

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**Departamento Académico de Ciencias Pecuarias**



**TÍTULO**

**"CONTENIDO NUTRICIONAL, COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD Y  
ENERGÍA DIGESTIBLE DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ  
(*Zea mayz* L.) EN COBAYOS (*Cavia porcellus* L.)"**

**TESIS**

Para optar el título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**JORGE LUIS PANDURO ALEGRIA**

**Promoción 2005 - II**

**Tingo María - Perú**

**2008**

L51

P23

Panduro Alegria, Jorge L.

Contenido Nutricional, Coeficientes de Digestibilidad y Energía Digestible del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mayz* L.) en Cobayos (*Cavia porcellus* L.). Tingo María, 2008

52 h.; 10 cuadros; 30 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia.

HIDROPÓNICO / DIGESTIBILIDAD / DIGESTIBLE / COBAYOS

TINGO MARÍA / RUPARUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA**

Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280  
TINGO MARÍA

“Año de las Cumbres Mundiales del Perú”

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de diciembre del 2008, a horas 11:00 a.m. para calificar la tesis titulada:

**“Contenido Nutricional, Coeficientes de Digestibilidad y Energía Digestible del Forraje Verde Hidropónico de Maíz en COBAYOS (*Cavia porcellus*)”**

Presentada por el bachiller **JORGE LUIS PANDURO ALEGRIA**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobada con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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

Tingo María, 15 de diciembre del 2006

M.Sc. **JUAN LAO GONZALES**  
Presidente



Ing. **WAGNER VILLACORTA LOPEZ**  
Miembro

Ing. **JUAN CHOQUE TICACALA**  
Miembro

M.Sc. **MEDARDO DÍAZ CESPEDES**  
Miembro

## **DEDICATORIA**

**A NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO,**  
**SALVADOR y REDENTOR** de  
nuestras almas, que me ilumina, me  
guía, me protege y fortalece en cada  
instante de mi vida.

**A JORGE WASHINTONG**  
**PANDURO SILVA y PIEDAD**  
**ALEGRIA MALDONADO,** mis muy  
amados padres; que con su cariño  
confianza y esfuerzo inculcaron en mi  
valores y educación.

**A JUANCARLOS y KELLY** mis  
amados hermanos por su amor sin  
medida y aliento permanente

Mis Padrinos **ROMULO** y  
**CAROLINA** por su apoyo  
incondicional sin medidas y aliento  
permanente.

Mis tíos **MIGUEL ANTONIO, JULIA,**  
**DANTON, CAROLA,** por su  
amistad

Mis primos **DANNY, JIMMY, RAUL,**  
**NANCY, GIANYNA, GINETA, JOSE,**  
**JORDY, HECTOR, CAROLINA** y a  
mi sobrino recién nacido  
**ESTEFANO.**

En memoria de mis abuelos **JOSE**  
**GREGORIO ALEGRIA ANGULO**  
**Y ROBINSON PANDURO ANGULO**  
y mi tío **HECTOR** se que estan  
Orgullosos de mi que desde el  
Cielo me guiaron por la senda  
Del bien (Q.E.P.D).

A mis queridas abuelitas **GEMA** y  
**DORITA** por su amor sin medidas y  
aliento permanente.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor hace constar un sincero y merecido agradecimiento:

- Al catedrático Ing. Msc Medardo Díaz Céspedes patrocinador de la presente tesis, por su valiosa colaboración y guía.
- A mi *ALMA MATER*, Universidad Nacional AGRARIA DE LA SELVA, institución que me acogió y formó como profesional al servicio y desarrollo del país.
- A la Facultad de ZOOTECNIA; docentes, alumnos y trabajadores, que me brindaron enseñanzas, consejos y una abierta y sincera amistad.
- A mis compañeros Ericsson Arévalo, Misajel San Juan, Hurtado Javier.
- A todas aquellas personas, instituciones y organizaciones que de una u otra manera cooperaron en hacer realidad este trabajo.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1. Forraje verde hidropónico; producción, usos y ventajas	3
2.2. Rendimiento y características nutricionales del forraje verde hidropónico.	5
2.3. Factores ambientales que influyen en la producción de forraje verde hidropónico.	7
2.3.2. Luz	7
2.3.2. Temperatura	8
2.3.3. Agua	8
2.3.4. Humedad Ambiental	9
2.4. Especie de semilla germinada	9
2.5. Contenido nutricional del forraje verde hidropónico	10
2.6. Contenido de Minerales	13
2.7. Nutrición y Requerimientos del cuy	14
2.7.1. Energía	15
2.7.2. Proteína	16
2.7.3. Grasa	16
2.7.4. Fibra	17
2.7.5. Agua	18
2.7.6. Minerales	19

2.7.7. Vitaminas	20
2.8. Determinación del coeficiente de digestibilidad	21
2.9. Determinación de la Energía digestible	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
3.1. Lugar de ejecución	23
3.2. Tipo de Investigación	23
3.3. Metodología para la producción de forraje verde hidropónico	24
3.3.1. Instalaciones para el ambiente controlado y germinadores	24
3.3.2. Preparación del Grano	24
3.3.2. Manejo de granos en el germinador	25
3.3.4. Solución Nutritiva	27
3.4 Selección de los animales	29
3.5. Alimentación de los animales	29
3.6. Instalaciones de los animales	29
3.7. Análisis de Laboratorio	29
3.7.1. Ensayo 1	30
3.7.1.1. Variable independiente	30
3.7.1.2. Variables dependientes	30
3.7.1.3. Tratamientos	30
3.7.2. Ensayo 2	31
3.7.2.2. Variable independiente	34
3.7.2.3. Variables dependientes	34
3.7.2.4. Tratamientos	34

3.7.3. Ensayo 3	36
3.7.3.3. Variable independiente	36
3.7.3.4. Variables dependientes	36
3.7.3.5. Tratamientos	37

#### **IV. RESULTADOS**

4.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	38
4.1.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	39
4.2. Determinación de la energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	40

#### **V. DISCUSIÓN**

5.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	41
5.1.1 Digestibilidad de la materia seca del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva en cobayos.	41
5.1.2 Digestibilidad de la proteína del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	43
5.1.3 Digestibilidad de la fibra cruda del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	44
5.2. Determinación de la energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.	45

VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. ABSTRACT	48
IX. BIBLIOGRAFIA	49
X. ANEXO	54

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro</b>	
1. Análisis proximal del FVH, de algunas semillas.....	10
2. Composición bromatológica y estructural en las diferentes partes del FVH de maíz a los 10 días de cosecha.....	11
3. Análisis proximal del FVH de maíz a los 10 días.....	12
4. Características del FVH de cebada.....	13
5. Contenido de macro y micro nutrientes del FVH de maíz.....	14
6. Solución nutritiva "A".....	27
7. Solución nutritiva "B".....	28
8. Composición química proximal del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva.....	38
9. Coeficientes de Digestibilidad (CD %) del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.....	39
10. Energía digestible del FVH de maíz sin solución nutritiva y con solución nutritiva en cobayos.....	40

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huanuco los meses de junio a septiembre del 2006, con el objetivo de determinar el contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz en cobayos. La metodología utilizada es de tipo experimental. El universo en estudio lo constituyeron los cobayos, dentro de un ambiente controlado, con piso de cemento, contándose en el lugar con una jaula metabólica. Para el análisis de datos se uso estadística descriptiva. Se determinaron los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva: materia seca 95,21%, proteína 96,942%, grasa 96,12%, fibra 94,28%, ceniza 95,95%, fósforo 95,64%, calcio 97,10% y sin solución nutritiva: materia seca 94,14%, proteína 96,02%, grasa 95,15%, fibra 91,46%, ceniza 88,74%, fósforo 94,68%, calcio 96,34%.

En base a los resultados, se concluye que el forraje verde hidropónico de maíz con solución y sin solución nutritiva, son de alta calidad nutricional y digestible lo cual constituye una alternativa tecnológica para la alimentación animal. Al realizar el estudio de los componentes de las variables en estudio mediante una prueba de t de student, no se encontró diferencia altamente significativa entre los grupos sugeridos por el análisis.

## I. INTRODUCCIÓN

La selva tropical, se caracteriza por tener un marcado periodo de época seca, donde las precipitaciones disminuyen drásticamente, haciendo que la producción de forraje disminuya notablemente; así mismo las pasturas maduran más rápido, por lo tanto éste tiende a disminuir su contenido nutricional, que afectan a la producción animal y particularmente en la producción de cobayos. Una manera de enfrentar este problema natural es a través de la producción de forraje verde hidropónico dentro de invernaderos de bajo costo, que permite sostener una producción intensiva de forraje fresco para la alimentación de animales en zonas tropicales. Para estos cultivos no se requiere de grandes extensiones de tierras ni de mucho agua; tampoco se requiere de largos periodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de sólo 12 a 15 días.

Los fenómenos naturales adversos cada vez más comunes, producto de la alta variabilidad climática, ocurre sin que se cuente muchas veces, con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados. Ello redundará en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que

permitan prevenir pérdidas productivas. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, se plantea implementar un sistema de producción de forraje verde hidropónico (FVH) que permita de una manera rápida, a bajo costo y en forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutritivo para alimentar a los animales; esto lleva a la inquietud de saber ¿Cuál es el contenido nutricional del FVH de maíz con solución nutritiva, coeficiente de digestibilidad y energía digestible en cobayos?

Con el siguiente trabajo se tiene la siguiente hipótesis: El uso de una solución nutritiva en el cultivo hidropónico de maíz incrementa el contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y la E° Digestible del germinado verde de maíz en cobayos.

