



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE  
HIDROGANOPÓNICO DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*) A DIFERENTES  
EIDADES DE COSECHA Y SU EFECTO EN LA ALIMENTACIÓN DE  
CONEJOS NEOZELANDÉS**

**AUTOR**

**Mateo Alejandro Meza Chica**

**DIRECTOR**

**Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph.D.**

**Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador**

**Enero - 2012**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE  
HIDROORGANOPÓNICO DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*) A DIFERENTES  
EDADES DE COSECHA Y SU EFECTO EN LA ALIMENTACIÓN DE  
CONEJOS NEOZELANDÉS**

**AUTOR**

Mateo Alejandro Meza Chica

**DIRECTOR**

Juan Avellaneda Cevallos, Ph.D.

Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador

Enero - 2013

**DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE  
HIDROORGANOPÓNICO DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*) A DIFERENTES  
EJEMPLOS DE COSECHA Y SU EFECTO EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS  
NEOZELANDÉS**

ESTE PLAN DE GRADO FUE ACEPTADO EN SU PRESENTE FORMA POR EL CENTRO DE POSGRADOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EN EL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Juan Avellaneda Cevallos, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

---

Luz María Martínez, M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Julio Usca Méndez, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Gabriel Suárez, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

## CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **Mateo Alejandro Meza Chica** declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además, de acuerdo a la Ley de Propiedad Intelectual, todos los derechos del presente trabajo de investigación pertenecen a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Mateo Alejandro Meza Chica**

**C.I. 120023396-1**

## INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado “**Determinación del valor nutritivo del forraje hidrorganopónico de maíz amarillo (*Zea mays*) a diferentes edades de cosecha y su efecto en la alimentación de conejos Neozelandés**”, presentado por el Ing. **Mateo Alejandro Meza Chica**, previo a la obtención del Grado de Magíster en Producción Animal, certifico que dicho trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrados para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Santo Domingo, a los            días del mes de            del 2012

---

**Juan Avellaneda Cevallos, Ph.D.**

**C.I. 120297771-4**

## **AGRADECIMIENTO**

Con profundo agradecimiento a:

- Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Santo Domingo de los Tsáchilas
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias
- Ing. Manuel Haz Álvarez. Rector de la UTEQ. (+)
- Ing. Roque Vivas Moreira. Rector de la UTEQ
- Drs. Délsito Zambrano Gracia y Juan Avellaneda Cevallos. Decano y Sub Decano FCP
- Ing. Hugo Medina Quinteros M.C. Coordinador de la Escuela Ing. Zootécnica
- Ing. Jaime Vera Barahona. M.C. Docente de Diseño Experimental
- Ing. Ricardo Luna
- Dr. Juan Avellaneda Cevallos. Director de Tesis
- Ing. Julio Usca. Miembro Tribunal Tesis
- Ing. Agrónomo Gabriel Suárez. Miembro Tribunal Tesis
- Dra. Luz María Martínez. Directora de Posgrado de la UTE
- Ing. Mario Ramos por la revisión y preparación del documento final
- A todos mis compañeros Maestranteros

## DEDICATORIA

A mi PADRE JESUCRISTO, que a través de la biblia me ha enseñado el valor más importante de este mundo EL AMOR a mis semejantes y poder compartirlo hasta el fin de mi existencia

### A MI NUCLEO FAMILIAR:

Amalia Bone Carrera. Esposa y compañera inseparable en la lucha diaria en nuestro diario convivir.

A mis hijos: Carlo Javier, Jessica Sayonara, Fabricio Fabián, Gary Alex, seres que me permiten vivir feliz en este mundo transitorio.

A mis nietos: Melanie, Alejandra y Bryan, semillas inocentes que completan mi alegría.

A mis hermanos: Augusto Meza (+), Meza Canales y Franco Suescum.

A mis sobrinos: Meza Hernández.

A mi cuñada: Piedad Hernández.

A los que practican el amor, la fe y la justicia.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULOS	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
 <b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. EL PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Sistematización del problema o interrogantes .....	4
1.4. Objetivos de la investigación .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.6. Alcance de la investigación .....	5
 <b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCOS DE REFERENCIA</b>	
2.1. Marco de referencia ó antecedentes de la investigación .....	6
2.2. Marco teórico .....	7
2.2.1. El maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	7
2.2.1.1. Tipo de aprovechamiento .....	7
2.2.2. Conejo Neozelandés .....	8
2.2.2.1. Aparato digestivo .....	8
2.2.2.2. Metabolismo del ciego .....	9
2.2.2.3. Mecanismo de la cecotrófia .....	11
2.2.2.4. Proceso digestivo .....	14
2.2.2.5. Requerimiento nutritivo del conejo .....	15
2.2.2.6. Digestión .....	17
2.2.3. Digestibilidad .....	19
2.2.3.1. Determinación de la digestibilidad .....	19
2.2.3.2. Factores que afectan la digestibilidad .....	19
2.2.3.3. Prueba de la digestibilidad .....	20
2.2.3.4. Sistema calórico .....	21



2.2.3.5. Extracto libre de nitrógeno (ELN) .....	21
2.2.3.6. Forraje hidropónico .....	22
2.2.4. Humus de lombriz .....	29
2.2.4.1. Componentes del humus de lombriz .....	29
2.3. Marco conceptual ó (Definición de términos básicos) .....	31
2.4. Sistema de hipótesis .....	31
2.5. Sistema de variables .....	31
2.5.1. Conceptualización .....	31

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación .....	32
3.1.1. Localización y duración del experimento .....	32
3.1.2. Condiciones meteorológicas .....	32
3.2. Métodos .....	33
3.2.1. Experimento 1. Valoración química bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz a los 8-10-12 días de edad .....	33
3.2.1.1. Materiales y equipos .....	33
3.2.1.2. Factores en estudio .....	34
3.2.1.3. Tratamientos .....	34
3.2.1.4. Diseño experimental .....	35
3.2.1.5. Mediciones experimentales .....	37
3.2.1.6. Procedimiento experimental .....	37
3.2.2. Experimento 2. Valoración nutritiva (Digestibilidad <i>in vivo</i> ) .....	38
3.2.2.1. Materiales y equipos .....	38
3.2.2.2. Factores en estudio .....	39
3.2.2.3. Tratamientos .....	39
3.2.2.4. Diseño experimental .....	40
3.2.2.5. Mediciones experimentales .....	42
3.2.2.6. Procedimiento experimental .....	42
3.2.2.7. Control sanitario .....	42

3.2.3. Experimento 3. Respuesta biológica (engorde) .....	43
3.2.3.1. Materiales y equipos .....	43
3.2.3.2. Tratamientos .....	43
3.2.3.3. Diseño experimental .....	45
3.2.3.4. Procedimiento experimental .....	46
3.2.3.5. Tipo de la investigación .....	47
3.2.3.6. Métodos de la investigación .....	47
3.2.3.7. Población y muestra .....	47

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Experimento 1. Valoración química bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz a los 8-10-12 días de edad .....	48
4.1.1. Efecto simple de las edades (E) sobre la altura (cm) del FVHM .....	48
4.1.2. Efecto simple de los tipos de agua (A) sobre la altura (cm) del FVHM .....	49
4.1.3. Efecto de la interacción de la edad de cosecha sobre la altura (cm) del FVHM y el tipo de agua .....	50
4.1.4. Efecto del tipo de agua (A) sobre el rendimiento (kg) del FVHM ....	50
4.1.5. Efecto simple para las edades (E) de cosecha sobre el rendimiento (kg) del FVHM .....	51
4.1.6. Efecto de la interacción de la edad de cosecha y el tipo de agua sobre el rendimiento (kg) del FVHM .....	52
4.1.7. Análisis de correlación entre la composición química del forraje hidrorganopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad ....	53
4.1.8. Calidad nutricional del forraje hidrorganopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad .....	56
4.1.8.1. Contenido de materia seca .....	56
4.1.8.2. Contenido de materia orgánica y cenizas .....	56
4.1.8.3. Contenido de proteína cruda .....	56
4.1.8.4. Contenido de extracto etéreo .....	57
4.1.8.5. Contenido de ELN .....	57
4.1.8.6. Contenido de fibra .....	58
4.1.8.7. Contenido de fósforo .....	58

4.1.8.8. Contenido de Ca (%) .....	58
4.1.8.9. Celulosa (%) .....	59
4.1.8.10. Hemicelulosa (%).....	59
4.1.8.11. Fibra detergente neutra (%) .....	59
4.1.8.12. Lignina detergente ácida (%) .....	59
4.1.8.13. Fibra detergente ácida (%) .....	60
4.2. Experimento 2. Valoración nutritiva (digestibilidad <i>in vivo</i> ) .....	61
4.2.1. Evaluación de la digestibilidad <i>in vivo</i> del forraje verde hidrorganopónico del maíz a los 8-10 y 12 días de edad .....	61
4.2.2. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS) .....	61
4.2.3. Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO) .....	61
4.2.4. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC) .....	61
4.2.5. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE) .....	62
4.2.6. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (ELN) ..	62
4.2.7. Nutrientes digestibles totales (NDT) .....	62
4.2.8. Coeficiente de digestibilidad de la ceniza (CDC).....	62
4.2.9. Coeficiente de digestibilidad de la fibra (CDF).....	63
4.2.10. Evaluación energético del forraje y dieta básica .....	63
4.2.11. Contrastes ortogonales .....	64
4.2.11.1. Contrastes ortogonales factorial vs testigo .....	64
4.2.11.2. Contrastes ortogonales del FVHM con agua natural vs testigo .....	64
4.2.11.3. Contrastes ortogonales del FVHM, agua con humus vs testigo .....	65
4.2.12. Análisis de la correlación de los nutrientes del FVHM .....	65
4.3. Experimento 3. Respuesta biológica (engorde) .....	66
4.3.1. Consumo de alimento (g) .....	66
4.3.1.1. Efecto simple de la edad del FVHM y el sexo sobre el consumo de alimentos .....	67
4.3.1.2. Efecto de la interacción del FVHM por sexo sobre el consumo de alimentos .....	67
4.3.1.3. Efecto de la interacción del FVHM por sexo .....	68
4.3.2. Ganancia de peso (g) .....	68

4.3.2.1. Efecto simple de la edad del FVH sobre la ganancia de peso .....	68
4.3.2.2. Efecto simple del sexo sobre la ganancia de peso .....	68
4.3.2.3. Efecto de la interacción del FVHM sobre el sexo .....	69
4.3.3. Conversión alimenticia .....	71
4.3.3.1. Efecto simple de la conversión para el FVHM .....	71
4.3.3.2. Efecto simple del sexo sobre la conversión alimenticia .....	71
4.3.3.3. Efecto de la interacción del FVHM sobre el sexo .....	71
4.3.3.4. Análisis de correlación simple entre los valores de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia cada 14 días y total .....	73
4.3.3.5. Peso vivo (g) y rendimiento a la canal (%) .....	75
4.3.4. Análisis económico .....	77

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	79
5.2. Recomendaciones .....	80

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	81
---------------------------	----

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 2.1. Composición media del grano de maíz y de sus principales fracciones (%) sobre el peso seco .....	7
Cuadro 2.2. Requerimiento nutritivo del conejo .....	16
Cuadro 2.3. Consumo de forraje (g), consumo de alimento (g), peso inicial (g), peso vivo (g), ganancia de peso (g), conversión alimenticia y rendimiento a la canal (%), en el engorde de conejos nueva Zelanda, bajo el efecto del consumo del forraje verde hidropónico de maíz .....	24
Cuadro 2.4. Análisis proximal del maíz hidropónico .....	27
Cuadro 2.5. Composición bromatológica de las especies cosechadas bajo el sistema de forraje verde hidroganopónico .....	27
Cuadro 2.6. Componentes del humus de lombriz .....	30
Cuadro 2.7. Cantidades relativas (%) de nutrientes contenidos en distintos estiércoles y humus de lombriz .....	30
Cuadro 3.1. Condiciones meteorológicas de la quinta LA FASE, Mocache 2011 ...	32
Cuadro 3.2. Tratamientos en estudio .....	35
Cuadro 3.3. Características de los tratamientos .....	35
Cuadro 3.4. Esquema del ADEVA y comparaciones ortogonales .....	36
Cuadro 3.5. Tratamiento de la valoración nutritiva .....	39
Cuadro 3.6. Esquema del experimento .....	40
Cuadro 3.7. Esquema del ADEVA y comparaciones ortogonales .....	40
Cuadro 3.8. Composición del balanceado .....	41
Cuadro 3.9. Análisis calculado .....	41
Cuadro 3.10. Tratamientos en estudios de la respuesta biológica (engorde) .....	44
Cuadro 3.11. Combinación de los factores en estudio .....	44
Cuadro 3.12. Características de los tratamientos .....	45
Cuadro 3.13. Esquema del análisis de varianza .....	45
Cuadro 4.1. Efecto simple de las edades (E) sobre la altura (cm) del FVHM .....	48

