	32,94%	5,25%
5289	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R2 - 2	BS	100,00%	16,41%
			TCO	32,25%	5,29%
5290	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R3 - 2	BS	100,00%	15,88%
			TCO	29,07%	4,61%
5291	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R1 - 2	BS	100,00%	14,73%
			TCO	34,63%	5,10%
5292	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R2 - 2	BS	100,00%	14,64%
			TCO	31,52%	4,61%
5293	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R3 - 2	BS	100,00%	15,35%
			TCO	29,76%	4,57%
5294	1	Heces cobayo 1% úrea T2R1 - 2	BS	100,00%	14,43%
			TCO	31,98%	4,61%
5295	1	Heces cobayo 1% úrea T2R2 - 2	BS	100,00%	15,42%
			TCO	43,06%	6,64%
5296	1	Heces cobayo 1% úrea T2R3 - 2	BS	100,00%	12,79%
			TCO	40,32%	5,16%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL

Para: Egda. Geovanna Fernanda Nero Grand
Informe Análisis Bromatológico – Proteína Cruda

5297	1	Heces cobayo 1% úrea T2R1 - 3	BS	100,00%	15,47%
			TCO	39,85%	6,16%
5298	1	Heces cobayo 1% úrea T2R2 - 3	BS	100,00%	16,97%
			TCO	47,24%	8,01%
5299	1	Heces cobayo 1% úrea T2R3 - 3	BS	100,00%	16,81%
			TCO	32,01%	5,38%
5300	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R1 -3	BS	100,00%	20,47%
			TCO	47,38%	9,70%
5301	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R2 -3	BS	100,00%	16,89%
			TCO	26,83%	4,53%
5302	1	Heces cobayo 1,5% úrea T3R3 -3	BS	100,00%	12,74%
			TCO	39,78%	5,07%
5303	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R1 - 3	BS	100,00%	21,36%
			TCO	27,38%	5,85%
5304	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R2 - 3	BS	100,00%	16,42%
			TCO	35,86%	5,89%
5305	1	Heces cobayo 0,5% úrea T1R3 -3	BS	100,00%	13,37%
			TCO	37,86%	5,06%

Nota: BS = Base Seca, M.S. = Materia Seca, P.C. = Proteína Cruda.

Ing. Omar Ojeda, Mg. Sc.
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Ing. Vicente E. Apolo A., Mg. Sc.
TÉCNICO DE LABORATORIO

9.4. DATOS TABULADOS

TTO	FASE	ANIMAL	CONSUMO	MS_ALIMENTO	CONSUMO_MS	PC_alimento	MS HECES	PC_HECES	CDMS	CDPC
T1	1	R1	133	86,8%	115,5	14,54	52,16	18,9	54,8	41,3
T1	1	R2	201	86,8%	174,5	14,54	51,77	17,31	70,3	64,7
T1	1	R3	228	86,8%	198,0	14,54	82,97	14,83	58,1	57,3
T2	1	R1	76	85,8%	65,2	15,88	18,65	22,53	71,4	59,4
T2	1	R2	159	85,8%	136,5	15,88	40,81	20,19	70,1	62,0
T2	1	R3	166	85,8%	142,5	15,88	45,19	16,49	68,3	67,1
T3	1	R1	173	85,7%	148,3	17,86	42,62	16,02	71,3	74,2
T3	1	R2	168	85,7%	144,0	17,86	39,83	14,15	72,3	78,1
T3	1	R3	172	85,7%	147,4	17,86	35,74	3,38	75,8	95,4
T1	2	R1	162	86,8%	140,7	14,54	64,83	14,73	53,9	53,3
T1	2	R2	221	86,8%	191,9	14,54	77,23	14,64	59,8	59,5
T1	2	R3	257	86,8%	223,1	14,54	42,02	15,35	81,2	80,1
T2	2	R1	166	85,8%	142,5	15,88	49,26	14,43	65,4	68,6
T2	2	R2	237	85,8%	203,4	15,88	47	15,42	76,9	77,6
T2	2	R3	214	85,8%	183,7	15,88	63,27	12,79	65,6	72,3
T3	2	R1	225	85,7%	192,9	17,86	50,67	15,92	73,7	76,6
T3	2	R2	178	85,7%	152,6	17,86	56,98	16,41	62,7	65,7
T3	2	R3	141	85,7%	120,9	17,86	72,29	15,88	40,2	46,8
T1	3	R1	142	86,8%	123,3	14,54	39,44	21,36	68,0	53,0
T1	3	R2	177	86,8%	153,7	14,54	32,13	16,42	79,1	76,4
T1	3	R3	173	86,8%	150,2	14,54	16,16	13,37	89,2	90,1
T2	3	R1	162	85,8%	139,1	15,88	28,82	15,43	79,3	79,9
T2	3	R2	165	85,8%	141,6	15,88	44,71	16,97	68,4	66,3
T2	3	R3	102	85,8%	87,6	15,88	63,13	16,81	27,9	23,7
T3	3	R1	168	85,7%	144,0	17,86	33,83	20,47	76,5	73,1
T3	3	R2	195	85,7%	167,2	17,86	34,26	16,89	79,5	80,6
T3	3	R3	214	85,7%	183,5	17,86	73,01	12,74	60,2	71,6