El presente trabajo de Investigación tiene por Objetivo:

- Determinar el contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz en cobayos

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Forraje Verde Hidropónico: producción, usos y ventajas.

El Forraje Verde Hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología Forraje Verde Hidropónico es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional (IZQUIERDO, 2002). En la actualidad los forrajes producidos en hidroponía están siendo utilizados para alimentar vacas lecheras, caballos, ovejas, cabras y cobayos; su incorporación en la alimentación animal tiene efectos positivos pues se han observado incrementos considerables de peso, mejores índices de producción y una mayor resistencia a enfermedades (HOWARD, 1982; PICHILINGUE, 1994 y SILVA, 1994). El forraje producido bajo este sistema es diferente a los forrajes producidos tradicionalmente; estos están formados por hojas rojas verdes tiernas, restos de semillas y raíces, forraje que constituye una fórmula

completa de carbohidratos, azúcares y proteínas, en adición su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad a la vez que estimula la asimilación de los alimentos a los que acompaña (CALDERON, 1992).

El proceso de producción de FVH se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (LESS, 1983; HIDALGO, 1985; MORALES, 1987).

El Forraje Verde Hidropónico es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (LESS, 1983; NÍGUEZ, 1988; y DOSAL, 1987). Independientemente de las condiciones climáticas, en adición, esta técnica hace posible la producción forrajera prescindiendo del suelo (LEES, 1983). Así mismo se logra precocidad en la producción, mayor control fitosanitario, mayor producción por unidad de área respecto a la obtenible con el cultivo normal, permite cultivar repetidamente una misma especie sin que se presente el problema de agotamiento del suelo (DURANNY, 1982).

IZQUIERDO (2002) menciona que el forraje verde hidropónico brinda diversas ventajas tales como:

- El forraje verde hidropónico resulta una tecnología apta para su implementación y uso a nivel de pequeños productores pecuarios;
- Es una estrategia de producción de biomasa vegetal que baja los costos fijos de la alimentación animal, sobre todo aquella que se realiza utilizando como insumo fundamental el concentrado;
- Es una excelente fuente proteica y vitamínica, lo cual denota su buen valor nutritivo;
- Nos ofrece una disponibilidad de forraje verde fresco todo el año, independiente de los problemas climáticos que sucedan;
- Es altamente digestible y nos provee de una muy buena y alta calidad alimenticia.

## 2.2 Rendimiento y Características Nutricionales del Forraje Verde Hidropónico.

La eficiencia del sistema de producción del forraje verde hidropónico es muy alta. Estudios realizados en México (RODRIGUEZ, 2003), con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg de semillas de trigo es posible obtener en un área de 11,6m<sup>2</sup> (1,89kg semilla/m<sup>2</sup>.) una óptima producción de 112kg de forraje verde hidropónico por día (9,65kg FVH/m<sup>2</sup>/día). En todos los resultados mencionados anteriormente el sistema de producción de forraje verde hidropónico ha posibilitado obtener mayor calidad de carne; aumento del

peso vivo a la fecha de faena; aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de conejos; mayores volúmenes de leche; aumento de la fertilidad; disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por Forraje Verde Hidropónico (HIDALGO, 1985; MORALES, 1987; PÉREZ, 1987; BRAVO, 1988; VALDIVIA, 1996; SÁNCHEZ, 1997; ARANO, 2004).

En pasto fresco y una altura de 20cm, aproximadamente en un periodo de 7 a 10 días, la literatura reporta conversiones de semilla a forraje verde de 5 a 1 y hasta 12 a 1, pero siempre con una pérdida de materia seca. Se ha encontrado rendimientos normales de 6 a 1; en maíz, con las semillas regionales, hemos obtenido hasta 8 a 1 (AGROMAT, 1990).

El contenido nutricional de una planta entera es extremadamente variada, ya que este depende en gran parte de la etapa de crecimiento así como de la especie de planta para el caso de las gramíneas el porcentaje de proteína bruta, la digestibilidad y el contenido mineral disminuyen a medida que la planta madura, esto se debe al aumento de la proporción de tallo cuyo porcentaje de proteína es inferior al de las hojas, las variaciones observadas en la proteína es de 2 a 27% de la materia seca, según la fase de crecimiento y el nivel de fertilidad. El contenido de fósforo para gramíneas tropicales varía de 0,02 a 0,58% con una media de 0,22%. En cuanto al contenido de calcio, este varía entre 0,14 y 1,46% de la materia seca con una media de 0,40%, en general el contenido de calcio en las hojas duplica al de los tallos (FAO, 2001).

El forraje verde germinado brinda todas las vitaminas libres y solubles haciéndolas muy asimilables, lo que no ocurre con el grano seco, con esto se evita el uso de vitaminas sintéticas y cualquier otro suplemento

nutritivo. Es así que la vitamina E se encuentra en un estado completamente asimilable y en libre circulación por toda la planta, su contenido de fibra es bajo y el nivel de proteína es alto, parte de la cual se encuentra en estado de formación, por lo que la gran mayoría de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechables por los animales que la consumen (CALDERON, 1992). El forraje debe ser cosechado en un estado de maduración óptimo ni muy tierno ni muy maduro. En el primer caso no tiene muchas propiedades nutritivas y en el segundo caso empieza la lignificación dificultando la digestibilidad y reduciendo sus propiedades (CAMPOS, 2003).

## 2.3 Factores Ambientales que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico.

Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje verde hidropónico son: luz, temperatura, oxigenación y gas carbónico (AGROMAT, 1990).

### 2.3.1 Luz.

La duración del día o el foto período influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva, ya que causa quemazón en la plántula, principalmente en las bandejas superiores (AGROMAT, 1990). La luz se suministra artificialmente utilizando luz blanca fluorescente de carbono. Después de crecer el forraje durante 6 días habrá alcanzado una altura de 15 a 20 cm y estará lista para cosecharla y alimentarla a los animales (HOWARD, 1982).

### 2.3.2 Temperatura.

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de forraje verde hidropónico. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de forraje verde hidropónico se sitúa siempre entre los 18° C y 26 ° C. (NIGUEZ, 1988). Un exceso de temperatura puede causar problemas de hongos y una temperatura baja retardará el crecimiento (AGROMAT, 1990).

### 2.3.3 Agua.

Para la producción de forraje verde hidropónico tanto el agua como la sustancia nutritiva puede recircularse, aunque se sugiere que se utilice solo la cantidad de agua que se requiera durante el día, para que al final del día el agua que contenga una buena proporción de solución nutritiva se deposite en el material a producir, y al día siguiente se inicia con una nueva cantidad de agua o solución nutritiva. se puede afirmar que en la producción de un kilo de forraje verde hidropónico se gastan menos de dos litros de agua, y con un amplio margen de seguridad; esto equivale a 600 litros diarios, para producir 300kg de forraje, comparable al gasto estipulado para una familia en la región (RODRIGUEZ, 1999).

#### 2.3.4 Humedad Ambiental.

El cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos (IZQUIERDO, 2002).

Es preciso recordar que la mayoría de los cultivos requieren de un aporte regular y suficiente de agua, que a su vez actuará sobre la tasa de transporte de nitrógeno y su traslocación desde la corteza radicular hasta el vástago (CALDERON, 1992).

#### 2.4 Especie de Semilla Germinada.

##### Maíz.

PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), mencionan que el valor nutritivo del maíz germinado por hidroponía a los 11 días de edad en base a materia seca es: En Proteína 15,08%; en grasa 2,60%; en fibra 12,76%; en ceniza 2,24% y Nifex 67,32%; mientras que (FAO, 2001), afirma que la composición nutritiva para uso forrajero del germinado de maíz en base seca es: Para proteína 12,26%; en grasa 4,25%; en fibra cruda 8,87%; en ceniza 0,95% y Nifex 72,78%. Además menciona que para el germinado de maíz contiene a los 10 días y en base a materia seca 13,47% de proteína, 5,01% de grasa, 9,03% de fibra y 2,27% de Cenizas; y para los 20 días 14,75% de Proteína, 6,39% de grasa, 13,23% de fibra y 3,84% de Cenizas.

## 2.5 Contenidos Nutricionales del Forraje Verde Hidropónico.

El contenido nutricional de una planta entera es extremadamente variado, ya que éste depende en gran parte de la etapa de crecimiento así como de la especie de planta. Para el caso de las gramíneas el porcentaje de proteína bruta, la digestibilidad y el contenido mineral disminuyen a medida que la planta madura, esto se debe al aumento en la proporción del tallo cuyo porcentaje de proteínas es inferior al de las hojas, las variaciones observadas en la proteína es del 2 al 27% de la materia seca, según la fase de crecimiento y el nivel de fertilidad del suelo (FAO, 2001).

Cuadro 1. Análisis Proximal del FVH, de algunas semillas.

Maíz	Cebada cervecera	Cebada blanca
Proteína 18.80%	Proteína 25,75%	Proteína Cruda 19,40%
EM 3 216 k/cal/kg. M.S	%H 83%	Digestibilidad 85 %
Digestibilidad 83% al 90%	Cenizas 7,78%	Fibra Cruda 16 %
Proteína Digestible 90%	Grasa 2,39%,	Grasa 3.2 %
Calcio 0,104%	Digestibilidad 83% al 90%	Carbohidratos 58,40 %
Fósforo 0,48%	Fibra 22.16%,	N.D.T. 75 %
Hierro 213 ppm	Energía Total 3 426	Fósforo 0,30 %
Zinc 35 ppm		Materia Seca 20 %

Fuente: Manual "La huerta Hidropónica Popular" (FAO, 1997).