Cuadro 4.2.	Efecto simple de los tipos de agua (A) sobre la altura (cm) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	49
Cuadro 4.3.	Efecto de la interacción entre la edad de cosecha y los tipos de agua sobre la altura (cm) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	50
Cuadro 4.4.	Efecto de los tipos de agua (A) sobre el rendimiento (kg) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	51
Cuadro 4.5.	Efecto simple para las edades (E) de cosecha sobre el rendimiento del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	51
Cuadro 4.6.	Efecto de la interacción de la edad de cosecha y el tipo de agua sobre el rendimiento (kg) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	53
Cuadro 4.7.	Matriz de correlación de la valoración química bromatológica del FVH.....	55
Cuadro 4.8.	Calidad nutricional del forraje hidrorganopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad .....	60
Cuadro 4.9.	Evaluación de la digestibilidad y energía del FVHM a los 8-10-12 días de edad y dieta base .....	63
Cuadro 4.10.	Contrastes ortogonales de grupos de tratamientos (FVHM) vs Testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandes. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	64
Cuadro 4.11.	Contraste ortogonal del FVHM con agua natural vs testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandes. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	64
Cuadro 4.12.	Contraste ortogonal del FVHM, agua con humus vs testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandes. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	65
Cuadro 4.13.	Matriz de correlación de la digestibilidad de los nutrientes del FVHM.....	66
Cuadro 4.14.	Efectos simples de la edad del FVHM (MS) sobre el consumo de alimento en el engorde de conejos Neozelandés. Quinta LA FASE, Mocache, 2011 .....	67
Cuadro 4.15.	Consumo de alimento (MS) g cada 14 días y total en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad bajo seis tratamientos .....	68

Cuadro 4.16.	Efecto simple de la edad del FVHM y el sexo sobre la variable ganancia de peso en el engorde de conejo Neozelandés. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....	69
Cuadro 4.17.	Ganancia de peso (g) cada 14 días en total en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad .....	70
Cuadro 4.18.	Efecto simple de la conversión para el FVHM .....	71
Cuadro 4.19.	Conversión alimenticia cada 14 días y total del FVHM a los 8-10-12 días de edad, bajo seis tratamientos .....	72
Cuadro 4.20.	Análisis de correlación simple entre los valores de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia cada 14 días y total .....	74
Cuadro 4.21.	Peso (g) y rendimiento a la canal (%) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad .....	75
Cuadro 4.22.	Análisis de ingreso, costos y rentabilidad (%) en el engorde de conejos Neozelandés, alimentados con FVHM .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
Figura 4.1.	Correlación de la edad de cosecha por la altura (cm) del forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....
	49
Figura 4.2.	Correlación de la edad de cosecha para rendimiento (kg) del forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....
	52
Figura 4.3.	Peso a la canal (g) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....
	76
Figura 4.4.	Rendimiento a la canal (%) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....
	76
Figura 4.5.	Análisis económico (USD) en el engorde de conejos Neozelandés, alimentados con FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011 .....
	78



## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXOS

- Anexo A. Forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM) utilizado para la alimentación de los conejos Neozelandés.
- Anexo B. Conejos en jaulas realizando la digestibilidad del Forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM).
- Anexo C. Heno del forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM) (a) y pesaje de heces de los conejos Neozelandés (b).
- Anexo D. Control del peso (a) y chequeo diario de los conejos Neozelandés (b).
- Anexo E. Suministro del forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM) (a) y sacrificio de los conejos Neozelandés (b).
- Anexo F. Conejos faenados.

## RESUMEN

Se condujo un estudio para determinar del valor nutritivo del forraje hidroorganopónico hecho con maíz (*Zea mays*) cosechado a diferentes edades en la alimentación de conejos neozelandeses (*Oryctolagus cuniculus*). El trabajo de investigación se realizó en la granja Quinta La Fase, localizada en el km 8 de la vía Quevedo - Mocache, cantón Mocache, provincia de los Ríos, Ecuador. La granja está geográficamente localizada a 1° 6'18" de Latitud Sur y 79°29'24" de Longitud Oeste, a una altura de 120 msnm. Se condujo un primer experimento para valorar la química bromatológica del forraje hidroorganopónico de maíz. Los tratamientos evaluados fueron T1 = forraje de maíz regado solo con agua cosechado a los 8 días, T2 = forraje + agua con humus a los 8 días, T3 = forraje + agua a los 10 días, T4 = forraje + agua con humus a los 10 días, T5 = forraje + agua a los 12 días y T6 = forraje + agua con humus a los 12 días. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 6 tratamientos con 3 repeticiones. El periodo experimental duró 12 días. Las variables estudiadas fueron altura de planta (AP), rendimiento de forraje (RF) y composición química (CQ). Los tratamientos T5 y T6 presentaron diferencias estadísticamente significativas en AP y RF y los tratamientos T3 y T4 en CQ. En el segundo experimento se utilizaron 21 animales machos adultos para la valoración nutritiva (digestibilidad in vivo) del forraje hidroorganopónico. Se utilizó un DCA en arreglo factorial de 7 tratamientos y 3 repeticiones. Se utilizó el heno producido del material vegetal obtenido por los tratamientos evaluados en el experimento anterior y solo se añadió un tratamiento con alimentación completa con balanceado (T7). Se determinó el efecto de los tratamientos a los 8, 10 y 12 días de iniciada la dieta mencionada. El periodo experimental duró 15 días (7 de adaptación y 8 de recolección de heces). Las variables evaluadas fueron materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), nutrientes digestibles totales (NDT), cenizas (C), fibra neutra detergente (FND), fibra ácida detergente (FAD), celulosa (Ce), hemicelulosa (Hce) y energía (En). Se observó que el heno obtenido de los tratamientos T3 y T4, evaluados en el animal a los 10 días de iniciada la dieta, fueron estadísticamente los más digestibles en todos los parámetros evaluados. En el tercer experimento se evaluó la respuesta biológica (engorde) de los animales utilizando 54 conejos de 40 días de edad (27 machos y 27 hembras). Se empleó un DCA con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron T1 = alimentación de machos con heno de maíz (HM) de 8 días cultivado con agua con humus (AH) + 65 g de balanceado (65 B), T2 = hembras con HM de 8 días con AH + 65 B, T3 = machos con HM de

10 días con AH 65B, T4 = hembras con HM de 10 días con AH + 65 B, T5 = machos con HM de 12 días con AH + 65B y T6 = hembras con HM de 12 días con AH + 65B. El experimento duró 56 días. Las variables evaluadas fueron consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (Cal), rendimiento a la canal (RC) y rentabilidad (R). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio y los animales alimentados con los tratamientos T5 y T6 lograron el mayor CA, GP y Cal y la mejor R fue obtenida con tratamiento T3.

**Palabras clave:** Conejos, forraje hidroorgánico de maíz, digestibilidad, engorde

### SUMMARY

This study evaluated the nutritional value of the hydro organic forage obtained from maize (*Zea mays*) harvest at different ages to feed neozelander rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). The experimental work was conducted at the Quinta La Fase farm located at Km 8, Quevedo-Mocache highway, Mocache Canton, Los Ríos Province, Ecuador. The farm is geographically located at 1°6'18" south and 79°29'24" west, at 120 meters above sea level. A first experiment was conducted to evaluate the bromatological chemistry of the hydro organic forage. Tested treatments were T1 = corn forage grown with water harvested 8 days after planting, T2 = forage + water with humus at 8 days, T3 = forage + water at 10 days, T4 = forage + water with humus at 10 days, T5 = forage + water at 12 days, and T6 = forage + water with humus at 12 days. A complete randomized design (CRD) in a factorial arrangement with 6 treatments and 3 replications was used. The experimental period lasted 12 days. Evaluated variables were plant height (PH), forage yield (GY), and chemical composition (CC). Treatments T5 and T6 were statistically different from the other treatments for PH and FY, and treatments T3 and T4 for CC. In the second experiment, 21 adult male rabbits were used to determine the nutrition value (in vivo digestibility) of the hydro organic forage. A CRD with 7 treatments and 3 replications was utilized. The hay produced from the plant material obtained with the treatments evaluated in the previous experiment was used in this experiment with the addition of a treatment consisting of a complete diet of commercial feed (T7). The effect of the treatments at 8, 10 and 12 days after the initial day of feeding with the described diets were evaluated. Evaluated variables were dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), etheral extract (EE), free nitrogen extract (FNE), total digestible nutrients (TDN), ashes (A), neutral fiber detergent (NFD), acid fiber detergent (AFD), cellulose (Ce), hemicellulose (HCE) and energy (E). It was observed that the hay

obtained with treatments T3 and T4, evaluated in the animal at 10 days after diet initiation, were statistically more digestible for all the evaluated parameters. In the third experiment the biological response (fattening) of the rabbits was evaluated using 54 rabbits 40 days of age (27 males and 27 females). A CRD with 6 treatments and 3 replications was used. Evaluated treatments were T1 = male animals fed with 8 days corn hay (CH) cultivated with water with humus (WH) + 65 g of commercial feed (65 CF), T2 = female fed with 8 CH with WH + 65 CF, T3 = male fed with 10 day CH with WH + 65 CF, T4 = female fed with 10 day CH with WH + 65 CF, T5 = male fed with 12 day CH with WH + 65 CF, and T6 = female fed with 12 day CH with WH + 65 CF. The experiment lasted 56 days. Evaluated variables were feed consumption (FC), weight gain (WG), feed conversion (FC), carcass yield (CY) and profitability (P). Significant differences among treatments were observed and the animals fed with treatments T5 and T6 obtained de highest FC WG and FC and the best R was obtained with treatment T3.

**Keywords:** Rabbits, hydro organic maize forage, digestibility, fattening.

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

La alimentación animal cada día sufre impactos económicos desfavorables, debido al alza perenne de los precios de los insumos y, para mantenerse en el negocio hay que ser eficiente, buscando siempre mantener la calidad del producto a precios competitivos.

Hoy en día hay que buscar alternativas alimenticias tradicionales y no tradicionales más baratas y, que se encuentren disponibles en todo momento para la alimentación animal, capaz de bajar precios en la explotación de monogástricos, ya que los alimentos balanceados son cada día más costosos.

Para la ganadería del litoral ecuatoriano los meses más críticos en la producción de forrajes son: Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, meses en los cuales la producción de carne y leche disminuyen considerablemente, repercutiendo en la economía del productor; ya que con una deficiente alimentación de los animales, esta va a repercutir directamente en la producción y reproducción.

Cada día los recursos forrajeros se van deteriorando y reduciendo en su extensión por el acelerado crecimiento de la población humana y la aplicación del monocultivo imperante en las zonas por parte de los productores agrícolas-ganaderos; lo que hacen que en las circunstancias actuales, es necesario y fundamental buscar nuevos sistemas de producción de forrajes de crecimiento rápido, gran cantidad de producción de biomasa, y excelente calidad para la utilización de las especies domésticas, sin afectar el medio ambiente.

#### 1.2. Formulación del problema

Para resolver en parte la problemática alimenticia de la especie cunícula, se debería recurrir a la aplicación de la hidroponía en la producción de forraje verde, que no es

más que un pasto fresco obtenido a partir de cereales germinados en el lapso de un tiempo corto (8 a 12 días) y, con la marcada economía para el ganadero, ya que estos se pueden obtener de la propia cosecha del productor dándole un valor agregado (Pardo, 2007).

La hidroponía es el sistema de cultivo de plantas sin tierra, esta forma se conoce desde hace más de 300 años (Moyano, 1994).

Hidroponía es un término que tiene raíces griegas: Hidro = agua y Ponos = trabajo; y sencillamente significa el trabajo en agua. Este término fue acuñado en 1930 por el profesor William Gericke de la Universidad de California (Rodríguez, 2000).

### **1.3. Sistematización del problema o interrogantes**

Durante años la hidroponía ha sido utilizada para la investigación científica. Hoy en día la hidroponía es el método más importante de producción hortícola; generalmente es de alta tecnología y de fuerte capital y viene siendo aplicada exitosamente con fines comerciales en países desarrollados (Rodríguez, 2000).