9.5. DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA (MS) Y PROTEÍNA DE TRATAMIENTOS.

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	CDMS
Estructura de covarianza	Componentes de varianza
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TTO	3	T1 T2 T3
FASE	3	1 2 3
ANIMAL	3	R1 R2 R3

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	16
Columnas en Z	27
Asuntos	1
Obs máx por Tema	27

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	27
Número de observaciones usadas	27
Número de observaciones no usadas	0

Historia de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	153.88016554	
1	4	153.88016554	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimador
ANIMAL(TTO*FASE)	0
Residual	174.46

Estadísticos de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	153.9
AIC (Smaller is Better)	155.9
AICC (Smaller is Better)	156.1
BIC (Smaller is Better)	157.2

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTO	2	18	0.09	0.9181
FASE	2	18	0.40	0.6785
TTO*FASE	4	18	1.44	0.2609

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	FASE	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > |t|
TTO	T1		68.2710	4.4028	18	15.51	<.0001
TTO	T2		65.9211	4.4028	18	14.97	<.0001
TTO	T3		68.0185	4.4028	18	15.45	<.0001
FASE		1	68.0470	4.4028	18	15.46	<.0001
FASE		2	64.3667	4.4028	18	14.62	<.0001
FASE		3	69.7969	4.4028	18	15.85	<.0001
TTO*FASE	T1	1	61.0860	7.6259	18	8.01	<.0001
TTO*FASE	T1	2	64.9443	7.6259	18	8.52	<.0001
TTO*FASE	T1	3	78.7825	7.6259	18	10.33	<.0001
TTO*FASE	T2	1	69.9328	7.6259	18	9.17	<.0001
TTO*FASE	T2	2	69.2951	7.6259	18	9.09	<.0001
TTO*FASE	T2	3	58.5356	7.6259	18	7.68	<.0001
TTO*FASE	T3	1	73.1223	7.6259	18	9.59	<.0001
TTO*FASE	T3	2	58.8607	7.6259	18	7.72	<.0001
TTO*FASE	T3	3	72.0725	7.6259	18	9.45	<.0001

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	CDPC
Estructura de covarianza	Componentes de varianza
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TTO	3	T1 T2 T3
FASE	3	1 2 3
ANIMAL	3	R1 R2 R3

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	16
Columnas en Z	27
Asuntos	1
Obs máx por Tema	27

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	27
Número de observaciones usadas	27
Número de observaciones no usadas	0

Historia de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	157.90624970	
1	2	157.90624969	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimador
ANIMAL(TTO*FASE)	218.19
Residual	0.006427