Si bien es cierto que la calidad nutritiva de los diferentes forrajes cambia de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo, en el medio ganadero se conoce a la alfalfa como la reina de las forrajeras. Lo anterior por la calidad de sus nutrientes, sobre todo en cuanto al contenido de proteínas. Es por esto que se

presentan los valores de este forraje en relación a los encontrados en forraje verde hidropónico a partir de diferentes semillas; aquí es conveniente recordar que el más alto costo de una ración siempre está dado por el componente que aporta el mayor contenido de proteínas y en este caso el FVH constituye una proteína de bajo costo por lo que la ración resultará más económica y además el animal la come con gusto. Cabe destacar también que el FVH cuenta con una buena cantidad de vitamina E y valores altos de pro vitamina A (RUSSELL, 1989).

SILVA (1994), Los granos recién germinados, tienen una gran cantidad de clorofila, vitaminas, minerales, oligoelementos y otras sustancias vitales.

En relación a la composición química de forraje del maíz cosechado a los 11 días se reportan los siguientes valores: proteína 15,08%; grasa 2,6%; fibra 12,76%; ceniza 2,24%; y nifex 67,32%; de la materia seca del maíz respectivamente. El forraje hidropónico posee un valor nutritivo más alto que el grano o semilla, es decir una mayor cantidad de proteína, carotenos, vitamina C y vitamina E (SILVA, 1994).

Cuadro 2. Composición bromatológica y estructural en las diferentes partes del FVH de maíz a los 10 días de cosecha.

Parámetro	Parte de la planta		Planta Entera (FMH)	Pasto
	Follaje	Raíz		
Extracto Etéreo (%)	7,39	3,73	5,00	1,87
Proteína cruda (%)	3,54	13,76	19,44	8,20
Materia Seca (%)	7,72	15,50	30,32	14,43

Fuente: Association of Official Agricultural Chemists, (1980).

Cuadro 3. Análisis Proximal del FVH de maíz a los 10 días

Maíz	Porcentaje
Proteína Total	19,19 %
Extracto Etéreo	3,56 %
Cenizas	15,60 %
Digestibilidad	90,00 %
Energía Digestible	4 000 kcal/kg.M.S

Fuente: FOX (2000).

Los incrementos de la proteína bruta observadas en algunos tratamientos con fertilización, serían consecuencia de un aumento del nitrógeno no proteico, el que sería aportado por la solución nutritiva de riego, y no debido a un aumento en los niveles de la proteína verdadera al cabo de los 15 días del experimento. Esto también nos indica que al cabo de 7 días el cultivo de FVH ya estaría haciendo uso del nitrógeno aportado por la solución nutritiva de riego, el cual además sería utilizado para la síntesis de nuevas proteínas (DOSAL, 1987).

Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio (ejemplo: la producción de cobayos alimentados con FVH integrada a horticultura intensiva (SANCHEZ, 1997). Además, con el suministro de FVH se aumentó la digestibilidad (de 30 a 95 %), con respecto a los granos que antes se utilizaban para consumo animal.

Cuadro 4. Características del FVH de Cebada

PARÁMETRO	FVH (Cebada)
Proteína cruda (%)	25,00
Digestibilidad (%)	81,60
Energía digestible (Kcal/kg)	3 210

Fuente: Sepúlveda (1994).

## 2.6 Contenido de Minerales

El contenido de fósforo para gramíneas tropicales varía de 0,02 a 0,58% con una media de 0,22% y depende también del nivel del fósforo disponible en el suelo. En cuanto al contenido de calcio, éste varía entre 0,14 y 1,46% de la materia seca con una media de 0,40%, en general al contenido de calcio en las hojas duplica al de los tallos (FAO, 2001). Además PÉREZ (1995), encontró los valores de calcio que varía de 0,04 – 0,05%.

También poseen calcio, magnesio, cobre, cinc, yodo y potasio, junto con los aminoácidos esenciales que el animal necesita en la formación de las proteínas necesarias para restaurar los tejidos (SILVA, 1994).

Tomando datos de varios análisis químico reportados, el alimento producido en hidroponía contiene de 8,8 % a 13,4 % de materia seca, 18,31 % a 26,30 % de proteína bruta y aproximadamente un 80 % de nutrientes digestibles totales (SILVA, 1994).

Entre las vitaminas pueden citarse las contenidas en los brotes de trigo: A, B1, B6, B12 (difícil de encontrar en los vegetales), C, E, ácido fólico,

pantoténico, además de colina. RODRÍGUEZ (2003), reporta que los forrajes tiernos presentan un elevado contenido de calcio, fósforo y hierro, minerales que varían de acuerdo a las diferentes etapas de la planta. Altos niveles de estos minerales se presentan sobre todo en zonas áridas y desérticas; los cultivos tiernos presentan también una mayor digestibilidad, puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa, lo que hace del FVH un alimento muy asimilable, de alta calidad y muy apetecible.

Cuadro 5. Contenido de macro y micro nutrientes del FVH de maíz.

Parámetro	Parte de la planta		Planta Entera (FVH)	Pasto
	Follaje	Raíz		
Calcio (%)	0,32	0,23	0,39	0,58
Fósforo (%)	0,80	0,40	0,57	0,22
Magnesio (%)	2,14	1,24	3,61	2,32
Potasio (%)	1,59	0,39	0,74	1,52

Fuente: Association of Official Agricultural Chemists (2004).

## 2.7 Nutrición y requerimientos del cuy

El cuy está clasificado dentro del grupo de los monogástricos herbívoros y por consiguiente realiza una fermentación post gástrica con una gran capacidad de consumo de forraje. Su digestión es enzimática, además posee un ciego muy desarrollado y funcional, con presencia de flora bacteriana, las cuales son altamente predominantes; también se ha identificado una serie de protozoos, principalmente del tipo Entodim,

Diplodium, Isotórica y Dasitricha, gracias a la implementación de la técnica de fistulación que esta siendo perfeccionada. Tanto bacterias como protozoarios son los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (BONDI, 1998).

### 2.7.1. Energía

Los carbohidratos proporcionan la energía que el organismo necesita para mantenerse, crecer y reproducirse. Los ricos en carbohidratos, son los que contienen azúcares y almidones. Las gramíneas son fuentes de azúcares y almidones, en algunos casos se utiliza para la alimentación complementaria el maíz amarillo, el sorgo. Las necesidades de energía digestible (ED) varían según el estadio del animal de las siguientes manera, gestación 2800 Kcal, en lactancia 3000 y 2800 (RICO, 1998).

Los carbohidratos son las principales fuentes de energía necesarias para los procesos vitales del cuy como: caminar, crecer, contrarrestar el frío, etc. Si bien los lípidos y proteínas proveen energía al cuy, la fuente de energía se encuentra principalmente en los carbohidratos de origen vegetal. Su importancia radica en el hecho de que un 70 ó 90% de la dieta está constituido por sustancias que se convierten en precursores de la energía o en moléculas conservadoras de la energía; además del 10 al 30% del resto de la dieta, una parte suministra cofactores los cuales son auxiliares importantes en las transformaciones de la energía en el organismo (ROJAS, 1972).

### 2.7.2. Proteína

Es uno de los principales componentes de la mayoría de los tejidos del animal. Los tejidos para formarse requieren de un aporte proteico. Para el mantenimiento y formación se requiere proteínas (HIDALGO, 1985).

Según RICO (1998), las proteínas también cumplen funciones enzimáticas en todo el proceso metabólico, defensivas (están a cargo de las proteínas los sistemas inmunológicos del organismo, gama globulina, etc.). Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo. También las proteínas fibrosas juegan papeles protectivos estructurales (por ejemplo pelo y cascos). Finalmente algunas proteínas tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne).

### 2.7.3. Grasa

El cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa o ácidos grasos no saturados. Las deficiencias pueden prevenirse con la inclusión de grasa o ácidos grasos no saturados. Se afirma que un nivel de 3% es suficiente para lograr un buen crecimiento así como para prevenir la dermatitis (Wagner y Manning, 1976, citado por VILLEGAS, 1993).

Las grasas aportan al organismo ciertas vitaminas que se encuentran en ellas. Al mismo tiempo las grasas favorecen una

buena asimilación de las proteínas. Las principales grasas que intervienen en la composición de la ración para cobayos son las de origen vegetal. Si están expuestas al aire libre o almacenadas por mucho tiempo se oxidan fácilmente dando un olor y sabor desagradables por lo que los cobayos rechazan su consumo; por lo tanto al preparar concentrados en los que se utiliza grasa de origen animal, es necesario emplear antioxidantes (ESQUIVEL, 1994).

#### 2.7.4. Fibra

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cobayos van de 5 al 18%. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no sólo por la capacidad que tienen los cobayos de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo. La digestión de celulosa en el ciego puede contribuir a cubrir los requerimientos de energía. Hirsh (1973) citado por NRC (1995) muestra que la dilución de 1:1 en la dieta con celulosa no afecta a la ingestión de alimento o al peso, lo cual apoya a la celulosa como fuente de energía (CHAUCA, 1997).

La digestibilidad de los forrajes es más variada 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 en proteína, azúcares y se eleva el contenido de fibra (SHIMADA, 1983). Esos cambios son el resultado de deposición de celulosa y hemicelulosa en las

paredes celulares y tienen el efecto no sólo de disminuir el porcentaje de proteína sino también reducir su digestibilidad (Butterworth citado por Correa, 1986, citado por VILLEGAS, 1993).

Fuente. El aporte de fibra está dado por el consumo de los forrajes. El suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta. Sin embargo, las raciones balanceadas recomendadas para cobayos deben contener un porcentaje no menor de 18% (CHAUCA, 1997).