En este contexto, para que dicho forraje sea eficientemente utilizado por el animal debemos de conocer su composición química, digestibilidad, energía digestible, proteína digestible, nutrientes digestibles totales (NDT) y producción forrajera a determinada edad, permitiendo con esto contar con datos reales de nuestros insumos en la alimentación animal. El maíz es un cereal básico en la alimentación de monogástricos, tanto su grano como el follaje, por eso la necesidad de comparar y obtener a diferentes días de cosecha (8-10-12 días) la mejor respuesta nutritiva y digestiva en conejos Neozelandés.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el valor nutritivo y digestibilidad del forraje hidrorganopónico de maíz a diferentes edades de cosecha (8-10-12 días) en conejos Neozelandés.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la composición bromatológica del forraje hidrorganopónico de maíz a los 8 - 10 - 12 días de edad.
- Evaluar la digestibilidad de nutrientes del forraje hidrorganopónico de maíz a los 8 - 10 - 12 días de edad.
- Estudiar el comportamiento productivo de los conejos Neozelandés alimentados con forraje hidrorganopónico de maíz a los 8 - 10 - 12 días de edad.
- Determinar la relación B/C de los tratamientos.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

La producción cunícula a nivel de la región costa va en crecimiento lento, debido a que su alimentación es bastante onerosa y no puede competir con las otras carnes de especies domésticas, por ser un animal de menor eficiencia alimenticia y que al ser alimentados solamente con balanceado, su precio para la venta se vuelve prohibitivo para las clases populares, razón por la cual hay que buscar sistemas alimenticios forrajeros, que permitan sustituir en parte el balanceado y así abaratar costos de producción; entre los cuales se tiene al forraje hidrorganopónico de maíz, que es una tecnología barata, fácil de aplicación y que produce forraje de alta digestibilidad y excelente concentración de nutrientes, por lo cual con el estudio de estos forrajes sobre su composición química, digestibilidad y engorde en conejos Neozelandés permitirá obtener datos previos de esta gramínea en la alimentación de conejos.

#### **1.6. Alcance de la investigación**

La aplicación de la tecnología del forraje hidrorganopónico de maíz permitirá ser utilizado por los cunicultores pequeños y medianos y así obtener carne barata y nutritiva para su alimentación y venta, lo que permitirá que la carne de conejo sea considerada a nivel de la región costa como una alternativa para paliar la escases de proteína animal existente a nivel local, nacional y mundial, ya que presenta ventajas técnicas, económicas, disminución de espacio y labores culturales.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCOS DE REFERENCIA

#### 2.1. Marco de referencia ó antecedentes de la investigación

Los avances en nutrición y alimentación animal cada día alcanzan nuevos logros, permitiendo que las especies domesticas se vuelvan más productivas. Es innegable que para que se dé esto se tiene que realizar la valoración de los alimentos, que comprende el estudio de la composición química, palatabilidad y digestibilidad de todos los parámetros concernientes a la evaluación de los alimentos.

Nuestro país por estar situado en la zona tropical, los pastos poseen cierta limitante energético – proteica, lo que permite un desbalance de las mismas, por lo cual se debe de buscar alternativas de alimentación más que todo en la época seca del litoral ecuatoriano, desde los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre donde la calidad y cantidad de los forrajes baja ostensiblemente.

Considerando lo manifestado anteriormente, se puede recurrir a implementar el sistema de producción de forraje en poco espacio, con rápido crecimiento, muy nutritivo y digestible, gran cantidad de biomasa, bajo costo y producido en toda época, como lo es el forraje hidrorganopónico de maíz; el mismo que puede reemplazar hasta el 60% del balanceado y, que el productor no dependa de éste en el 100% para la alimentación de los monogástricos como lo es el conejo.

El forraje hidrorganopónico de maíz se lo puede obtener de las propias cosechas del agricultor, así como el humus de lombriz para fertilizar a las plantas y así obtener un forraje limpio e inocuo para los conejos sin afectar la salud humana y el medio ambiente.



## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. El maíz (*Zea mays*)

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y de gran capacidad productiva, adaptada a las más diversas condiciones de clima y suelo. Constituye después del trigo y el arroz, el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y animal (Océano-Centrum, 1995).

#### 2.2.1.1. Tipo de aprovechamiento

Sus granos constituyen un alimento energético típico, debido a que son ricos en carbohidratos, principalmente almidón. También se emplea como forraje en la elaboración de ensilados.

La proteína del maíz es deficitaria en los aminoácidos esenciales, como lisina, y triptófano, necesarios para el crecimiento de los animales (Océano-Centrum, 1995).

En el **Cuadro 2.1** se presenta la composición química del grano de maíz.

**Cuadro 2.1. Composición media del grano de maíz y de sus principales fracciones (%) sobre el peso seco (Océano-Centrum, 1995).**

Fracción	Almidón	Proteínas	Grasas	Azúcar	Ceniza	Otros
Grano completo	71	10	4,5	1,7	1,4	11,4
Endospermo (82,6)	88	8	0,5	0,6	0,3	97,7
Embrión (11,1)	8	18	3,5	10,5	10,6	80,6

El maíz es un cereal que produce mayor cantidad de nutrimentos digestibles por unidad de superficie que cualquier otro cultivo; además de ser muy digestible y de muy buen sabor, por lo que lo aceptan todos los animales domésticos. El maíz posee la proteína Zeína que se encuentra en el endospermo, esta proteína carece de lisina y triptófano y posee un bajo nivel de niacina. Posee alta fuente de energía, vitamina E y bajo contenido de vitamina B así como de calcio (Church y Pond, 1996).

## 2.2.2. Conejo Neozelandés

Es el conejo más explotado en el mundo, posee unas cualidades cárnicas excelentes, su grupa es redondeada. Es un animal muy precoz y prolífico, de amplias espaldas, cabeza grande, orejas medianas con puntas redondeadas; ojos de color rosado, papada ligera en hembras, cola derecha y fuerte; peso 4,5 kg en machos y 5,4 en hembras adultas, pelo muy denso de color blanco y brillante (Ruiz, 1983).

### 2.2.2.1. Aparato digestivo

El estómago del conejo no se encuentra jamás vacío; porque este herbívoro ingiere continuamente cantidades pequeños de alimentos, pues su estómago carece de músculos, con excepción de los del píloro. La comida ingerida empuja hacia el píloro a los jugos gástricos y en la zona pilórica las fuerzas musculares impulsan los alimentos parcialmente digeridos hacia el duodeno.

Cuando no hay los alimentos que empujen a los ingeridos con anterioridad se puede presentar trastornos digestivos, por eso es recomendable situar forrajes a las 8h00 y a las 18h00 en abundancia (*ad libitum*).

El aparato digestivo está formado por:

- a. La boca: Tiene unos incisivos largos y muy afilados que crecen continuamente durante toda la vida del animal, por lo que requiere alimentos duros o fibrosos para desgastarlos. Con los incisivos corta los alimentos en trozos pequeños que luego son triturados por los molares.
- b. El esófago: Es el tubo que conduce el alimento desde la boca hasta el estómago.
- c. El estómago: Su forma recuerda el estómago humano. Allí se mezclan los alimentos y los jugos gástricos y empieza la digestión. Tiene una musculatura muy débil y se presenta:
  - Dificultad en el paso de los alimentos del estómago a los intestinos.

- Ausencia de vomito.
  - Predisposición a sufrir indigestiones.
- d. El píloro: Es la válvula que regula el paso de los alimentos del estómago al intestino delgado.
- e. El intestino delgado: Es un tubo delgado que se divide en 3 partes: duodeno, yeyuno e íleon. Su función es complementar la digestión iniciada en el estómago y absorber nutrientes.
- f. El ciego: Tiene un volumen proporcionalmente mayor que el del resto de los animales domésticos. En él se somete al alimento a un proceso de digestión bacteriano con producción de vitaminas y aminoácidos; también se digiere gran cantidad de fibra cruda, que de otra manera pasaría por el intestino sin ser digerida.
- g. El apéndice cecal: Es la terminación del ciego, sin ninguna función conocida.
- h. El intestino grueso: Es un tubo de calibre mayor que el intestino delgado. Su función principal es la reabsorción del agua y, en menor grado, la adsorción de los nutrientes.
- i. El ano: Es la válvula que regula la salida de los excrementos (Jiménez, 1992).

#### **2.2.2.2. Metabolismo del ciego**

En términos de masa y capacidad, el ciego abarca aproximadamente el 40% del tracto gastrointestinal. Es el mayor sitio de fermentación y degradación de los componentes fibrosos de la dieta a través de la fermentación anaeróbica. Presenta ciertas particularidades tales como la secreción del apéndice cecal y una alta movilidad circadiana de llenado y vaciado asociada con el mecanismo de la cecotrófia (Lebas *et al.*, 1996; Gidenne, 1997). Aunque existe cierta similitud con el retículo-rumen de rumiantes, la población bacteriana en el contenido cecal es menor,

dominan los bacilos no esporulados gram negativo y bajo condiciones normales de alimentación, prácticamente no se detectan lactobacilos. Tampoco se ha demostrado la existencia de protozoos, probablemente debido a la falta de sustratos adecuados (almidón y azúcares solubles) para su establecimiento. La actividad enzimática de la flora bacteriana presente en el ciego es principalmente pectinolítica, seguida por enzimas del tipo hemicelulolíticas y celulolíticas. Las enzimas del tipo xilanolíticas, proteolíticas y aminolíticas se encuentran en menor cantidad (Gidenne, 1997).

Comparada con la actividad enzimática de los microorganismos ruminales, la actividad fibrolítica de las bacterias del ciego de los conejos es más baja, pero la actividad proteolítica y aminolítica es más alta. Sin embargo, en términos de magnitud, esta capacidad es notablemente inferior a la de los rumiantes e incluso a la de otros herbívoros que presentan fermentación cecal, como el caballo. Estas diferencias se atribuyen al corto tiempo de permanencia de la digesta en el ciego y a los movimientos específicos del íleon distal y colon proximal que impiden la entrada de las partículas fibrosas de mayor tamaño al ciego (De Blas y Wiseman, 1998).

La formación de ácidos grasos volátiles (AGV), como resultado de la actividad fermentativa, contribuye a satisfacer las necesidades energéticas del animal, en una proporción variable según la cantidad y tipo de fibra que contiene la dieta. Algunas estimaciones indican que los AGV producidos pueden ser del orden del 30% del metabolismo basal (Gidenne, 1997). Todos los AGV pueden ser metabolizados en la mucosa intestinal y el ácido butírico parece ser el que suministra energía de manera preferente a las células de la mucosa del ciego y colon. Una mayor producción de AGV favorece el crecimiento de la mucosa, ejerciendo cierta protección contra la adhesión de microorganismos patógenos, y por tanto previendo la incidencia de diarreas (Carabaño *et al.*, 1988).

Las proporciones relativas de los distintos AGV en el contenido cecal son de 60-80% de acético, 8-20% de butírico y 3-10% de propiónico y este patrón es específico para la flora del ciego independientemente de la composición del sustrato fermentado (Gidenne, 1997). La elevada proporción de butírico parece tener un papel regulador

de la velocidad de paso, inhibiendo los movimientos peristálticos del intestino y aumentando el tiempo de retención de la digesta en el tracto posterior. La presencia de digesta por tiempos prolongados puede dar lugar a fermentaciones indeseables y a alteraciones digestivas, razón por la cual no se recomienda suministrar dietas con una baja relación fibra/almidón (Gidenne, 1993; Jehl y Gidenne, 1996).

### **2.2.2.3. Mecanismo de la cecotrófia**

Los conejos producen dos tipos de heces: heces blandas y heces duras. Las primeras son consumidas por el animal directamente desde el ano y las segundas son realmente el producto de excreción. La fuente común de ambos tipos de heces es el material cecal pero la diferencia en composición química entre ambas refleja la existencia de un mecanismo específico para producir las heces blandas. Las heces blandas tienen un mayor contenido de humedad, nitrógeno total, minerales, vitaminas, AGV y un menor contenido de fibra bruta (Riquelme, 2004).

El colon proximal de los conejos presenta una función dual en lo referente a la formación de las heces blandas y duras. El proceso involucra movimientos peristálticos y retroperistálticos que permiten hacer una separación de la digesta por densidad y tamaño de partícula y, selectivamente, hacer pasar el material fibroso de mayor tamaño hacia el colon distal donde (después de un complejo proceso de absorción y secreción) se forman las heces duras. El material menos fibroso y más denso es canalizado hacia el ciego, sirve de sustrato para la fermentación microbiana a la vez que provee el material para el próximo período cecotrófico. El mecanismo general de movimientos peristálticos y retroperistálticos se conoce como reflujo íleo-cólico-cecal (Gidenne, 1997).

Cuando el colon cambia el patrón de ondas de contracción y se detiene el reflujo cólico-cecal, parte del contenido del ciego sale hacia el colon, se va recubriendo o encapsulando por las secreciones de la pared del colon proximal y avanza gradualmente hacia el recto. Este material encapsulado adquiere una forma

elongada y comúnmente se denominan heces blandas o heces nocturnas, aunque el nombre más apropiado es cecótrofo (Ehrlein *et al.*, 1983).

La cantidad de cecótrofos producida varía entre animales individuales y se afecta por la edad, la cantidad y composición del alimento consumido y las posibles alteraciones de los movimientos peristálticos y retroperistálticos del colon. Se ha estimado que la ingestión de cecótrofos representa de un 5 a un 20% de la materia seca total ingerida (Riquelme, 2004).