Estadísticos de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	157.9
AIC (Smaller is Better)	161.9
AICC (Smaller is Better)	162.7
BIC (Smaller is Better)	164.5

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTO	2	18	1.25	0.3090
FASE	2	18	0.04	0.9640
TTO*FASE	4	18	1.71	0.1907

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	FASE	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > |t|
TTO	T1		63.9598	4.9238	18	12.99	<.0001
TTO	T2		64.0848	4.9238	18	13.02	<.0001
TTO	T3		73.5744	4.9238	18	14.94	<.0001
FASE		1	66.6080	4.9238	18	13.53	<.0001
FASE		2	66.7164	4.9238	18	13.55	<.0001
FASE		3	68.2946	4.9238	18	13.87	<.0001
TTO*FASE	T1	1	54.4090	8.5283	18	6.38	<.0001
TTO*FASE	T1	2	64.3017	8.5283	18	7.54	<.0001
TTO*FASE	T1	3	73.1687	8.5283	18	8.58	<.0001
TTO*FASE	T2	1	62.8372	8.5283	18	7.37	<.0001
TTO*FASE	T2	2	72.8087	8.5283	18	8.54	<.0001
TTO*FASE	T2	3	56.6086	8.5283	18	6.64	<.0001
TTO*FASE	T3	1	82.5777	8.5283	18	9.68	<.0001
TTO*FASE	T3	2	63.0388	8.5283	18	7.39	<.0001
TTO*FASE	T3	3	75.1066	8.5283	18	8.81	<.0001

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	MS_HECES
Estructura de covarianza	Componentes de varianza
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TTO	3	T1 T2 T3
FASE	3	1 2 3
ANIMAL	3	R1 R2 R3

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	16
Columnas en Z	27
Asuntos	1
Obs máx por Tema	27

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	27
Número de observaciones usadas	27
Número de observaciones no usadas	0

Historia de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	158.21609962	
1	1	158.21609962	0.00000000

Se ha cumplido el criterio de convergencia pero el hessiano final no se ha definido positivamente.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimador
ANIMAL(TTO*FASE)	220.99
Residual	0.9955

Estadísticos de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	158.2
AIC (Smaller is Better)	162.2
AICC (Smaller is Better)	163.0
BIC (Smaller is Better)	164.8

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTO	2	18	0.43	0.6545
FASE	2	18	3.33	0.0589
TTO*FASE	4	18	2.03	0.1329

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	FASE	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > |t|
TTO	T1		50.9678	4.9664	18	10.26	<.0001
TTO	T2		44.5378	4.9664	18	8.97	<.0001
TTO	T3		48.8033	4.9664	18	9.83	<.0001
FASE		1	45.5267	4.9664	18	9.17	<.0001
FASE		2	58.1722	4.9664	18	11.71	<.0001
FASE		3	40.6100	4.9664	18	8.18	<.0001
TTO*FASE	T1	1	62.3000	8.6020	18	7.24	<.0001
TTO*FASE	T1	2	61.3600	8.6020	18	7.13	<.0001
TTO*FASE	T1	3	29.2433	8.6020	18	3.40	0.0032
TTO*FASE	T2	1	34.8833	8.6020	18	4.06	0.0007
TTO*FASE	T2	2	53.1767	8.6020	18	6.18	<.0001
TTO*FASE	T2	3	45.5533	8.6020	18	5.30	<.0001
TTO*FASE	T3	1	39.3967	8.6020	18	4.58	0.0002
TTO*FASE	T3	2	59.9800	8.6020	18	6.97	<.0001
TTO*FASE	T3	3	47.0333	8.6020	18	5.47	<.0001

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	PC_HECES
Estructura de covarianza	Componentes de varianza
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TTO	3	T1 T2 T3
FASE	3	1 2 3
ANIMAL	3	R1 R2 R3