#### 2.7.5. Agua

CHAUCA (1997), señala que con el suministro de agua se registra un mayor número de crías nacidas, menor mortalidad durante la lactancia, mayor peso de las crías al nacimiento ( $P < 0,05$ ) y destete ( $P < 0,01$ ), así como mayor peso de las madres al parto (125,1 g más). En los cobayos en recría el suministro de agua no ha mostrado ninguna diferencia en cuanto a crecimiento, pero sí mejora su conversión alimenticia. Mejora la eficiencia reproductiva.

Si se alimenta con forraje verde no es necesario dar agua. Si se combina con concentrado se debe dar de 100 a 150 g de forraje verde por animal para la ingestión mínima de agua de 80 a 120 ml. Si sólo se da concentrado al animal entonces se debe proporcionar de 8 a 15 ml de agua por 100 g de peso vivo o 50 a 140 ml por animal por día. El agua debe ser limpia y libre de patógenos (INIA, 1995).

### 2.7.6. Minerales

Los elementos minerales se encuentran en el cuerpo del animal cumpliendo varias funciones: estructurales, fisiológicas, catalíticas, etc. (INIA, 1995).

La parte mineral de los alimentos o del cuerpo de los animales se designa también con el nombre de cenizas o materia inorgánica y se encuentra en forma de fosfatos, carbonatos, cloruros, nitratos, yoduros, o silicatos de sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre. La mayoría de los minerales esenciales se encuentran en cantidades suficientes en el forraje y concentrado. Otros deben ser suministrados en base a suplementos. La cantidad de materia mineral en las plantas es muy variable según la especie y la distribución difiere notablemente de aquella en los animales (ROJAS, 1972).

La falta de minerales ocasiona trastornos como alteración del apetito, roído de la madera e ingestión de tierra. Las deficiencias que comúnmente se observan son las de calcio, fósforo y yodo (ESQUIVEL, 1994).

Las perturbaciones causadas por la falta de Ca y P o un desequilibrio fosfo-cálcico son: Raquitismo. Ataca a los animales jóvenes, se manifiesta por la deformación ósea, engrosamiento de las articulaciones, aplomos defectuosos y un retardo en el crecimiento. Osteomalacia. Ataca a los adultos, cuyos huesos se reblandecen y terminan por quebrarse, es

frecuente en animales altamente productores, atribuida a una carencia de P o un equilibrio Ca /P muy elevado, o una carencia de vitamina D o un desequilibrio paratifoideo. Osteofibrosis. También ataca a animales adultos, cuyos huesos se reblandecen, engrosan, se ven cavidades que son llenadas por tejido fibroso, muy frecuentemente es por falta de calcio o un desequilibrio Ca /P bajo por exceso relativo de P, así mismo es provocado por el exceso de flúor (fluorismo). Fiebre vitularia o hipocalcemia de leche. Se manifiesta por una baja de temperatura y una disminución de todas sus actividades de leche, el animal parece dormir y no reacciona más esta función es debido a una baja brusca de la taza de Ca y de glucosa en la sangre. Perturbaciones en la reproducción. Por falta o exceso de P o carencia de oligoelementos o vitaminas, dificultad de fecundación, muerte embrionaria (RICO, 1995).

#### 2.7.7. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales requeridos en muy pequeñas cantidades para el mantenimiento de la salud y para el crecimiento y reproducción normales. No pueden ser sintetizadas en el cuerpo, por ello deben ser suministradas del exterior. También señala que en otras especies animales las vitaminas esenciales son las mismas exceptuando la vitamina C debido a deficiencia genética de la enzima L-gulonolactona oxidasa necesaria para la síntesis de esta vitamina a partir de la glucosa. Se cree que el ácido ascórbico es necesario para la formación y sostenimiento de colágeno y otras sustancias que

contribuyen a mantener unidas las células de los tejidos. Contribuye asimismo a la protección del organismo contra sustancias tóxicas, regulando el ritmo del metabolismo de las células (RICO, 1998).

La carencia produce pérdida de apetito, crecimiento retardado, parálisis de miembros posteriores y muerte. Los síntomas de esa deficiencia están relacionados con anorexia, pobre crecimiento, inflamación de las articulaciones con hemorragias subcutáneas y parálisis del tren posterior. Presentan modificaciones óseas y dentarias. Internamente presentan hemorragias y congestión pulmonar (RICO, 1995).

## 2.8. Determinación del coeficiente de digestibilidad

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

Así tenemos:

$$\text{C. D.A. (\%)} = \frac{\text{Nutriente Ingerido} - \text{Nutriente Heces}}{\text{Nutriente Ingerido}}$$

Donde:

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente.

## 2.9. Determinación de la Energía Digestible

Para determinar la energía digestible (kcal/ kg), del alimento en las heces se hará use de la bomba calorimétrica; con los datos obtenidos mas el consumo de alimento que se tiene registrado se procede a determinar la energía digestible haciendo use de la formula descrita por CRAMPTON Y HARRIS (1974).

$$\text{E.D.} = \frac{\text{E.B.} - \text{E.H.} \times \text{Q.H.}}{\text{I.A.}}$$

I.A.

Donde:

ED (kcal/kg.) = Energía Digestible del Alimento.

E.B (kcal/kg.) = Energía Bruta del Alimento.

E.H (kcal/kg.) = Energía Bruta de las Heces.

Q.H. = Cantidad de Heces Producidas por día (kg.).

I.A. = Cantidad de Alimento Ingerido por día (kg.).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 3.1. Fecha y lugar de ejecución del trabajo experimental.

El trabajo de investigación se inició en el mes de Junio hasta fines de setiembre del año 2006, en los ambientes del Centro de Investigación Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia y en los Laboratorios de Nutrición Animal y de Espectrofometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, perteneciente al Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

Geográficamente se encuentra ubicado a 09°17'05' de latitud Sur, 76°01'17" de latitud Oeste, con una altitud de 660 m.s.n.m.; con una temperatura promedio anual de 24.5<sup>0</sup> C, con una precipitación pluvial anual media de 3194 mm distribuida con mayor intensidad en los meses de Enero a Abril y una humedad relativa de 84%. Ecológicamente está considerada como un bosque Subtropical húmedo (U N A S, 2005).

### 3.2. Tipo de Investigación

La investigación realizada es de tipo experimental y descriptiva.

### 3.3 Metodología para la producción de forraje verde hidropónico

#### 3.3.1 Instalaciones para el ambiente controlado y germinadores:

El ambiente controlado fue construido con piso de cemento, paredes cerradas no herméticamente con plástico transparente que abarca desde el suelo hasta el techo siendo esta de calamina a una altura de 3 m del piso. Permitiendo mantener una temperatura interna promedio de 26,5 ° C por las mañanas y 30,4 ° C en las tardes.

Los germinadores estaban conformadas por marcos de madera 40cm x 40cm x 5cm, con piso de bolsas plásticas de polietileno que asemejen a una bandeja germinadora; las cuales fueron ubicadas al azar en andamios de madera de 1,50m de altura, 3m de largo, 0,90m de ancho, con tres divisiones o pisos, la primera separación del suelo al primer piso es de 0,30m y entre pisos restantes fue de 0,50m Este andamio fue colocado en el ambiente controlado.

#### 3.3.2. Preparación del Grano

- Se utilizó para este trabajo 22kg. de maíz amarillo duro cv. Marginal 28 (*Zea mayz* L.).
- Se seleccionó los granos de Maíz a ser utilizados, los cuales deben ser de buena calidad, de origen conocido adaptadas a las condiciones locales.
- Las semillas fueron lavadas y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (se prepara diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por

objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los 3 minutos. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

- La siguiente etapa consistió en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa germinación. Este tiempo se dividió en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar, las semillas, sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido las sumergimos nuevamente por 12 horas para finalmente realizar el último oreado. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas, razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

### 3.3.3 Manejo de granos en el germinador

- Realizados los pasos previos, se procedió a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuyó 1 Kg de semillas de maíz / 0.16 m<sup>2</sup> (5 Kg semilla / m<sup>2</sup>).

- Luego de la siembra se colocó por encima de las semillas una capa de papel (bond o papel blanco) el cual también se mojó. Posteriormente se tapó todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación ( 5 días).
- Mediante esta técnica le estamos proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial.
- Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.
- El riego de las bandejas de crecimiento del Forraje Verde Hidropónico se realizó por aspersión. Al comienzo (primeros 4 días) no se debe aplicar más de 0,5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros por metro cuadrado. La cantidad de agua de riego se dividirá en varias aplicaciones por día (6 veces). Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 veces durante el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos.
- Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4 y 5 día, se comenzó con el riego: La mitad de las fuentes de almacigo se regó solamente con agua, hasta la cosecha, la otra mitad se regó con la solución nutritiva.

- Al finalizar el crecimiento del forraje verde hidropónico con solución nutritiva (día 15) el riego se realizó exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces.
- La cosecha se realizó el día 15, dando lugar a las evaluaciones del rendimiento de forraje verde, contenido de proteína y minerales.

#### 3.3.4. Solución Nutritiva.

La solución nutritiva, se preparó en base a los aportes realizados por una solución concentrada. El procedimiento es sencillo y rápido. Se preparó a través de una mezcla de soluciones nutritivas, llamadas "A" y "B" respectivamente. Las sales y las cantidades necesarias para preparar la solución "A" se observan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Solución nutritiva "A"

SAL MINERAL	CANTIDAD / 10 L.
Fosfato Mono Amónico	340 gramos
Nitrato de Calcio	2.080 gramos
Nitrato de Potasio	1.100 gramos

Fuente: Manual "La huerta Hidropónica Popular" (FAO, 1997).