A medida que aumenta el contenido de fibra bruta en la dieta se observa un aumento en el contenido de fibra en las heces duras con poco efecto sobre el contenido de fibra en los cecótrofos. Estos resultados evidencian la capacidad de los conejos para separar el material más digerible presente en la digesta que alcanza el colon proximal del resto de los componentes, aun cuando la proporción de material indigestible en la dieta consumida sea muy elevado (De Blas y Wiseman, 1998).

También se ha observado una disminución en la cantidad de nitrógeno, tanto en las heces blandas como en las heces duras, cuando los animales reciben dietas con un bajo contenido de proteína bruta. Esta disminución en la excreción de nitrógeno fecal indica que la eficiencia de la separación del material más digerible del menos digerible es mayor, probablemente en un intento del organismo de aprovechar mejor la menor cantidad de proteína de la dieta (De Blas y Wiseman, 1998).

Los cecótrofos son tomados directamente desde el ano e ingeridos sin masticar. Al final de la mañana es posible observar la presencia de una gran cantidad de este material encapsulado en el estómago (hasta un 75% del contenido total) sin que se disgreguen de inmediato, ya que permanecen intactos en la región fúndica del estómago durante un periodo de 6 a 8 horas (Griffiths y Davies, 1963; citados por Hörnicke 1981). Durante este período los cecótrofos resisten las acciones mecánicas y químicas del estómago gracias a su envoltura mucoide que los protege.

En el interior del estómago actúan como pequeños fermentadores y producen amilasas que se difunden hacia el lumen estomacal y, junto con la amilasa de la

saliva y del alimento, inician la degradación del almidón a maltosa y glucosa. La acción microbiana sobre estos productos genera AGV que se difunden a través del contenido estomacal y del intestino delgado, siendo estas fuentes energéticas más utilizadas que la glucosa (Hörnigke, 1981).

La proteína contenida en los cecótopos aporta del 15 al 30% del nitrógeno total ingerido. Una fracción considerable (70 a 80%) de este nitrógeno se encuentra en forma de proteína microbiana, otra (20%) como nitrógeno no proteínico, y el nitrógeno contenido en la capa mucoide que los envuelve (8%) que procede probablemente del nitrógeno indigestible del alimento y del nitrógeno endógeno del metabolismo. La proteína reingerida se caracteriza por una alta digestibilidad y un elevado contenido de aminoácidos indispensables. Se ha demostrado que los conejos adultos pueden mantener un balance positivo de nitrógeno cuando se alimentan con una proteína de baja calidad; pero si a los conejos se les impide practicar la cecotrofia, el balance de nitrógeno con la misma dieta se torna negativo (De Blas y Wiseman, 1998).

Según De Blas y Wiseman (1998), el aporte de aminoácidos a través de las heces blandas oscila entre el 13 y el 23% del total y dicho aporte se distingue por un buen contenido de lisina, metionina, tirosina, treonina y triptófano. Para conejos de 8 semanas, este aporte no sobrepasa el 16% del requerimiento de cada aminoácido y puede ser menor para algunos de ellos (como es el caso de isoleucina, aminoácidos azufrados, arginina e histidina). La cecotrofia permite a los conejos adultos mantenerse con proteína de baja calidad; pero el aporte de aminoácidos es insuficiente para animales con alto desempeño productivo los cuales dependen del contenido de aminoácidos de los ingredientes de la dieta, al igual que otros animales no rumiantes

Para que ocurra la cecotrofia se requiere que el alimento contenga fracciones toscas (fibra). Si la dieta proporcionada tiene un bajo contenido de partículas toscas o contiene cantidades elevadas de componentes digeribles finamente molidos, una gran parte de la digesta es canalizada hacia el ciego, lo que puede propiciar el

desarrollo de bacterias no deseables (como Clostridium), particularmente durante el periodo post-destete (Gidenne, 1997).

Con la práctica de la cecotrófia se permite recircular parte del alimento consumido por una, dos y hasta cuatro veces, dependiendo del tipo de alimento proporcionado. El proceso digestivo completo puede durar de 18 a 20 horas de tal forma que se permite la recirculación de una cantidad significativa de proteína microbiana, la reutilización de parte de sus propias secreciones endógenas (como proteasas, ácidos biliares y enzimas microbianas) y el aprovechamiento de la vitamina K y de vitaminas del complejo B sintetizadas por los microorganismos del ciego (Riquelme, 2004).

La regulación de la cecotrófia es controlada por la integridad de la flora microbiana y por el consumo voluntario. Experimentos han demostrado que la cecotrófia se inicia de 8 a 12 horas después de la última ración o después del último pico de ingestión cuando se suministra ad libitum y, en último caso, por los regímenes de luz a los cuales están sujetos los animales (Hörnicker, 1981).

La cecotrófia también depende de procesos de regulación interna que aún no están muy claros; cuando se remueven las glándulas adrenales, el proceso se detiene y el suministro de cortisona reanuda su práctica normal. El comportamiento digestivo normal parece dependiente de altas secreciones de adrenalina. Hipersecreciones asociadas con estrés bajan la actividad digestiva y causan daños digestivos (Riquelme, 2004).

#### **2.2.2.4. Proceso digestivo**

Las distintas etapas del proceso digestivo del conejo se describen a continuación:

- El alimento consumido se digiere parcialmente en el estómago y pasa por el intestino delgado.



- El alimento llega al ciego donde permanece 12 horas más o menos, las bacterias del ciego digieren este alimento y producen vitaminas y aminoácidos. Se digiere también la mayoría de la fibra cruda que no puede ser digerida en otra parte del aparato digestivo. En el ciego la masa alimentaria es transformada en bolitas húmedas y blandas. Mientras esto sucede, el nuevo alimento es consumido y se inicia su digestión en el estómago.
- El alimento que ha complementado su digestión bacteriana en el ciego pasa rápidamente a través del intestino grueso y es tomado directamente del ano por la boca del animal, iniciando su segundo ciclo digestivo. Mientras tanto, el nuevo alimento ha completado su digestión estomacal y pasa a través del intestino delgado.
- El nuevo alimento llega al ciego e inicia su digestión bacteriana. El alimento que ha sido reingerido, se somete a una nueva digestión estomacal.
- Después de su segunda digestión, la masa alimentaria pasa por el intestino delgado donde son absorbidos más nutrientes. Luego cruza sin entrar al ciego y pasa lentamente por el intestino grueso para transformarse en las bolitas secas que son excretadas.
- El nuevo alimento es ingerido por el conejo y se repite el ciclo (Jiménez, 1992).

#### **2.2.2.5. Requerimiento nutritivo del conejo**

En el **Cuadro 2.2** se presentan los requerimientos nutritivos del conejo.

**Cuadro 2.2. Requerimiento nutritivo del conejo (Ruiz, 1993).**

<b>Componentes</b>	<b>Dosis</b>	<b>Jóvenes 4-12 semanas</b>
PROTEÍNA BRUTA:	%	15
AMINOÁCIDOS:		
Azufrados	%	0,50
Lisina	%	0,60
Arginina	%	0,90
Treonina	%	0,55
Triptófano	%	0,18
Histidina	%	0,35
Doleucina	%	0,60
Kenilalanina + tirosina	%	1,20
Valina	%	0,70
Leucina	%	1,05
FIBRA BRUTA	%	14
Fibra Bruta Digestible	%	12
ENERGÍA		
Digestible	Kcal / 1 g	2 500
Metabolizable	Kcal / 1 g	2 400
Grasa	%	3
MINERALES		
Calcio	%	0,50
Fósforo	%	0,30
Potasio	%	0,80
Sodio	%	0,40
Cloro	%	0,40

### **2.2.2.6. Digestión**

La digestión es el conjunto de procesos mecánicos, químicos y microbiológicos que se desarrollan en el sistema digestivo con la finalidad de reducir en talla física y química los alimentos para convertirlos en partículas pequeñas absorbibles y asimilables por el organismo, que se conoce como principios nutritivos o nutrientes que, el organismo utiliza para asegurar el trabajo y mantenimiento de la vida celular y su reproducción cuando le son administrados por vía parenteral (Álvarez, 2007).

#### ***Digestión y absorción***

La digestión es la preparación de los alimentos para la absorción, incluyendo estos varios procesos que permiten el paso de pequeñas moléculas a través de las membranas del tubo gastrointestinal a los sistemas sanguíneos o linfáticos (Church y Pond, 1996).

#### ***Función de los jugos digestivos en el proceso digestivo***

Los jugos digestivos desempeñan un papel muy importante en los procesos digestivos. En las especies monogástricas y aviares, los jugos digestivos atacan los alimentos antes de que estos se sometan a la acción microbiana que se efectúa en el ciego y en el intestino grueso (Church y Pond, 1996).

#### ***Digestión y absorción de la proteína y fibra bruta***

Maynard (1980), manifiesta que la digestión proteica empieza en el estómago con una desnaturalización significativa de las proteínas que realiza el HCL, luego vendrá la digestión péptica que es más activa a un pH bajo. Este proceso da como resultado la producción de péptidos grande y relativamente pocos aminoácidos. El contenido estomacal pasa seguidamente al duodeno en cuyo lugar es atacado por una serie de enzimas producidas en el páncreas, lo que produce una cantidad sustancial de aminoácidos libres (más del 60% del contenido proteico) y oligopéptidos. La absorción de oligopéptidos es en forma directa por parte de la mucosa intestinal donde son hidrolizados por la acción de las peptidasas en

aminoácidos. La absorción de aminoácidos en los dos tercios proximales del intestino delgado, se da en forma activa y directa, pero no es uniforme, conjuntamente implica además la absorción del sodio.

En primera instancia se describirá la digestión y absorción de los carbohidratos no estructurales o simples, la digestión de estos azúcares se da por la actividad enzimática, es así que la amilasa secretada por las glándulas salivales y páncreas hidrolizando la amilasa a maltosa y maltotriosa, la amilopeptina produce  $\alpha$  dextrina, límites que están integrados por 8 a 20 moléculas de glucosa: la enzima maltosa y  $\alpha$  dextrinasa secretadas por la mucosa intestinal.

Las primeras hidrolizan la maltosa y la maltotriosa en glucosa, en tanto que la segunda hidroliza a las  $\alpha$  dextrinasas límite en glucosa y maltosa; la mucosa intestinal también secreta lactosa y sacarosa dando como producto galactosa, glucosa y fructosa.

La absorción de la galactosa, glucosa y fructosa se da bajo un proceso activo, luego de ser absorbidos se metabolizan en tres formas principales: Como una fuente inmediata de energía; como un precursor de glucógeno hepático y muscular; como precursor de triglicérido tisulares.

### ***Digestión de los lípidos***

Church y Pond (1996), expone que los lípidos que llegan al rumen van a ser hidrolizados e hidrogenados en su mayoría, significando esto que los triacilgliceroles son, esterificados inicialmente y los ácidos grasos no saturados serán hidrogenados. La capacidad de los microorganismos ruminales para digerir lípidos es muy limitada, si el contenido de lípidos aumenta en la dieta por arriba de los 100 g/kg de MS, la actividad de los microorganismos disminuye, la fermentación disminuye y por consecuencia el consumo se verá abatido.

### **2.2.3. Digestibilidad**

Según Maynard (1968), el análisis químico es el punto de partida para determinar el valor nutritivo de los alimentos, pero el valor efectivo de las sustancias ingeridas depende del provecho que de ellos pueda obtener el cuerpo del animal. A este respecto la primera consideración es la digestibilidad, pues las sustancias no digeridas no pueden ser asimiladas por el organismo.

Crampton y Harris (1974), expresan que el término digestibilidad es para indicar que los nutrientes o sustancias afines son adsorbidos del tracto digestivo una vez atacados por algún encima digestivo o desintegrados por la microflora; por lo tanto digestión, implica digestión y absorción.

#### **2.2.3.1. Determinación de la digestibilidad**

Maynard (1968), manifiesta que una prueba de digestión requiere registro de las sustancias consumidas y de las cantidades que se excretan en las heces. Es importante que las heces recogidas representen cuantitativamente los residuos no digeridos de la cantidad de alimento ingerido, previamente medida.

En los animales herbívoros, se suministra la ración en cantidades diarias iguales durante un extenso periodo. Primeramente, se dejan pasar unos cuantos días como periodo preliminar para eliminar el aparato digestivo toda materia indigerible que proceda de los productos ingeridos antes de comenzar la administración de cantidades iguales en la dieta que se ensaya. Luego se empieza la recogida de materiales fecales y continúa durante todo el periodo experimental.

#### **2.2.3.2. Factores que afectan la digestibilidad**

La fracción de la fibra bruta del alimento influye muy marcadamente en su digestibilidad, ya sea por su cantidad como por su composición química. La celulosa pura es rápidamente digerida por los poligástricos e inclusive por algunos monogástricos, pero si la celulosa va acompañada de lignina, la digestibilidad de la fracción de fibra bruta disminuye.