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	16
Columnas en Z	27
Asuntos	1
Obs máx por Tema	27

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	27
Número de observaciones usadas	27
Número de observaciones no usadas	0

Historia de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	103.19203051	
1	4	103.19203051	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimador
ANIMAL(TTO*FASE)	0
Residual	10.4407

Estadísticos de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	103.2
AIC (Smaller is Better)	105.2
AICC (Smaller is Better)	105.4
BIC (Smaller is Better)	106.5

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTO	2	18	1.09	0.3586
FASE	2	18	0.59	0.5636
TTO*FASE	4	18	2.34	0.0940

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	FASE	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > |t|
TTO	T1		16.3233	1.0771	18	15.16	<.0001
TTO	T2		16.7844	1.0771	18	15.58	<.0001
TTO	T3		14.6511	1.0771	18	13.60	<.0001
FASE		1	15.9778	1.0771	18	14.83	<.0001
FASE		2	15.0633	1.0771	18	13.99	<.0001
FASE		3	16.7178	1.0771	18	15.52	<.0001
TTO*FASE	T1	1	17.0133	1.8655	18	9.12	<.0001
TTO*FASE	T1	2	14.9067	1.8655	18	7.99	<.0001
TTO*FASE	T1	3	17.0500	1.8655	18	9.14	<.0001
TTO*FASE	T2	1	19.7367	1.8655	18	10.58	<.0001
TTO*FASE	T2	2	14.2133	1.8655	18	7.62	<.0001
TTO*FASE	T2	3	16.4033	1.8655	18	8.79	<.0001
TTO*FASE	T3	1	11.1833	1.8655	18	5.99	<.0001
TTO*FASE	T3	2	16.0700	1.8655	18	8.61	<.0001
TTO*FASE	T3	3	16.7000	1.8655	18	8.95	<.0001

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	CONSUMO_MS
Estructura de covarianza	Componentes de varianza
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TTO	3	T1 T2 T3
FASE	3	1 2 3
ANIMAL	3	R1 R2 R3

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	16
Columnas en Z	27
Asuntos	1
Obs máx por Tema	27

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	27
Número de observaciones usadas	27
Número de observaciones no usadas	0

Historia de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	185.82592399	
1	1	185.82592399	0.00000000

Se ha cumplido el criterio de convergencia pero el hessiano final no se ha definido positivamente.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimador
ANIMAL(TTO*FASE)	1028.14
Residual	0.9990

Estadísticos de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	185.8
AIC (Smaller is Better)	189.8
AICC (Smaller is Better)	190.6
BIC (Smaller is Better)	192.4

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTO	2	18	1.48	0.2534
FASE	2	18	2.65	0.0984
TTO*FASE	4	18	1.12	0.3801

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	FASE	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > |t|
TTO	T1		163.43	10.6934	18	15.28	<.0001
TTO	T2		138.01	10.6934	18	12.91	<.0001
TTO	T3		155.64	10.6934	18	14.55	<.0001
FASE		1	141.33	10.6934	18	13.22	<.0001
FASE		2	172.41	10.6934	18	16.12	<.0001
FASE		3	143.34	10.6934	18	13.40	<.0001
TTO*FASE	T1	1	162.66	18.5215	18	8.78	<.0001
TTO*FASE	T1	2	185.23	18.5215	18	10.00	<.0001
TTO*FASE	T1	3	142.40	18.5215	18	7.69	<.0001
TTO*FASE	T2	1	114.74	18.5215	18	6.19	<.0001
TTO*FASE	T2	2	176.54	18.5215	18	9.53	<.0001
TTO*FASE	T2	3	122.75	18.5215	18	6.63	<.0001
TTO*FASE	T3	1	146.59	18.5215	18	7.91	<.0001
TTO*FASE	T3	2	155.45	18.5215	18	8.39	<.0001
TTO*FASE	T3	3	164.88	18.5215	18	8.90	<.0001