Las cantidades se diluyeron en agua potable, hasta alcanzar los 10 litros. Es muy conveniente que el agua a utilizar se encuentre a los 21° y 24° C dado que la disolución es mucho mas rápida y efectiva. Las sales se van colocando y mezclando en un recipiente de plástico de a una por su orden para obtener la solución concentrada "A".

Las sales necesarias para preparar la solución "B" se encuentran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Solución nutritiva "B".

SAL MINERAL	CANTIDAD / 4 L.
Sulfato de Magnesio	492 gramos
Sulfato de Cobre	0,48 gramos
Sulfato de Manganeso	2,48 gramos
Sulfato de Zinc	1,20 gramos
Ácido Bórico	6,20 gramos
Molibdato de Amonio	0,02 gramos
Quelato de Hierro	50 gramos

Fuente: Manual "La Huerta Hidropónica Popular" (FAO, 1996).

La dilución se hará también con agua, pero hasta alcanzar un volumen final de 4 litros de solución.

Para el mezclado de las sales usaremos el mismo método que para el primer caso. Una vez que tenemos las dos soluciones, procedemos al tercer paso que consiste en preparar la solución nutritiva final. No se debe mezclar las soluciones "A" y "B" sin la presencia de agua. Esto significa que primero agregamos el agua, luego la solución "A", revolvemos muy bien, y finalmente agregamos la solución "B".

El proceso para la elaboración de la solución nutritiva con destino a la producción de forraje verde hidropónico finaliza de la siguiente forma: por cada litro de agua se agregan 1,25 cc de solución "A" y 0,5 cc de solución "B" ; y finalmente agua pura para el tratamiento testigo.

#### 3.4. Selección de los Animales.

En este ensayo se utilizaron 6 cobayos machos enteros, de raza criolla del tipo I de 4 meses de edad y de 390 g de peso vivo promedio, los cuales fueron desparasitados antes de comenzar la etapa experimental.

#### 3.5. Alimentación de los Animales

El FVH de maíz (con solución nutritiva y sin solución nutritiva) fue cosechado a los 15 días después de la siembra, este fue pesado y suministrado a los animales, dos veces al día; al día siguiente, por la mañana, se pesó el residuo alimenticio y las heces de cada unidad experimental.

#### 3.6. Instalaciones de los animales

Los cobayos fueron colocados individualmente al azar, en jaulas metabólicas, los mismos que fueron ubicados en una sala acondicionada.

#### 3.7. Análisis de Laboratorio

Se realizó la colecta de las heces por separado identificando la procedencia (animal y dieta) y su almacenamiento en refrigeración hasta el final de la etapa experimental, las cuales fueron llevados a laboratorio para realizar 3 ensayos, los cuales se describen a continuación.

3.7.1. Ensayo 1. En este ensayo evaluó el contenido nutricional del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*) y heces.

1. El contenido de nutrientes en el FVH y heces se realizó a través el sistema de análisis químico proximal (Wende) para: de Materia seca (%), Proteína cruda (%), Fibra cruda (%), Extracto etéreo (%), Ceniza (%); según la metodología descrita por la A.O.A.C (1980).

2. Para la determinación de minerales Ca (%), P (%) se utilizó la metodología descrita por la A.O.A.C (1996), con la ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica y luz visible.

3.7.1.1. Variable independiente.

- Forraje verde hidropónico de maíz.

3.7.1.2. Variables Dependientes.

- Contenido nutricional MS(%), PC(%), MO(%), EE(%), FC(%), Cz%).
- Contenido de minerales Ca(%), P(%)

3.7.1.3. Tratamientos

T<sub>1</sub> = Forraje verde hidropónico de maíz sin solución nutritiva

T<sub>2</sub> = Forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva.

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> r <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> r <sub>1</sub>
T <sub>2</sub> r <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> r <sub>2</sub>
T <sub>3</sub> r <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> r <sub>3</sub>

### 3.7.1.4. Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos en el presente experimento se evaluó con la estadística descriptiva: una prueba de t – student (SAS, 1980).

#### Distribución de t student

La formula a aplicar será:

$$tc = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{2 \frac{S^2_p}{n}}}$$

$$S^2_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$X_1$  = Promedio de la muestra 1

$X_2$  = Promedio de la muestra 2

$S^2_p$  = Variancia producida

$S^2_1$  = Variancia muestral 1

$S^2_2$  = Variancia muestral 2

$n$  = Número de observaciones ( $n_1 = n_2$ )

3.7.2. Ensayo 2. Determinación del Coeficiente de Digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz.

#### 3.7.2.1. Metodología

El método empleado para las pruebas de digestibilidad de las dietas fue el "método de colección total". Los animales fueron distribuidos en 2 grupos de 3 animales a los que se les suministro las siguientes dietas al azar:

- Dieta a base de 100% de forraje verde hidropónico sin solución nutritiva.
- Dieta a base de 100% de forraje verde hidropónico con nutriente.

La fase experimental se dividió en 2 etapas, la primera etapa tuvo una duración de 6 días y la segunda etapa tuvo una duración de 5 días.

⇒ Fase de adaptación:

Esta fase tuvo como finalidad la distribución y el acostumbramiento del animal a su nuevo medio ambiente controlado: jaula, densidad poblacional (un animal por jaula) y al insumo en estudio promoviendo su consumo además de evitar la presencia de otros insumos no considerados en el estudio estudiado en el tracto gastrointestinal de los animales. El periodo de adaptación duro 6 días y se registro: el consumo del alimento y peso de las heces.

⇒ Fase experimental o de colección:

La fase de colección tuvo una duración de 5 días, en la cual se hizo lo siguiente:

- Peso del FVH de maíz proporcionado (1 vez al día).
- Peso diario de las heces del día anterior.
- Mezclado de las heces de cada animal de los 5 días de colección (material refrigerado) y secado en una estufa a 60° C/24h.
- Molido del FVH y las heces.

⇒ Estimación de los coeficientes de digestibilidad

Se determinó los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PT, EE y FC, para lo cual se empleó el modelo propuesto por CRAMTON y HARRIS (1974):

Así tenemos:

$$\text{C. D.A. (\%)} = \frac{\text{Nutriente Ingerido} - \text{Nutriente Heces}}{\text{Nutriente Ingerido}}$$

Donde:

C.D.A. = Coeficiente de Digestibilidad Aparente.

Para lo cual se realizo los siguientes pasos:

- Materia Seca en la estufa a 105° C/24 horas.
- Proteína Cruda: micro kjeldahl.
- Fibra Cruda (digestores)
- Estimación del Extracto Libre de Nitrógeno (diferencia de valores de los demás nutrientes).
- Estimación de la energía bruta en el FVH y heces a través de una bomba calorimétrica.

### 3.7.2.2. Variables independientes:

- Nutrientes ingeridos desde el FVH
- Nutrientes excretados (heces)

### 3.7.2.3. Variables dependientes:

Coefficientes de digestibilidad (CDA %) de la:

- Materia Seca (MS)
- Materia Orgánica (MO)
- Proteína Total (PT)
- Extracto Etéreo (EE)
- Fibra Cruda (FC)

### 3.7.2.4. Tratamientos: Los tratamientos estarán determinados por:

T<sub>1</sub>: Forraje hidropónico verde de maíz sin solución nutritiva.

T<sub>2</sub>: Forraje hidropónico verde de maíz con solución nutritiva.

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> r <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> r <sub>1</sub>
T <sub>2</sub> r <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> r <sub>2</sub>
T <sub>3</sub> r <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> r <sub>3</sub>

### 3.7.2.4. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en el presente experimento se evaluó con la estadística descriptiva: una prueba de t – student (SAS, 1980).

#### Distribución de t de student

La formula a aplicar será:

$$tc = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{2 \frac{S_p^2}{n}}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$X_1$  = Promedio de la muestra 1

$X_2$  = Promedio de la muestra 2

$S_p^2$  = Variancia producida

$S_1^2$  = Variancia muestral 1

$S_2^2$  = Variancia muestral 2

n = Número de observaciones ( $n_1 = n_2$ )

3.7.3. Ensayo 3. Determinación de la energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva y heces.

Para obtener el valor de energía digestible se enviaron las muestras de FVH y heces en estudio al laboratorio de nutrición donde se obtuvo los valores de energía bruta mediante el uso de una bomba calorimétrica, con los datos obtenidos se empleó la fórmula propuesta por CRAMPTON Y HARRIS (1974).

$$E.D. \text{ kcal/Kg.} = \frac{E.B. - (E.H. \times Q.H.)}{I.A.}$$

I.A.

Donde:

ED <sub>(kcal/kg.)</sub> = Energía Digestible del Alimento.  
 E.B <sub>(kcal/kg.)</sub> = Energía Bruta del Alimento.  
 E.H <sub>(kcal/kg.)</sub> = Energía Bruta de las Heces.  
 Q.H. = Cantidad de Heces Producidas por día (kg.).  
 I.A. = Cantidad de Alimento Ingerido por día (kg.).

#### 3.7.3.1. Variables independientes

- Energía Bruta del Alimento (kcal/kg.).
- Energía Bruta de las Heces (kcal/kg.).
- Cantidad de Heces Producidas por día (kg.).
- Cantidad de Alimento Ingerido por día (kg.).

#### 3.7.3.1. Variable dependiente

- Energía digestible (kcal/kg.)

## 3.7.3.2. Tratamientos:

- Forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva.
- Forraje verde hidropónico de maíz sin solución nutritiva.

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
T <sub>1</sub> r <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> r <sub>1</sub>
T <sub>2</sub> r <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> r <sub>2</sub>
T <sub>3</sub> r <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> r <sub>3</sub>

## 3.7.3.3. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en el presente experimento se evaluó con la estadística descriptiva: una prueba de t – student (SAS, 1980).