Cuando en los pastos aumenta la fibra bruta por su maduración, la lignificación de las paredes celulares permite una menor digestibilidad de la fibra bruta como consecuencia de una menor digestibilidad de otros constituyentes que quedan encerrados en el interior de la célula, cuyas paredes no atacadas impiden el acceso de las enzimas digestivas.

### 2.2.3.3. Prueba de la digestibilidad

**Método convencional:** Las pruebas de digestibilidad se utilizan para determinar la proporción de nutrientes que se encuentran en un alimento o dieta y que pueden absorberse en el aparato digestivo. Los animales se alimentan con una dieta de composición conocida durante un periodo de varios días, durante los cuales se recolectan las heces y se analizan (en una fecha posterior) para detectar a los componentes en estudio. Se recomienda mantener un suministro de alimento diario constante para disminuir las variaciones que se pueden presentar de día a día en la excreción fecal. El tiempo que se necesita para que los residuos de los alimentos pasen a lo largo de todo el aparato digestivo es de 1 a 2 días o menos para la mayoría de las especies monogástricos y un poco más largo para los rumiantes. Por consiguiente, se necesita un periodo preliminar de 4 a 10 días para limpiar el aparato digestivo de los residuos del alimento ingerido antes de iniciar la prueba y para permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después del periodo preliminar de adaptación viene un periodo de recolección según Church y Pond (1996) que dura de 4 a 10 días, la digestibilidad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Consumo de nutriente} - (\text{nutriente en las heces})}{\text{Consumo del nutriente}} \times 100$$

#### **2.2.3.4. Sistema calórico**

- Energía digestible (ED) = Energía del alimento menos la energía total de la heces.
- Energía metabolizable (EM) = ED menos la energía total de la orina (y la energía del metano en los rumiantes).
- Energía neta (EN) = EM menos el incremento total de calor.

En otras palabras, los valores ED, EM, y EN de un alimento se obtienen convencionalmente por diferencia.

Este método supone que toda la energía presente en las heces y en la orina es de origen alimenticio y es un desecho. Ninguno de estos supuestos es válido. Una parte del material orgánico de las heces tiene un origen endógeno y está constituida por mucosa intestinal, enzimas “consumidos” y microflora; y la orina presenta, además de productos procedentes del metabolismo incompleto de los alimentos ingeridos, un mínimo irreductible de urea y creatinina, que son productos finales obligatorios del metabolismo del ayuno (Cramptón y Harris, 1974).

#### **2.2.3.5. Extracto libre de nitrógeno (ELN)**

El ELN consta principalmente de carbohidratos digeribles como azúcares y almidones aunque puede contener algo de azúcar que constituye la hemicelulosa y lignina especialmente en alimentos como los forrajes. Mediante el análisis analítico se logra determinar el porcentaje del agua, extracto etéreo, proteína bruta, fibra bruta y cenizas, todo restado de 100 nos da el porcentaje de extracto libre de nitrógeno la que corresponde al ELN, puede tener errores, por cuanto, no establece la determinación individual de los carbohidratos solubles (Church y Pond, 1996).

### **2.2.3.6. Forraje hidropónico**

Es el cultivo de grano de cereales en bandeja colgadas en estantes para la producción ininterrumpida durante los 365 días del año, de forraje fresco para la alimentación de animales como vaca, caballos, cerdos, cabras, conejos.

Los granos son sometidos a un proceso de germinación, el cual se logra sumergiéndolos en agua durante 24 horas antes de colocarlos en las bandejas de cultivos donde permanecerán por espacio de 10 a 12 días aproximadamente, momento en el cual se cosecha un tapete conformado por raíces, semillas y follajes con una altura aproximadamente de 20 cm y un contenido proteico de 18 a 20% y un alto contenido de minerales y proteínas (Pardo, 2007).

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales como la cebada, trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un periodo de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

El forraje verde hidropónico se produce en bandejas de plásticos, colocados en estantes de fierro, en cada vendeja se coloca un 1 kg de semilla de cebada (también se puede trabajar con avena, trigo y maíz) al cabo de 10 a 12 días cada kg de semillas se habrá convertido en una masa forrajera de 6 a 8 kg, consumible en su totalidad (raíces, tallos, hojas y restos de semillas) lo que constituye una completa formula de proteína, energía, vitaminas y minerales (Tarrillo, s/f).

El contenido de Nitrógeno en los materiales Hidropónico es mayor a edades tempranas (10 días), esto es debido a que las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en Nitrógeno (Muller *et al.*, 2005).

Se puede esperar que a partir de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 Kg consumible en su totalidad (Tarrillo, 2007).



Hoy en día, la técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios climáticos, la erosión del suelo, la falta de agua y su contaminación son algunos de los factores que influyen la búsqueda de nuevos mercados alternos de producción (FAO, 2002).

Nava *et al.* (2005) valoraron 9 proporciones de FVH – alimento balanceado (AB) y ambos por separado como dietas para alimentación de conejos machos criollos. El FVH se produjo con semillas de trigo, puestas en charolas y llevadas al invernadero, al inicio se regaron con agua corriente luego con solución nutritiva por 14 días. Se utilizó diseño completamente al azar con 11 tratamientos, proporciones FVH –AB, FVH y AB por separado con 3 repeticiones. El experimento duró siete semanas, registrándose el peso de los conejos por semana, concluyendo que a partir de la proporción 60% de FVH + 40% AB puede ser utilizado en la alimentación de conejos criollos con resultados de ganancia de peso similares a los obtenidos cuando se utiliza el 100% AB.

Sánchez (2010) efectuó una investigación con forraje hidropónico de maíz en el engorde de conejos Nueva Zelanda, para lo cual se utilizaron 32 conejos de 45 días de edad, con una duración de 56 días de investigación. Los resultados se detallan en el **Cuadro 2.3**.

**Cuadro 2.3. Consumo de forraje (g), consumo de alimento (g), peso inicial (g), peso vivo (g), ganancia de peso (g), conversión alimenticia y rendimiento a la canal (%), en el engorde de conejos Nueva Zelanda, bajo el efecto del consumo del forraje verde hidropónico de maíz (Sánchez, 2010).**

Trata.	Consumo de forraje	Consumo alimento	Peso inicial	Peso vivo	Ganancia de peso	Conversión alimenticia	Rend. canal	Relación B/C
T0	1615,35 a	4040,85 a	987,50	1775,00	787,50	5,13	50,13 bc	0,48
T1	479,21 c	2943,21 c	906,25	1650,00	743,75	3,96	48,94 c	0,27
T2	791,86 b	3255,86 b	1000,00	1909,50	909,50	3,58	53,74 ab	0,69
T3	780,72 b	3217,22 b	965,75	1875,00	909,50	3,54	55,65 a	0,64

FAO (2001) menciona que suministrando FHM a conejos en engorde se llegó al mismo peso de faenamiento promedio de 2,3 kg de PV, a los 72 días de vida, con los animales alimentados solo a ración como con aquellos que se les suministro 20% de ración + 80% de FVH, además de disminuir los costos de alimentación en un índice cercano al 50%.

Amorim *et al.* (2000) evaluaron la composición química de la parte aérea de la planta de maíz, producida por el sistema de hidroponía, utilizando dos densidades de plantación (1 o 2 kg/m<sup>2</sup>) y 4 sustratos como medio de cultivo: bagazo de caña, bagazo de caña hidrolizado, heno de gramínea y cama de pollo. Se cosechó a los 28 días de edad la planta; se determinaron materia seca, proteína bruta, extracto etéreo, materia mineral, materia orgánica, fibras detergente neutro y ácido, Hemicelulosa, celulosa y lignina. Para la densidad de plantío de 1 kg/m<sup>2</sup>. Se evaluó también la degradabilidad *in situ* de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutra (FDN). La densidad de plantío afectó al contenido de MM y MO, y las plantas cultivadas en heno de gramínea y en cama de pollo presentaron un mayor PB. El

comportamiento de la degradación fue similar entre las plantas con los diferentes sustratos, presentando elevada disponibilidad de nutrientes para los animales y por tanto óptimo potencial en la alimentación de rumiantes.

Se puede alimentar a vacunos, caprinos, porcinos, equinos, avestruces y conejo con el forraje verde hidropónico (Bautista *et al.*, 2002).

La hidroponía se define como el cultivo sin suelo sobre sustratos inertes, con el uso de soluciones nutritivas que abastecen los requerimientos nutricionales de las plantas (Resh, 2001).

Entre los factores alimenticios la luz es un elemento básico para el crecimiento de las plantas, ya que promueve la síntesis de compuestos nutricionales como las vitaminas, las cuales son de vital importancia en la nutrición animal (Urias, 1997).

Se menciona que el FVH contiene una cantidad de enzimas que la hacen doblemente aprovechable, ya que evita un trabajo en el tracto digestivo del animal, además de estimular el sistema endócrino y aumentar la actividad metabólica (Sagi, 1976).

La producción de conejos ofrece la oportunidad de entrar en la producción animal comercial, disponiendo de escasos recursos financieros y poco terreno (Soca, 1994).

Los conejos se pueden mantener en jaulas con producciones de hasta 8 gazapos en engorde (Roca, 1993).

El sistema de producción de FVH, presenta grandes alternativas, para la producción animal, debido al gran rendimiento y bajo costo que representa su producción (Altusar, 1991).

López *et al.* (2009) manifiesta que el forraje verde hidropónico representa una alternativa importante para afrontar las dificultades de Alimentación en rumiantes en zonas áridas y semiáridas.

Henríquez (2000) indica que la eficiencia en la producción de FVH depende de factores tales como la densidad de siembra tipo de semilla y días de cosecha. La producción cunícola basada en la utilización de FVH, es más económica que cuando se usa solamente alimento balanceado (Reynoso, 1994).

Rodríguez (2000) menciona que dependiendo de la especie forrajera es posible obtener materiales que varían entre 12x18% MS.

Taiz y Zerge (2004) indican que el nitrógeno de las hojas es removido por las partes jóvenes, la fracción de biomasa activa disminuye lo que acentúa la dilución del nitrógeno en la planta. Una de las plantas más utilizadas con fines forrajeros ha sido el maíz por su elevado valor nutritivo y altos rendimientos (Parra, 1996).

Los sistemas de producción de forraje convencional han venido experimentando serias dificultades marcadas por la situación actual del sector agropecuario, el intenso crecimiento en la tasa de urbanización y el aumento en el valor de las tierras centrales se han encargado de desplazar las explotaciones pecuarias hacia sectores donde se reduce el potencial de producción forrajero (Pezo *et al.*, 1996)

### ***Composición química del forraje hidropónico***

Pardo (2007) indican que el forraje hidropónico es el cultivo de cereales en una cámara cerrada denominada cabina hidropónica, con iluminación permanente y riego automatizado, en bandejas colocadas en estantes para la producción ininterrumpida durante los 365 días del año de forraje fresco para alimentar animales como vacas, caballos, cerdos, cabras, conejos. Los granos son sometidos a un proceso de pre germinación, el cual se logra sumergiéndolo en agua durante 24 horas antes de colocarlos en las bandejas de cultivo, donde permanecerán por espacio de 10 a 12 días aproximadamente, momento el cual se cosecha un tapete conformado por raíces, semillas y follajes con una altura de aproximadamente 20 cm y un contenido proteico de 18 a 20% y un alto contenido de minerales y vitaminas

En el **Cuadro 2.4** se presenta el análisis proximal del maíz hidropónico.

**Cuadro 2.4. Análisis proximal del maíz hidropónico (Pardo, 2007).**

<b>P de cosecha</b>	<b>Humedad</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Grasas</b>	<b>Ceniza</b>	<b>FC</b>	<b>ENN</b>
<b>Día</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
10	86,29	21,44	3,45	3,25	16,58	55,28
12	74,57	18,88	3,70	4,92	20,96	51,54

Fabián (2008) evaluó 3 forrajes de: arroz, maíz y sorgo bajo un sistema de producción hidropónico. La mayor concentración de proteína cruda (10,47%) fue para el sorgo seguido del maíz (9,61%), el arroz (7,92%), siendo el maíz que presento una mejor calidad de fibra (**Cuadro 2.5**).

**Cuadro 2.5. Composición bromatológica de las especies cosechadas bajo el sistema de forraje verde hidrogenopónico. Cartago, Costa Rica (2008).**

<b>Material</b>	<b>MS</b>	<b>PC</b>	<b>Cenizas</b>	<b>FND</b>	<b>Celulosa</b>	<b>Hemicelulosa</b>	<b>Lignina</b>	<b>FAD</b>
Arroz	15,82 a	7,92 a	9,17 a	58,25 a	27,76 a	19,82 a	10,67 a	38,54 a
Maíz	11,54 b	9,61 b	2,41 b	43,13 b	11,21 b	24,25 a	7,67 b	18,89 b
Sorgo	11,48 b	10,47 c	6,54 c	66,66 c	30,96 a	21,42 a	14,28 a	45,17 c

La FAO (2001) manifiesta que el forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH es un pienso o forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para la alimentación animal, 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.

El forraje hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días. Pretendiendo que el grano germinado alcance una altura promedio de 25 cm (Chang *et al.*, Carballido; citado por Vargas, 2008).

### ***Factores que influyen en la producción de forraje hidropónico***

- Calidad de la semilla: el éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH.
- Iluminación: si no existiera luz dentro de los recintos para el FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable porque hasta el tercer o cuarto días de sembradas, las bandejas deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del tercero o cuarto día se inicia el riego con solución nutritiva y se exponen las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa de luz solar.
- Temperatura: es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18 y 26 °C. Sin embargo el maíz necesita de temperaturas óptimas que varía entre los 25 y 28 °C. Cada especie presenta requerimientos de temperaturas óptimas para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad.
- Humedad: la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior 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.
- Calidad de agua de riego: la calidad de agua de riego es otro de los factores singulares. Su origen puede ser de pozo, de lluvia o agua corriente de cañerías;

pero cuidando siempre el contenido de sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro), contenido de microorganismos patógenos, concentración de metales pesados y concentración de nutriente y compuestos orgánicos.

- pH: el valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5,2 y 7,0.

### ***Ventajas del forraje hidropónico***

- Producción programada de acuerdo con las necesidades.
- Reemplazo de los concentrados.
- Alta digestibilidad.
- Se puede producir en todo clima y época del año.
- Aumento en la producción de carne y leche.
- Bajos costos de producción.
- Permite la estabulación del ganado.
- Alta producción en espacios reducidos.
- Muy apetecible por los animales.
- Reducir mano de obra para su manejo.
- Soluciona un problema habitual en los ganados como es, la consecución de proteínas y el elevado costo en el mercado de los concentrados, lo cual se evita con la producción de forraje (Pardo, 2007).

### **2.2.4. Humus de lombriz**

El humus de lombriz es la deyección de la lombriz. "La acción de las lombrices da al fundamento un valor agregado", así se lo valora como un abono completo y eficaz para mejorar los suelos. El lombricompuesto tiene un aspecto terroso, suave e inodoro, de esta manera facilita su manipulación. Se dice que el humus de lombriz es uno de los fertilizantes completos, porque aporta todos los nutrientes para la dieta de la planta, de los cuales carecen muy frecuentemente los fertilizantes químicos (Piñuela, 1997).

**2.2.4.1. Componentes del humus de lombriz** Los componentes del humus de lombriz se presentan en el **Cuadro 2.6**.

**Cuadro 2.6. Componentes del humus de lombriz. (Centro de Investigación y Desarrollo. Lombricultura S.C.I.C, 1997).**

Componentes	Valores medios
Nitrógeno	1,95 – 2,2%
Fósforo	0,23 – 1,8%
Potasio	1,07 – 1,5%
Calcio	2,70 – 4,8%
Magnesio	0,3 – 0,81%
Hierro disponible	75 mg l <sup>-1</sup>
Cobre	89 mg kg <sup>-1</sup>
Zinc	125 mg kg <sup>-1</sup>
Manganeso	455 mg kg <sup>-1</sup>
Boro	57,8 mg kg <sup>-1</sup>
Carbono orgánico	22,53%
Ácidos húmicos	2,57 g Eq/100g
Hongos	1 500 c g <sup>-1</sup>
Levaduras	10 c g <sup>-1</sup>
Actinomicetos total	170 000 000 c g <sup>-1</sup>
Act. Quitinasa	100 c/g
Bacterias aeróbicas	460 000 000 c g <sup>-1</sup>
Bact. Anaeróbicas	450 000 c g <sup>-1</sup>
Relación aerobia/anaerobia	1 000

En el **Cuadro 2.7** se presentan los distintos tipos de estiércoles con sus valores reciclados por las lombrices.

**Cuadro 2.7. Cantidades relativas (%) de nutrientes contenidos en distintos estiércoles y humus de lombriz ([www.producción.com.ar/1997/97sep\\_15.htm](http://www.producción.com.ar/1997/97sep_15.htm)).**

Tipo de estiércol	Materia seca	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Equino	33	0,67	0,25	0,55
Bovino	18	0,60	0,15	0,45
Gallina	45	1,00	0,80	0,40
Lombriz	30 - 50	2,42	2,74	1,10



### 2.3. Marco conceptual ó (Definición de términos básicos)

**Forraje verde hidropónico:** Es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales y leguminosas en tiempo de 10 a 12 días de edad.

**Humus de lombriz:** Es un abono orgánico 100% natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos por medio de la Lombriz Roja Californiana.

**Tiempo de cosecha:** Conjunto de productos agrícolas que se recogen cuando ya están maduros.

**Energía metabolizable:** Cantidad de energía proveniente del alimento que dispone el animal para sus procesos metabólicos.

### 2.4. Sistema de hipótesis:

**H1:** La composición química bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz amarillo variara de acuerdo a los días de edad.

**H1:** La digestibilidad de nutrientes del forraje hidrorganopónico de maíz variara de acuerdo a los días de edad.

**H1:** El comportamiento productivo de los conejos neozelandeses, alimentado con forraje hidrorganopónico de maíz variara de acuerdo a los días de edad.

**H1:** El uso del forraje hidrorganopónico del maíz en la alimentación de conejos, mejorara la relación B/C.

### 2.5. Sistema de variables

#### 2.5.1. Conceptualización

- Peso inicial y cada 14 días (g)
- Consumo de alimento cada 14 días y total (g)
- Ganancia de peso cada 14 días y total (g)
- Conversión alimenticia cada 14 días y total (g)
- Peso a la canal (g)
- Rendimiento a la canal (%)
- Mortalidad (%)
- Análisis económico

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diseño de la investigación

##### 3.1.1. Localización y duración del experimento

La investigación se realizó en la Quinta LA FASE, localizada en el km 8 de la vía Quevedo-Mocache, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1°6'18" de latitud Sur y 79°29'24" de longitud Oeste, a una altura de 120 msnm.

La investigación tuvo una duración de 83 días (12 días para obtención del FVHM + 8 días de Digestibilidad + 7 días para el análisis de laboratorio del FVHM + 56 días para el engorde).

##### 3.1.2. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas del sitio experimental se presentan en el **Cuadro 3.1**.

**Cuadro 3.1. Condiciones meteorológicas de quinta LA FASE, Mocache 2011 (Estación meteorológico del INHAMI, Estación Experimental Pichilingue, 2011).**

Parámetros	Promedio
Temperatura, °C	24,70
Humedad relativa, %	87,20
Precipitación, mm	153 631
Heliofanía, horas/luz/año	855,10
Zona ecológica	Bh - T
Topografía	Irregular

### **3.2. Métodos**

Esta investigación constó de tres experimentos:

#### **3.2.1. Experimento 1. Valoración química bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz a los 8-10-12 días de edad**

##### **3.2.1.1. Materiales y equipos**

###### ***Materiales de campo***

- Un invernadero de 12 m<sup>2</sup> (3x4 m)
- 10 m de plástico blanco
- Una regadera
- Maíz amarillo
- 18 Charolas de 43x32x1,5 cm, largo, ancho y alto
- Una caretila
- Una balanza gramera
- agua
- 40 fundas papel # 8
- Humus de lombriz

###### ***Materiales de laboratorio***

- Estufa
- Balanza analítica
- Mufla
- Pulverizador
- Destilador
- Determinador de Proteína cruda
- Extractor para determinar fibra cruda
- Baño de maría
- Bomba calorimétrica
- Bomba de vacuo
- Probetas
- Pipetas

- Embudos
- Desecador
- Erlenmeyer
- Kjeldhal
- Calentador eléctrico

### **Materiales de Oficina**

- Computadora
- Papelería
- Material bibliográfico
- Materiales de escritorio

#### **3.2.1.2. Factores en estudio**

Los factores bajo estudio fueron los siguientes:

##### **A) Edad de cosecha del forraje hidrorganopónico de maíz (E)**

e1 = 8 días

e2 = 10 días

e3 = 12 días

##### **B) Tipos de agua (A)**

a1 = Agua natural

a2 = Agua con humus

#### **3.2.1.3. Tratamientos**

Para la valoración química Bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz, se utilizaron seis tratamientos y tres repeticiones y una charola como unidad experimental. Para la comparación de medias entre tratamientos se aplicó la prueba

de rangos múltiples de Tukey ( $P \leq 0.05$ ); además se realizara la regresión y correlación con las diferentes variables en estudio.

A continuación en el **Cuadro 3.2** se presentan los tratamientos en estudios:

**Cuadro 3.2. Tratamientos en estudio.**

No. Tratamientos	Nomenclatura	Descripción
T1	e1a1	Forraje de maíz 8 días + Agua natural
T2	e1a2	Forraje de maíz 8 días + Agua con humus
T3	e2a1	Forraje de maíz 10 días + Agua natural
T4	e2a2	Forraje de maíz 10 días + Agua con humus
T5	e3a1	Forraje de maíz 12 días + Agua natural
T6	e3a2	Forraje de maíz 12 días + Agua con humus

#### 3.2.1.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 3x2.

En los **Cuadros 3.3** y **3.4** se presentan las características de los tratamientos y del ADEVA.

**Cuadro 3.3. Características de los tratamientos.**

Tratamientos	Código	Repeticiones	T.U.E	# Bandejas / Trat.
e1a1	11	3	1	3
e1a2	12	3	1	3
e2a1	21	3	1	3
e2a2	22	3	1	3
e3a1	31	3	1	3
e3a2	32	3	1	3
Total				18

T.U.E = 1 Charola

**Cuadro 3.4. Esquema del ADEVA y comparaciones ortogonales.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamiento	$(exa-1)$	5
Edad (E)	$e - 1$	2
E. Lineal		1
E. Cuadrática		1
Tipo de Agua (A)	$a - 1$	1
ExA	$(e - 1) (a - 1)$	2
Error experimental	$(e \times a) (r-1)$	12
Total	$[(e \times a) r] - 1$	17

**Modelo matemático**

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + \beta_i + (EA)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:****Y<sub>ijk</sub>** = Modelo total de una observación**μ** = Media de la población**E<sub>i</sub>** = Efecto “i-esimo” de la edad**β<sub>i</sub>** = Efecto del tipo de agua**(EA)<sub>ij</sub>** = Efecto de la interacción de los niveles del factor E por los niveles del factor A**ε<sub>ijk</sub>** = Efecto aleatorio

### **3.2.1.5 Mediciones experimentales**

#### ***Alturas de las plantas (cm)***

- Altura (cm) alcanzadas por las plantas hidrorganopónica a los 8-10 y 12 días
- Rendimiento del forraje en cm

#### ***Composición química bromatológica***

A través del análisis proximal y pared celular se determinó lo siguiente:

- Humedad, %
- Materia seca, %
- Grasa, %
- Proteína, %
- Fibra, %
- Materia orgánica, %
- Cenizas, %
- Fibra detergente neutra, %
- Fibra detergente acida, %
- Lignina, %
- Celulosa, %
- Hemicelulosa, %

### **3.2.1.6. Procedimiento experimental**

Se realizó la construcción de un estante de madera de dos pisos con un declive del 10% con capacidad para 18 charolas, de 43x32x1,5 cm de largo, ancho y alto respectivamente con un volumen de 1,0 kg de maíz por charola.

Para la obtención del forraje hidrorganopónico de maíz se procedió a las siguientes actividades:

Se limpiaron los granos de maíz de todas las impurezas y partes quebradas; se lavó la semilla con agua, para luego desinfectarla con solución de cloro  $5 \text{ ml kg}^{-1}$ , y dejó por 20 minutos reposar y luego se puso el maíz en agua limpia por 24 horas. Transcurrido este tiempo se lavó nuevamente, se dejó escurrir y se puso en un balde tapado por 48 horas. Después de este tiempo, se sembraron las semillas en las charolas. Se regó 4-5 veces al día, espaciado cada 4 horas. Una vez obtenido el forraje a las edades de 8-10-12 días, se realizaron la cosecha y almacenamiento del FVH a evaluar, para luego realizar el envío de muestras al laboratorio para los respectivos análisis químicos bromatológico (proximal y pared celular).