Distribución de t de student

La formula a aplicar será:

$$tc = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{2 \frac{S_p^2}{n}}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

X<sub>1</sub> = Promedio de la muestra 1

X<sub>2</sub> = Promedio de la muestra 2

S<sub>p</sub><sup>2</sup> = Variancia producida

S<sub>1</sub><sup>2</sup> = Variancia muestral 1

S<sub>2</sub><sup>2</sup> = Variancia muestral 2

n = Número de observaciones (n<sub>1</sub> = n<sub>2</sub>)

#### IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

Para determinar los coeficientes de digestibilidad del forraje en estudio se determinó su composición química proximal del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Composición química proximal del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva.

Nutrientes (%)	Forraje Verde Hidropónico de maíz (Con/Solución)	Forraje Verde Hidropónico de maíz (Sin/Solución)
Humedad	42,13	46,46
Materia Seca	57,87	53,54
Proteína	18,62	17,46
Fibra Cruda	8,97	8,37
Extracto Etéreo	4,42	4,26
Ceniza	13,51	6,37
Fósforo	0,51	0,48
Calcio	0,11	0,10

4.1.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del FVH de maíz con solución nutritiva y FVH maíz sin solución nutritiva en cobayos.

En el estudio de la digestibilidad del forraje verde hidropónico mediante el método de colección total se determinaron los coeficientes de digestibilidad de los siguientes nutrientes: materia seca, proteína, extracto etéreo y fibra con sus respectivas desviación estándar y coeficiente de variabilidad que reportan en el siguiente cuadro.

Cuadro 9. Coeficientes de digestibilidad (CD %) del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

Forraje Verde Hidropónico De maíz (Con solución nutritiva)	Coeficientes de Digestibilidad (% MS)				
	MS	MO	PT	EE	FC
Media	95,21 <sup>a</sup>	96,00 <sup>a</sup>	96,94 <sup>a</sup>	96,12 <sup>a</sup>	94,28 <sup>a</sup>
Desviación estándar	± 1,80	± 0,39	± 1,47	± 0,60	± 1,99
Coeficiente de variación (%)	1,89	0,41	1,52	0,63	2,11
Repeticiones	3	3	3	3	3
Forraje Verde Hidropónico De maíz (Sin solución nutritiva)	Coeficientes de Digestibilidad (% MS)				
	MS	MO	PT	EE	FC
Media	94,14 <sup>a</sup>	95,15 <sup>a</sup>	96,02 <sup>a</sup>	95,15 <sup>a</sup>	91,46 <sup>a</sup>
Desviación estándar	± 1,09	± 0,37	± 2,54	± 0,43	± 0,37
Coeficiente de Variación (%)	1,16	0,39	2,65	0,45	0,41
Repeticiones	3	3	3	3	3

\* Letras iguales en la misma fila no son estadísticamente significativas a la prueba de T de Student (P < 0.05).

MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PT = Proteína total; EE = Extracto etéreo; FC = Fibra cruda

4.2. Determinación de la energía digestible del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

En el presente estudio se determinó la energía digestible del forraje verde hidropónico de maíz sin solución nutritiva y del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva mediante el uso de la técnica de colección total fue de 4 793 y 4 653 Kcal/Kg respectivamente como se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Energía digestible del FVH de maíz sin solución nutritiva y con solución nutritiva.

	Forraje Verde Hidropónico de maíz (Sin solución Nutritiva)	Forraje Verde Hidropónico de maíz (Con solución Nutritiva)
Energía Digestible (Kcal/Kg.)	4 653 <sup>a</sup>	4 793 <sup>b</sup>
Desviación estándar	± 15,28	± 70,95
Coefficiente de Variación (%)	0,33	1,49
Numero de Repeticiones	3	3

\* Letras iguales en la misma fila no son estadísticamente significativas a la prueba de t de student (P < 0,05).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Determinación de los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

Como mencionamos anteriormente se consideraron tres componentes del forraje verde hidropónico de maíz: materia seca, proteína, y fibra cruda.

#### 5.1.1. Digestibilidad de la materia seca del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

En el presente estudio se observó que el porcentaje de la materia seca (MS) del forraje verde hidropónico con solución nutritiva y sin solución nutritiva en estudio fue de 57,87 % y 53,54 % respectivamente como se observa en el (cuadro 8). Esta diferencia se debe a que el FVH de maíz con solución nutritiva incrementó su contenido de nutrientes tales como proteína, extracto etéreo, ceniza entre otros, lo cual se vio expresado en un ligero incremento de materia seca, este valor fue superior a lo reportado por SILVA (1994), quien encontró 13,4 % de materia seca (MS) solo de las hojas del FVH de maíz, mientras que en este experimento se evaluó todas las partes de la planta (grano, raíz y hoja).

La AOAC, (2004) reporta valores de materia seca de 30,32 % de la planta completa del FVH de maíz, siendo este valor inferior a lo determinado en el presente estudio, esto es debido a que los días de cosecha difieren en 5 días, siendo a los 15 días de cosecha superior el contenido de Materia seca que va en aumento por efecto de la maduración de la planta.

El coeficiente de digestibilidad (% CD MS) para la materia seca fue de 95,21 % con solución nutritiva y 94,14 % sin solución nutritiva como se puede observar en el cuadro 9, valores muy similares a lo reportado por SANCHEZ (1997) quien reportado valores de digestibilidad de 95 %. Estos valores son superiores a lo reportado por la FAO (1997), SEPULVEDA y RAYMUNDO (1994), quienes reportan datos que van desde 83 a 90 % de digestibilidad para la materia seca, al igual que lo reportado por FOX (2000), quien reporta valores de digestibilidad de la materia seca de 90 %; esto se debe a la calidad nutritiva y digestibilidad de los forrajes que varían de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad y manejo del cultivo tal como lo reportado por RUSSELL (1989); es por eso que en el presente estudio se determinó que a los 15 días de cosecha la planta se encuentra en su estado de maduración óptimo, esto debido a que la presencia de lignina y celulosa es escasa lo que hace del forraje verde hidropónico de maíz un alimento muy asimilable, de alta calidad nutritiva y muy apetecible donde los nutrientes se encuentran altamente biodisponibles, ni muy tierno ni muy maduro en el primer caso no tiene muchas propiedades nutritivas y en el segundo caso empieza la lignificación dificultando la digestibilidad y reduciendo sus propiedades según los reportado por RODRIGUEZ (2003).

### 5.1.2. Digestibilidad de la proteína del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

El porcentaje de proteína registrado en el presente estudio fue de 18,62 % con solución nutritiva y 17,46 % sin solución nutritiva, siendo el primer valor similar al reportado por la FAO (1997) pero superior al segundo valor, quienes reportaron cifras de 18,80 %, de proteína; siendo estos valores superiores a los resultados obtenidos por SILVA (1994), PICHILINGUE (1994) y PEREZ (1995), quienes reportan 15,08 % de proteína, FAO (2001), quienes reportan valores de 13,47 % a los 10 días de cosecha, 14,75 % a los 20 días de cosecha; este incremento de la proteína bruta del presente estudio es consecuencia de la fertilización del FVH de maíz en estudio que trae como consecuencia el aumento del nitrógeno no proteico el que sería aportado por la solución nutritiva de riego y no debido a un aumento en los niveles de la proteína verdadera al cabo de los 15 días del experimento; esto también indica que al cabo de los 7 días el cultivo del FVH de maíz ya estaría haciendo uso del nitrógeno aportado por la solución nutritiva de riego, el cual además sería utilizado para la síntesis de nuevas proteínas tal como lo reportado por DOSAL (1987), y otro de los factores que influiría en el alto contenido de proteína del presente estudio sería los días de cosecha, ya que a los 15 días de cosecha manifiesta su máximo porcentaje de producción de proteína declinando este valor posteriormente ; aunque SEPULVEDA y RAYMUNDO, (1994), reportaron valores de 25 % de proteína pero en FVH de cebada.

El Coeficiente de digestibilidad de la proteína del FVH de maíz con solución nutritiva en el presente estudio fue de 96,94 % que es superior a lo obtenido al forraje sin solución nutritiva (91,46 %) y a lo reportado por la FAO (1997), quienes reportan valores de 90 % de digestibilidad respectivamente; ésto se debe a que el alto porcentaje del contenido proteico del FVH de maíz en estudio se encuentra en estado de formación por lo que la gran mayoría de los aminoácidos del forraje verde hidropónico de maíz a los 15 días de cosecha se encuentran libres y son fácilmente aprovechables por los animales que la consumen tal como lo reportado por CALDERON, (1992).

#### 5.1.3. Digestibilidad de la fibra cruda del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

El porcentaje de fibra cruda del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva a los 15 días de cosecha fue de 8,97 y 8,37 % respectivamente, estos valores son muy similares a lo reportado por la FAO (2001) , quienes reportan valores de 8,87 y 9,03 % de fibra cruda (FC) , pero este último fue obtenido a los 10 días de cosecha; aunque estos valores son inferiores a lo reportado por la FAO (2001) y PICHILINGUE (1994), PEREZ (1995), quienes reportaron valores de 13,23 y 12,76 % de fibra cruda (FC) respectivamente a los días 20 y 11 días de cosecha, esto se debería exclusivamente al tiempo de cosecha, ya que a medida que la planta madura disminuye su contenido de proteína y azúcares y se eleva el contenido de fibra que va en ascenso según lo reportado por SHIMADA, (1983). El coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda (FC) del FVH de maíz con solución nutritiva y sin

solución nutritiva obtenido en el presente estudio fue de 94,28 y 91,46 % respectivamente.