### **3.2.2. Experimento 2: Valoración nutritiva (Digestibilidad *in vivo*)**

#### **3.2.2.1. Materiales y equipos**

##### ***Materiales de campo***

- Un galpón de 3 x 4 m
- 21 conejos Neozelandés machos adultos
- 21 jaulas metabólicas con sus respectivos comederos y bebederos
- 18 charolas, de 43x32x1,5 cm de largo, ancho y alto respectivamente
- Antiparasitario
- Una pala
- Una caretila
- Una balanza gramera
- Una escoba
- 150 fundas plásticas de 6x10 cc
- 100 fundas papel # 3
- 100 fundas papel # 8



### 3.2.2.2. Factores en estudio

Los factores en estudio son los siguientes:

#### A) Edad de cosecha del forraje hidrorganopónico de maíz (E)

e1 = 8 días

e2 = 10 días

e3 = 12 días

#### B) Tipos de agua (A)

a1 = Agua natural

a2 = Agua con humus

### 3.2.2.3. Tratamientos

Para la valoración nutritiva, se evaluó el forraje hidrorganopónico del maíz (MS) a los 8-10-12 días de edad, solos y con balanceado. Para lo cual se utilizarán siete tratamientos, tres repeticiones y un animal por unidad experimental. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $P \leq 0,05$ ); además se realizó la regresión y correlación con las diferentes variables en estudio. A continuación en el **Cuadro 3.5** se presentan los tratamientos bajo estudios.

**Cuadro 3.5. Tratamiento de la valoración nutritiva.**

Tratamientos	Nomenclatura	Descripción
T1	e1a1	Forraje de maíz 8 días + Agua natural
T2	e1a2	Forraje de maíz 8 días + Agua con humus
T3	e2a1	Forraje de maíz 10 días + Agua natural
T4	e2a2	Forraje de maíz 10 días + Agua con humus
T5	e3a1	Forraje de maíz 12 días + Agua natural
T6	e3a2	Forraje de maíz 12 días + Agua con humus
T7	e0a0	Balanceado

### 3.2.2.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 3x2+1. En los **Cuadros 3.6** y **3.7** se presentan las características de los tratamientos y del ADEVA.

**Cuadro 3.6. Esquema del experimento.**

Tratamientos	Repeticiones	T.U.E	# Conejos / Trat.
e1a1	3	1	3
e1a2	3	1	3
e2a1	3	1	3
e2a2	3	1	3
e3a1	3	1	3
e3a2	3	1	3
e0a0	3	1	3
Total			21

**Cuadro 3.7. Esquema del ADEVA y comparaciones ortogonales.**

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	6
Edad (E)	2
E. Lineal	1
E. Cuadrática	1
Tipo de Agua (A)	1
ExA	2
Test vs Factorial	1
Error experimental	14
Total	20

**Modelo matemático**

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + A_j + (E.A)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Modelo total de una observación

$\mu$  = Media de la población

$E_i$  = Efecto "i-esimo" de la edad de los niveles del factor E

$A_j$  = Efecto "i-esimo" de los niveles del factor A

$(E.A)_{ij}$  = Efecto de la interacción de los niveles del factor E por los niveles del factor A

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio

**Cuadro 3.8. Composición del balanceado.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>
Maíz	38,87
Polvillo de cono	8,00
Harina de morera	35,00
Melaza	5,00
Torta de soya	12,00
Ferfos (ca y P)	0,50
Premix broilers	0,30
Sal común	0,33
Total, qq	100,00
Costo, qq	13,76

**Cuadro 3.9. Análisis calculado (Ruiz, 1983).**

<b>Análisis calculado</b>		<b>Requerimiento</b>
Energía metabolizable	2812,00	2 800
Proteína bruta	17,15	16 -17
Fibra, %	11,50	11,00
Fósforo, %	0,318	0,30
Calcio, %	0,247	0,25

### **3.2.2.5. Mediciones experimentales**

- Coeficiente de digestibilidad de la materia seca, MS
- Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica, MO
- Coeficiente de digestibilidad de la proteína bruta, PB
- Coeficiente de digestibilidad de la fibra bruta, FB
- Coeficiente de digestibilidad del extracto eterico, EE
- Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno, ELN
- Energía digestible (ED), Mcal/Kg
- Nutrientes digestibles totales, NDT

### **3.2.2.6. Procedimiento experimental**

En esta fase se inició el trabajo de la digestibilidad *in vivo*, la que se desarrolló en jaulas metabólicas con sus respectivos animales, para luego darles el forraje de maíz (MS) de las edades de 8-10 y 12 días con un horario de 08:00 y 16:00; así mismo hubo un tratamiento que consumió balanceado.

Los conejos recibieron un período de adaptación de 7 días al forraje hidrorganopónico (MS), para luego iniciar con la investigación por el lapso de 8 días, para lo cual se procedió a la recolección de heces, orina y remanente del alimento.

Del total de heces producidas por tratamiento, diariamente se recolectó el 100% y sometido a congelación y posterior envió al laboratorio, para su análisis bromatológico.

### **3.2.2.7. Control sanitario**

Las instalaciones (jaulas metabólicas, comedores, bebederos y demás) fueron desinfectados con vanodine al 20%, las unidades experimentales se desparasitaron con panacur a razón de 0.5 cc por animal.

### **3.2.3. Experimento 3: Respuesta biológico (engorde)**

#### **3.2.3.1. Materiales y equipos**

##### ***Materiales de campo***

- Un galpón de estructura mixta de 4 x 5 m
- 54 conejos (27 machos y 27 hembras) Neozelandés de 35 días de edad
- 18 jaulas metálicas con comederos y bebederos
- Una bomba de mochila, capacidad de 20 litros
- Una escoba
- Una carretilla
- Una pala
- Tres baldes plásticos
- 40 charolas de 43x32x1,5 cm de largo, ancho y alto
- Un rastrillo
- Una hoz
- Registro de campo
- Medio litro de vanodine
- Cal
- Fármacos (antiparasitario, vitamina, antibióticos)
- Balanceado
- Forraje hidrorganopónico de maíz
- Humus de lombriz

#### **3.2.3.2. Tratamientos**

Para la presente investigación se utilizaron seis tratamientos, tres repeticiones y tres animales por unidad experimental.

Para establecer las diferencias estadísticas entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); además se realizó la correlación y regresión con las diferentes variables en estudios

En los **Cuadros 3.10; 3.11 y 3.12** se presentan las características de los tratamientos.

**Cuadro 3.10. Tratamientos en estudios de la respuesta biológica (engorde).**

Factor	Niveles
Forraje verde hidropónico (FVHM) (E)	e1. Forraje de maíz 8 días + balanceado (65 g)
	e2. Forraje de maíz 10 días + balanceado (65 g)
	e3. Forraje de maíz 12 días + balanceado (65 g)
Sexo (S)	s1. Machos
	s2. Hembras

\*FVHM = Forraje verde hidropónico de maíz

De la combinación de los niveles de cada factor resultaron los siguientes tratamientos:

**Cuadro 3.11. Combinación de los factores en estudio.**

T1	e1 xs1	Forraje de maíz 8 días x machos
T2	e1 xs2	Forraje de maíz 8 días x hembras
T3	e2 xs1	Forraje de maíz 10 días x machos
T4	e2 xs2	Forraje de maíz 10 días x hembras
T5	e3 xs1	Forraje de maíz 12 días x machos
T6	e3 xs2	Forraje de maíz 12 días x hembras

**Cuadro 3.12. Características de los tratamientos.**

Tratamientos	Código	Sexo	T.U.E	# Repet.	# Animales /Trat.
e1xs1	11	Macho	3	3	9
e1xs2	12	Hembra	3	3	9
e2xs1	21	Macho	3	3	9
e2xs2	22	Hembra	3	3	9
e3xs1	31	Macho	3	3	9
e3xs2	32	Hembra	3	3	9
Total					54

T.U.E = Tamaño de la Unidad Experimental

### 3. 2.3.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo combinatorio de 2 factores, donde el factor A fue el FVHM y el factor B el sexo, en el **Cuadro 3.13** se presenta un esquema del análisis de varianza.

**Cuadro 3.13. Esquema del análisis de varianza.**

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	es - 1	5
Factor E	e-1	2
Factor S	s-1	1
Interacción	(e-1) (s-1)	2
Error Exp.	es (r-1)	12
Total	es r - 1	17

#### **Modelo matemático**

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + S_j + (E.S)_{ij} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Modelo total de una observación

$\mu$  = Media de la población

**E<sub>i</sub>** = Efecto “i-esimo” del factor edad del forraje (E)

**S<sub>i</sub>** = Efecto “i-esimo” del factor sexo (S)

**(E.S)<sub>ij</sub>** = Efecto de la interacción entre los niveles del factor E por los niveles del factor S

**C<sub>ijkl</sub>** = Efecto aleatorio (Error experimental)

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), debido a que las unidades experimentales fueron homogéneas, de la misma edad y raza.

#### **3.2.3.4. Procedimiento experimental**

##### **a) Obtención del forraje verde hidrorganopónico del maíz (FVHM)**

Se procedió a la construcción de una estantería de madera de 4 pisos con un declive del 10%, con capacidad para 40 charolas de 43x32x1,5 cm con un volumen de 1,0 kg por charola. Para la obtención del forraje hidrorganopónico del maíz se procedió con las siguientes actividades: Se limpiaron los granos de maíz de todas las impurezas y partes quebradas; lavar la semilla con agua, para luego desinfectarla con solución de cloro 5 cc kg<sup>-1</sup>, y dejar por 3 minutos reposar y luego poner el maíz en agua limpia por 24 horas, transcurrido este tiempo se vuelve a lavar, dejar escurrir y ponerlo en un balde tapado por 48 horas. Después de este tiempo, se sembró las semillas en las bandejas, se regó 4-5 veces al día tanto las bandejas que recibieron agua natural como a las bandejas que se regaron agua con humus.

##### **b) Engorde de los animales**

Una vez obtenido el forraje a las edades de 8-10-12 días, se cosecharon y se dejaron deshidratar por 24 horas para luego ofrecerle a los conejos a voluntad previamente pesado en dos ocasiones, a las 8:00 y 16:00, mas balanceado (65 g animal por día), registrándose así mismo el residuo.

Se utilizaron 54 conejos (27 machos – 27 hembras) de la raza Neozelandés de 35 días de edad; el agua fue suministrada a voluntad a través de bebederos



automáticos tipo chupón y por la misma vía recibieron los fármacos respectivos cada vez que fue necesario.

Cada 14 días se registraron el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia. Al finalizar los 56 días de engorde se sacrificaran los animales en el 100% para obtener el peso y rendimiento a la canal.

### **c) Control sanitario**

El galpón, materiales y equipos fueron desinfectados con vanodine al 20%, las unidades experimentales fueron desparasitadas con panacur a razón de 0.5 cc por animal; así mismo se aplicó sulfavit al agua cada 20 días para evitar la presencia de coccidias, además de clorinar el agua.

#### **3.2.3.5. Tipo de la investigación**

Para la aplicación del presente estudio se utilizó la investigación experimental, debido a que se trabajó con variables independiente y dependiente.

#### **3.2.3.6. Métodos de la investigación**

Se utilizaron los métodos empíricos y teóricos de la investigación para alcanzar los objetivos propuestos.

#### **3.2.3.7. Población y muestra**

##### ***Población***

Se utilizó una parte de la población de conejos: (21 para la digestibilidad y 54 para engorde).

##### ***Muestra***

Para la digestibilidad se utilizó como muestra un conejo, que representa la unidad experimental. Para el engorde se utilizó como muestra tres conejos, que representa la unidad experimental.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Experimento 1. Valoración química bromatológica del forraje hidrorganopónico del maíz a los 8-10-12 días de edad

##### 4.1.1. Efecto simple de las edades (E) sobre la altura (cm) del FVHM

Las medias de las alturas (cm) presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), siendo el FVHM cosechado a los 12 días de edad quien alcanzó la mayor altura (27,75 cm), seguido del 10 (20,75 cm) y 8 días (16,67 cm) de edad, concordando con Pardo (2007) quien a los 10 a 12 días de edad del FVH alcanzó un promedio de altura de 20 cm; pero discrepando con Vargas (2008) quien obtuvo de 9 a 15 días de edad del FVH una altura promedio de 25 cm.

El análisis de regresión de la altura (cm) del FVHM tiene una tendencia lineal positiva, con un coeficiente de correlación positiva del 0,9774%, lo que permite manifestar que a medida que aumenta la edad de cosecha del FVHM la altura también se incrementa (**Cuadro 4.1; Figura 4.1**).

**Cuadro 4.1. Efecto simple de las edades (E) sobre la altura (cm) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Edad de cosecha (días)	Altura del FVHM (cm)
8	16,67 c
10	20,75 b
12	27,75 a
C.V. (%)	3,30

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

FVHM = Forraje verde hidrorganopónico de maíz.