## 5.2. Determinación de la energía digestible del FVH de maíz con solución nutritiva y sin solución nutritiva en cobayos.

La energía digestible (ED) del FVH de maíz con solución nutritiva que se obtuvo en el presente trabajo de investigación fue de 4 793 Kcal/kg M.S con solución nutritiva y 4 653 Kcal/kg M.S sin solución nutritiva (cuadro 10), siendo el primer valor superior a lo obtenido del FVH de maíz sin solución nutritiva que fue de 4 653 Kcal/kg M.S, (cuadro 10), esto se debió a que la solución incremento el porcentaje de los nutrientes del forraje con solución nutritiva existiendo una correlación positiva a mayor porcentaje de nutrientes mayor aporte de energía, la cual también resultó estadísticamente significativo realizando una prueba de t ( $P < 0,05$ ); estos valores energéticos fueron superiores a lo reportado por FOX (2000), SEPULVEDA y RAYMUNDO (1994): quienes reportaron valores energéticos de 4 000 y 3 216: Kcal/Kg M.S respectivamente, este valor energético alto obtenido en el presente estudio tiene su explicación en su alto contenido de extracto etéreo y la alta digestibilidad de la fibra cruda y otros nutrientes a los 15 días de cosecha del forraje verde hidropónico de maíz del presente estudio tal como se muestran en el (cuadro 8 y 9), ya que de alguna manera la fibra retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo favoreciendo la digestibilidad de los nutrientes.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Mediante el presente estudio se pudo comprobar la alta calidad nutritiva del forraje de maíz hidropónico con solución nutritiva y sin solución nutritiva, lo cual la convierte en una alternativa tecnológica para la alimentación animal.
- Se determinaron los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz con solución nutritiva: materia seca 95,21%, proteína 96,942%, grasa 96,12%, fibra 94,28%, ceniza 95,95%, fósforo 95,64%, calcio 97,10% en cobayos.
- Se determinaron los coeficientes de digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz sin solución nutritiva: materia seca 94,14%, proteína 96,02%, grasa 95,15%, fibra 91,46%, ceniza 88,74%, fósforo 94,68%, calcio 96,34% en cobayos.
- La Energía digestible del FVH de maíz evaluado en cobayos fue de 4 793 Kcal/kg cuando se aplicó una solución nutritiva lo cual es superior estadísticamente a la Energía digestible del FVH de maíz sin solución nutritiva que tiene 4 653 Kcal/kg.

## VII. RECOMENDACIONES

Al culminar el presente trabajo de investigación se da las siguientes recomendaciones.

- Continuar con las investigaciones de forraje verde hidropónico de maíz en estudio, recomendando pruebas de digestibilidad en cobayos mejorados.
- Establecer parámetros para los insumos en estudio.
- Incentivar los trabajos sobre digestibilidad de forraje hidropónico usados en la alimentación de cobayos.
- Se recomienda realizar en próximas investigaciones, análisis económicos para determinar la factibilidad real de uso.
- Realizar trabajos de validación.

## VIII. ABSTRACT

The present research work was carried out in the Leoncio Prado province, Huanuco department, from June to September, 2006, with the objective to determine, the nutritional content, digestibility coefficient and energy digestible of the green forage culture water corn. The used methodology used was an experimental type. Study Universe was constituted by guinea pigs kept in metabolic cages inside of controlled environment with cement floor. The results were analyzed using descriptive statistics. Digestibility coefficient of green forage culture water corn with nutritional solution were determined: dry matter 95.21%, protein 96.94%, fat 96.12%, fiber 94.28%, ash 95.95%, phosphorus 95.64%, calcium 97.10% and without nutritious solution: dry matter 94.14%, protein 96.02%, fat 95.15%, fiber 91.46%, ash 88.74%, phosphorus 94.68%, calcium 96.34%. When the main component of the variables were analyzed by t student test, not significant difference was found. In base of the results, it was concluded that green forage culture water corn, with nutritive and without nutritive solution, had high nutritional quality and digestible, which constitutes a technological alternative for feeding animals.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- AGROMAT. 1990. Cultivos Hidropónicos. Boletín Técnico. AGROTECH BELGIUM. Bélgica. 18 – 22 p.
- ARANO, C. 2004. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC.). 2004. Official Methods of Analysis. 13 th ed. A. O. A. C., Washigton. 1018 pp.
- BONDI, A. 1988. Nutrición Animal. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 546 p.
- BRAVO, R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- CALDERON, F. 1992. Cultivos Hidropónicos. Edit. Ediciones Culturales Ver LTDA. Colombia. Vol. 1.
- CAMPOS, J. 2003. Digestibilidad de leguminosas y gramíneas forrajeras en la alimentación de cobayos. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Departamento de Zootecnia.
- CHAUCA L. 1997. Producción de cobayos (*Cavia porcellus*). Roma. 95 pp
- CRAMPTON C. y HARRIS J. (1974). Nutrición Aplicada. Zaragoza, España. Edit. Acriba. 115 p.

- DOSAL, M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Época de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- DURANNY, U. 1982. Hidroponía. Editorial Sintet, S.A. Barcelona, España. 730 p.
- ESQUIVEL, J. 1994. Criemos cobayos. Cuenca Ecuador. Impresión Instituto de investigaciones Sociales IDIS. 212 p.
- FAO. 2001. Manual Técnico Forraje verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. [En línea]: (<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Germinados.htm#.1>, documentos, 4 Feb 2001)
- FAO. 1997. Manual Técnico Forraje verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. [En línea]: (<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Germinados.htm#.1>, documentos 6 de Feb 1997)
- FOX, R. 2000. Fábrica de Forraje. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 8. Lima, Perú.
- HIDALGO, R. 1999. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- HOWARD, R. 1982. Cultivos Hidropónicos, Nuevas Técnicas. Edición Mundi-Prensa. Madrid.

- INIA. 1995. Crianza de Cobayos. Reimpresión. Lima, Perú. 135 p.
- IZQUIERDO, J. 2002. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 68 p.
- LEES, P. 1983. Ganadería Hidropónica. Agricultura de las Américas. Pinterres Publishing Corp. E.U.A.
- MORALES, F. 1987. Forraje Hidropónico y su Utilización en la Alimentación de Corderos Precozmente Destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. 1995. Nutriente Requeriment of guinea pigs 10<sup>th</sup> Ed. Washintong, Nacional Academy Press. 189 p.
- ÑÍGUEZ, E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- PÉREZ, N. 1987. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- PEREZ, M. 1995. Producción de Forraje en Base a germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) y Maíz (*Zea mays*). Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 80p.

- PICHILINGUE, C. 1994. Producción de Forraje Hidropónico. Primer Curso Taller en Hidroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- RICO, E. 1995. Nutrición y Alimentación. 1er Curso y reunión nacional de cuyecultura. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. pp 33-45.
- RICO, E. 1998, Investigaciones en sistemas de alimentación de cobayos en Bolivia. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Proyecto MEJOCUY.
- RODRIGUEZ, G. 1999. Forraje Hidropónico. Informe Entregado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Químicas. Chihuahua, México.
- RODRIGUEZ, M. 2003. Producción de Forraje verde literatura pendiente de publicación Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua
- ROJAS, D. 1972. Nutrición general. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Nutrición. 286 p.
- RUSSELL, L. 1989. Vitamins in Animal Nutrition. Edit Academic Press, INC. San Diego. California. USA.
- SÁNCHEZ, A. 1997. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo (DINAE – Ministerio de Trabajo y Seguridad Social) Montevideo, Uruguay.
- SEPÚLVEDA, R. y RAYMUNDO S. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.

- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1995. Institute Inc. SAS. Language Guide, v. 6.03 Edition, Cary, NC: SAS INSTITUTE INC., 530 p.
- Shimada, A. 1983. Nutrición Animal, México, D.F. Trillas, S.A. de C.V, 388 p
- SILVA, E. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) y Maíz (*Zea mays*) germinado en la alimentación de cobayos machos en crecimiento y engorde. Tesis Ing. Zootenista. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- UNAS. 2005. Datos Meteorológicos, Año 2001, Estación Meteorología. José Abelardo Quiñones. (Archivos)
- VALDIVIA, E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú.
- VILLEGAS, C. 1993. Digestibilidad aparente de la alfalfa y del alimento concentrado empleados en ambos sexos de dos líneas de cobayos (*Cavia aperea porcellus*). Tesis. Ingeniero Agrónomo. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Departamento de Zootecnia. 123 p.

## X. ANEXO

ANEXO 1. CANTIDAD DE LA DIETA: FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ CON SOLUCION NUTRITIVA

Animal	TOTAL ALIMENTO	ALIMENTO NO	TOTAL ALIMENTO INGERIDO	En Materia	Total	TOTAL ALIMENTO INGERIDO	
Nº	(Día)	OFRECIDO gr	CONSUMIDO gr	ANIMAL/DIA gr	Seca	Periodo	ANIMAL/DIA gr
1	(1)	300	175	125	72,33		
1	(2)	300	230	70	40,50		
1	(3)	450	350	100	57,86		
1	(4)	200	110	90	52,07		
1	(5)	350	190	160	92,58	315,34	109
2	(1)	250	170	80	46,29		
2	(2)	300	230	70	40,50		
2	(3)	400	300	100	57,86		
2	(4)	200	80	120	69,43		
2	(5)	280	90	190	109,94	324,02	112
3	(1)	250	120	130	75,22		
3	(2)	300	240	60	34,71		
3	(3)	420	300	120	69,43		
3	(4)	200	130	70	40,50		
3	(5)	220	80	140	81,01	300,87	104

ANEXO 2. CANTIDAD DE LA DIETA: FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIZ SIN SOLUCION NUTRITIVA

Animal	TOTAL ALIMENTO	ALIMENTO NO	TOTAL ALIMENTO INGERIDO	En Materia	Total	TOTAL ALIMENTO INGERIDO
Nº (Día)	OFRECIDO gr	CONSUMIDO gr	ANIMAL/DIA gr	Seca	Periodo	ANIMAL/DIA gr
1 (1)	300	200	100	53,54		
1 (2)	300	220	80	42,83		
1 (3)	450	310	140	74,96		
1 (4)	300	110	190	101,73		
1 (5)	390	180	210	112,44	385,50	144
2 (1)	300	210	90	48,18		
2 (2)	300	210	90	48,18		
2 (3)	400	250	150	80,31		
2 (4)	200	100	100	53,54		
2 (5)	295	90	205	109,76	339,97	127
3 (1)	300	210	90	48,18		
3 (2)	300	250	50	26,77		
3 (3)	350	280	70	37,48		
3 (4)	250	170	80	42,83		
3 (5)	280	140	140	74,96	230,22	86

ANEXO 3. PESO DE LAS HECES DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA

Animal		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROMEDIO
N							
I	Base Fresca	4,20	1,85	8,33	6,12	1,61	4,42
	Humedad (%)	52,82	52,92	52,85	53,28	52,87	
	Materia Seca (%)	47,18	47,08	47,15	46,72	47,13	
	Base Seca (%)	2,22	0,98	4,40	3,26	0,85	2,34
II	Base Fresca	1,62	2,43	7,99	4,86	4,17	4,21
	Humedad (%)	61,22	61,32	61,08	61,11	61,15	
	Materia Seca (%)	38,78	38,68	38,92	38,89	38,85	
	Base Seca (%)	0,99	1,49	4,88	2,97	2,55	2,58
III	Base Fresca	3,50	0,47	9,25	2,15	0,63	3,20
	Humedad (%)	61,71	61,70	61,73	61,86	61,90	
	Materia Seca (%)	38,29	38,30	38,27	38,14	38,10	
	Base Seca (%)	2,16	0,29	5,71	1,33	0,39	1,98

ANEXO 4. PESO DE LAS HECES DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA

Animal		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROMEDIO
Nº							
I	Base Fresca	10,04	0,10	0,76	9,93	1,40	4,45
	Humedad (%)	49,00	50,00	50,00	48,94	48,57	
	Materia Seca (%)	51,00	50,00	50,00	51,06	51,43	
	Base Seca (%)	4,92	0,05	0,38	4,86	0,68	2,18
II	Base Fresca	0,40	3,88	9,04	0,90	1,99	3,24
	Humedad (%)	60,00	61,34	61,39	61,11	61,31	
	Materia Seca (%)	40,00	38,66	38,61	38,89	38,69	
	Base Seca (%)	0,24	2,38	5,55	0,55	1,22	1,99
III	Base Fresca	7,93	0,21	2,41	1,73	1,99	2,85
	Humedad (%)	47,41	47,62	47,30	47,40	47,24	
	Materia Seca (%)	52,59	52,38	52,70	52,60	52,76	
	Base Seca (%)	3,76	0,1	1,14	0,82	0,94	1,35

ANEXO 5. ANALISIS QUIMICO (1) DE PROTEINA, FIBRA, E. ETereo, CENIZA, CALCIO Y FOSOFRO DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA (BASE SECA)

Animal	HUMEDAD	M.SECA	PROTEINA	FIBRA	E.ETereo	CENIZA	FOSFORO
Nº	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
I	52,82	47,18	16,10	23,73	5,36	19,34	0,74
II	61,22	38,78	20,50	16,55	6,12	20,02	0,76
III	61,71	38,29	20,50	18,46	5,41	19,42	0,73

ANEXO 6. ANALISIS QUIMICO (2) DE PROTEINA, FIBRA, E. ETereo, CENIZA, CALCIO Y FOSOFRO DE LOS ANIMALES ALIMENTADOS CON FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA (BASE SECA)

Animal	HUMEDAD	M.SECA	PROTEINA	FIBRA	E.ETereo	CENIZA	FOSFORO
Nº	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
I	49	51	19,67	19,76	6,22	18,72	0,74
II	60	40	18,15	17,59	6,31	18,61	0,79
III	47,41	52,59	21,09	15,78	5,23	19,32	0,64

ANEXO 7. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA (MS) FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA BASE SECA

Animal	Ingerido (I)	Excretado (E)	Coeficiente de Digestibilidad (MS) (%)		
			Ingerido Promedio (g)	Excretado Promedio (g)	Digestibilidad Promedio (%)
N	(Día)	(g)	(g)		
I	1	125	4,20		
I	2	70	1,85		
I	3	100	8,33		
I	4	90	6,18		
I	5	160	1,61	109	4,43
II	1	80	1,62		
II	2	70	2,43		
II	3	100	8,00		
II	4	120	4,86		
II	5	190	4,18	112	4,22
III	1	130	3,50		
III	2	60	0,47		
III	3	120	9,25		
III	4	70	2,15		
III	5	140	0,63	104	3,20

ANEXO 8. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA (MS) FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA BASE SECA

Animal	Ingerido (I)	Excretado €	Coeficiente de Digestibilidad (MS) (%)		
			Ingerido Promedio (g)	Excretado Promedio (g)	Digestibilidad Promedio (%)
Nº (Día)	(g)	(g)			
I	1	100			
I	2	80			
I	3	140			
I	4	190			
I	5	210	144	4,45	95,03
II	1	90			
II	2	90			
II	3	150			
II	4	100			
II	5	205	127	3,24	95,63
III	1	90			
III	2	50			
III	3	70			
III	4	80			
III	5	140	86	2,86	94,96

ANEXO 9. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DE LA PROTEINA (PT) DEL FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA

Animal Nº	Cantidad de MS Consumida (g)	PT de la FVHM C/Sn (%)	Proteína Ingerida (g)	Cantidad de MS Excretada (g)	PT de las Heces (%)	Proteína Excretada	CD (%)
I	63,07	17,33	10,93	4,43	16,04	0,71	96,57
II	64,81	17,33	11,23	4,22	20,42	0,86	95,34
III	60,18	17,33	10,43	3,20	20,42	0,65	96,15
Promedio							96,02
Desviación estándar							0,63
Coeficiente de Variación							0,66

ANEXO 10. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DE LA PROTEINA (PT) DEL FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA

Animal Nº	Cantidad de MS Consumida (g)	PT de la FVHM C/Sn (%)	Proteína Ingerida (g)	Cantidad de MS Excretada (g)	PT de las Heces (%)	Proteína Excretada	CD (%)
I	77,10	18,50	14,26	4,45	19,54	0,87	97,01
II	68,00	18,50	12,58	3,24	18,08	0,59	97,14
III	46,05	18,50	8,52	2,86	21,00	0,60	96,67
Promedio							96,94
Desviación estándar							0,24
Coeficiente de Variación							0,25

ANEXO 11. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DE LA FIBRA CRUDA (FC) DEL FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA

Animal N <sup>o</sup>	Cantidad de MS Consumida (g)	FC de la FVHM C/Sn (%)	Fibra Ingerida (g)	Cantidad de MS Excretada (g)	Fibra de las Heces (%)	Fibra Excretada	CD (%)
I	63,07	8,31	5,24	4,43	23,64	1,05	89,47
II	64,81	8,31	5,39	4,22	16,49	0,70	92,15
III	60,18	8,31	5,00	3,20	18,39	0,59	92,76
Promedio							91.46
Desviación estándar							1.75
Coeficiente de Variación							1.91

ANEXO 12. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DE LA FIBRA CRUDA (FC) DEL FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA

Animal N <sup>o</sup>	Cantidad de MS Consumida (g)	FC de la FVHM C/Sn (%)	Fibra Ingerida (g)	Cantidad de MS Excretada (g)	Fibra de las Heces (%)	Fibra Excretada	CD (%)
I	77,10	8,91	6,87	4,45	19,68	0,88	93,77
II	68,00	8,91	6,06	3,24	17,52	0,57	94,25
III	46,05	8,91	4,10	2,86	15,71	0,45	94,82
Promedio							94.28
Desviación estándar							0.53
Coeficiente de Variación							0.56

ANEXO 13. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DEL EXTRACTO ETereo DEL FVHM SIN SOLUCION NUTRITIVA

Animal N°	Cantidad de MS Consumida (g)	Extracto etéreo de FVHM C/Sn (%)	Extracto etéreo de la Ingerida (g)	Cantidad de MS Excretada (g)	Extracto etéreo de las Heces (%)	Extracto etéreo de Excretada	CD (%)
I	63,07	4,26	2,69	4,43	5,36	0,24	95,32
II	64,81	4,26	2,76	4,22	6,12	0,26	94,30
III	60,18	4,26	2,56	3,20	5,41	0,17	95,83
Promedio							95.15
Desviación estándar							0.78
Coeficiente de Variación							0.82

ANEXO 14. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD (CD) DEL EXTRACTO ETereo DEL FVHM CON SOLUCION NUTRITIVA

Animal N°	Cantidad de MS Consumida (g)	Extracto etéreo del FVHM C/Sn (%)	Extracto etéreo de la Ingerida (g)	Cantidad de M Excretada (g)	Extracto etéreo de las Heces (%)	Extracto etéreo de Excretada	CD (%)
I	77,10	4,42	3,41	4,45	6,22	0,28	96,02
II	68,00	4,42	3,01	3,24	6,31	0,20	95,82
III	46,05	4,42	2,04	2,86	5,23	0,15	96,52
Promedio							96.12
Desviación estándar							0.36
Coeficiente de Variación							0.37