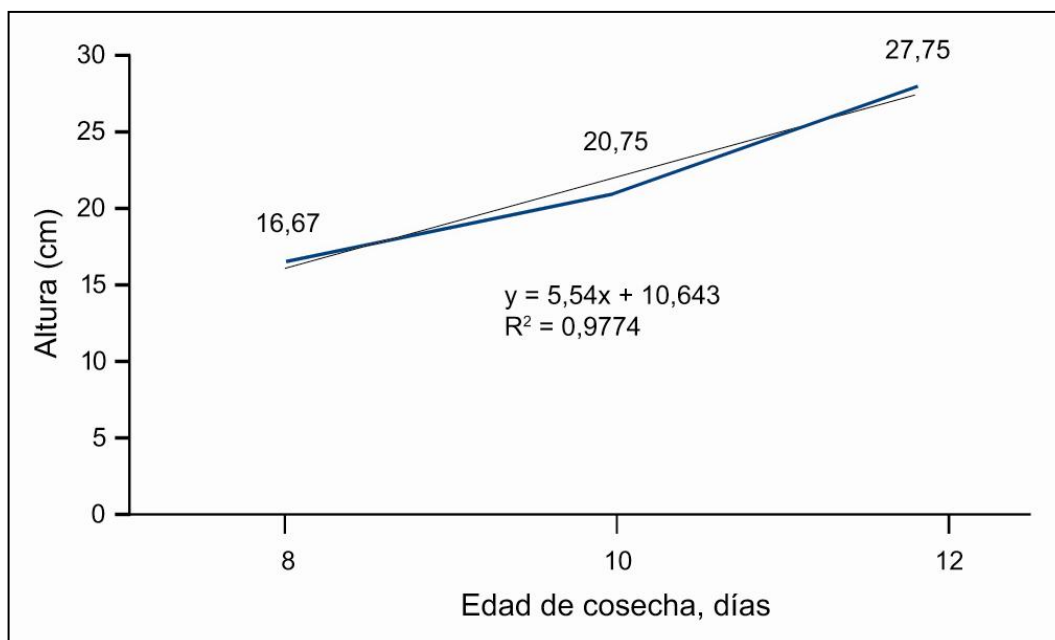


Figura 4.1. Regresión de la edad de cosecha por la altura (cm) del forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). Quinta LA FASE, Mocache 2011.

#### 4.1.2. Efecto simple de los tipos de agua (A) sobre la altura (cm) del FVHM

La mayor altura (cm) del FVHM obtuvieron las plantas que recibieron agua con humus (23,78 cm), existiendo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Esta altura se debe a que el agua con humus posee una variedad de nutrientes que carece el agua natural (**Cuadro 4.2**).

Cuadro 4.2. Efecto simple de los tipos de agua (A) sobre la altura (cm) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.

Tipos de agua	Altura del FVHM (cm)
Agua natural	19,67 b
Agua con humus	23,78 a
C.V. (%)	3,30

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ )

FVHM = Forraje verde hidropónico de maíz.

#### 4.1.3. Efecto de la interacción de la edad de cosecha sobre la altura (cm) del FVHM y el tipo de agua

La mayor altura la obtuvieron los tratamientos 6 (30,67 cm) y 5 (24,83 cm) a los 12 días de edad, agua con humus y agua natural respectivamente; existiendo diferencias estadísticas entre la media de los tratamientos.

Se observaron que los tratamientos que recibieron agua con humus de lombriz en las diferentes edades (8-10-12 días de edad) alcanzaron las mayores alturas, debido a los nutrientes contenidos en el humus; logrando una mayor altura a los 12 días de la que indica (Pardo, 2007) (20 cm) **(Cuadro 4.3)**.

**Cuadro 4.3. Efecto de la interacción entre la edad de cosecha y los tipos de agua sobre la altura (cm) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Edad de cosecha FVHM (días)	Tipos de agua	Altura del FVHM (cm)
1	8	Agua natural	15,17 e
2	8	Agua con humus	18,17 d
3	10	Agua natural	19,00 d
4	10	Agua con humus	22,50 c
5	12	Agua natural	24,83 b
6	12	Agua con humus	30,67 a
C.V (%)			3,30

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

FVHM = Forraje verde hidrorganopónico de maíz.

#### 4.1.4. Efecto del tipo de agua (A) sobre el rendimiento (kg) del FVHM

El mayor rendimiento del FVHM se registró con agua natural con humus (4,27 kg), presentando diferencia estadística. Esta diferencia de rendimiento del forraje se debe justamente a los nutrientes que tiene el humus, concordando con Resh, 2001; Pardo 2007 y Navas *et al.*, (2005), quienes alcanzaron mayor rendimiento del forraje con solución nutritiva que con agua corriente **(Cuadro 4.4)**.

**Cuadro 4.4. Efecto de los tipos de agua (A) sobre el rendimiento (kg) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

<b>Tipos de agua</b>	<b>Rendimiento del FVHM (kg)</b>
Agua natural	3,37 b
Agua con humus	4,27 a
C.V (%)	6,17

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

FVHM = Forraje verde hidrogenopónico de maíz.

#### **4.1.5. Efecto simple para las edades (E) de cosecha sobre el rendimiento (kg) del FVHM**

Para las edades se presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las medias de los tratamientos, alcanzando el mayor rendimiento el FVHM a los 12 días de edad (4,60 kg), seguido el de 10 (4,17 kg) y 8 días (2,70 kg) (**Cuadro 4.5**). Este mayor rendimiento de 12 días, se debe precisamente a su mayor edad. Estos rendimientos del FVHM tanto con agua natural como con agua con humus son muy significativos, concordando con Parra (1996) quien indica que el forraje de maíz posee altos rendimientos; pero estos rendimientos obtenidos son menores a los alcanzados por Tarrillo s/f (6 a 8 kg).

El análisis de regresión del rendimiento (kg) del FVHM, es lineal y positiva, lo que indica que a medida que aumenta la edad de cosecha del FVHM también incrementa el rendimiento del forraje (**Cuadro 4.5** y **Figura 4.2**).

**Cuadro 4.5. Efecto simple para las edades (E) de cosecha sobre el rendimiento del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

<b>Edad de cosecha (días)</b>	<b>Rendimiento del FVHM (kg)</b>
8	2,70 c
10	4,17 b
12	4,60 a
C.V (%)	6,17

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

FVHM = Forraje verde hidrogenopónico de maíz.

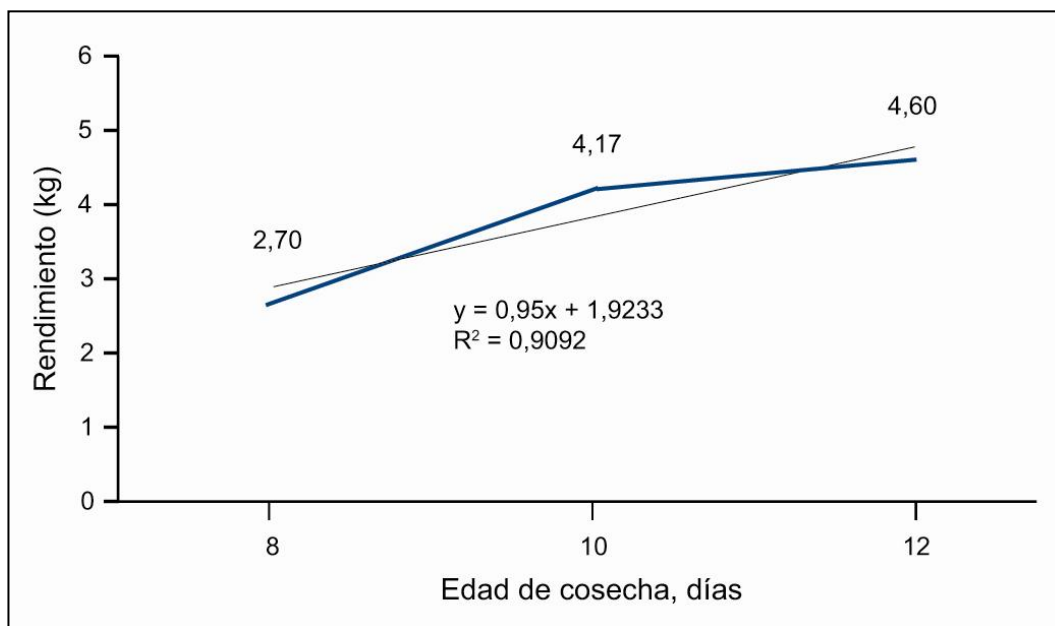


Figura 4.2. Regresión de la edad de cosecha para rendimiento (kg) del forraje verde hidroganopónico de maíz (FVHM). Quinta LA FASE, Mocache 2011.

#### 4.1.6. Efecto de la interacción de la edad de cosecha y el tipo de agua sobre el rendimiento (kg) del FVHM

Existe diferencia estadística ( $p \leq 0,05$ ) entre las medias, siendo los cosechados a los 12 días de edad tanto con agua con humus como con agua natural, los que obtuvieron los mayores rendimientos de forraje, con 5,15 y 4,73 kg respectivamente. Esto se debe a su mayor edad; observándose además que a menos edad del forraje su rendimiento disminuye; así mismo se puede indicar que todos los tratamientos que recibieron agua con humus de lombriz alcanzaron los mayores pesos, debido a los nutrientes que tiene el humus, pero que son menores a los obtenidos por Torriño (2011) con cebada (6-8 kg) utilizando fertilizante sintético (**Cuadro 4.6**).

**Cuadro 4.6. Efecto de la interacción de la edad de cosecha y el tipo de agua sobre el rendimiento (kg) del FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Edad de cosecha FVHM (días)	Tipos de agua	Rendimiento del FVHM (kg)
1	8	Agua natural	2,49 c
2	8	Agua con humus	2,92 c
3	10	Agua natural	3,60 b
4	10	Agua con humus	4,04 b
5	12	Agua natural	4,73 a
6	12	Agua con humus	5,15 a
C.V (%)			6,17

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ )

FVHM = Forraje verde hidrogenopónico de maíz.

#### **4.1.7. Análisis de correlación entre la composición química del forraje hidrogenopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad**

La materia seca (%) entre la proteína, ceniza, fibra, calcio, fósforo, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA), no existe ninguna correlación, a excepción del Extracto Etéreo, extracto libre de N (ELN), Celulosa y Hemicelulosa que existe una correlación significativa y positiva. En relación a la proteína (%) entre Extracto Etéreo, Ceniza, Fibra, ELN, Fósforo, Calcio, Hemicelulosa, FDN no existe ninguna correlación significativa a excepción de la Celulosa, FDA y LDA. El Extracto Etéreo (%) entre Ceniza, Fibra, ELN, Fósforo, Calcio, Celulosa, Hemicelulosa, FDN, FDA y LDA, no existe ninguna correlación significativa.

La Ceniza (%) entre la Fibra, ELN, Fósforo, Calcio, Celulosa, Hemicelulosa, FDN, FDA y LDA, no hay ninguna correlación significativa. La Fibra (%) entre ELN, Fósforo, Calcio, Celulosa, Hemicelulosa, FDN, FDA y LDA, no tienen ninguna correlación significativa. El ELN entre Fósforo, Calcio, Celulosa, FDN, FDA y LDA, no existe ninguna relación significativa a excepción de la Hemicelulosa que tiene una correlación significativa y positiva alta (0,94). El fósforo (%) entre el Calcio y FDA

existe una correlación significativa y positiva alta (0,85) y (0,98) respectivamente, a excepción de la Celulosa, Hemicelulosa, FDN y LDA.

El Calcio (%) entre Celulosa y FDN existe una correlación significativa y positiva alta (0,85) y (0,84) respectivamente, excepto con Hemicelulosa, FDA y LDA.

La Celulosa entre Hemicelulosa, FDN, FDA y LDA no existe ninguna correlación significativa.

La Hemicelulosa entre la FDN, FDA y LDA, no existe ninguna correlación significativa; así como: la FDN entre FDA y LDA y la FDA entre LDA (**Cuadro 4.7**).



**Cuadro 4.7. Matriz de correlación de la valoración química bromatológica del FVHM.**

	Humedad	MS	Proteína	EE	Ceniza	Fibra	ELN	P	Ca	Celulosa	Hemicelulosa	FDN	FDA	LDA
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Humedad (%)	1,00	0,00	0,45 ns	0,57 *	0,41 ns	0,40 ns	0,95 *	0,29 ns	0,19 ns	Celulosa	0,95 *	0,30 ns	0,42 ns	0,14 ns
MS (%)		1,00	0,45 ns	0,57 *	0,41 ns	0,40 ns	0,95 *	0,29 ns	0,19 ns	0,74 *	0,95 *	0,30 ns	0,42 ns	0,14 ns
Proteína (%)			1,00	0,23 ns	0,16 ns	0,31 ns	0,01 ns	0,04 ns	0,21 ns	0,80 *	0,02 ns	0,02 ns	0,66 *	0,66 *
Ext. Eter (%)				1,00	0,00	0,00	0,00	0,11 ns	0,18 ns	0,01 ns	0,08 ns	0,02 ns	0,00 ns	0,00 ns
Ceniza (%)					1,00	0,01	0,00	0,41 ns	0,06 ns	0,13 ns	0,53 ns	0,08 ns	0,05 ns	0,13 ns
Fibra (%)						1,00	0,00	0,42 ns	0,22 ns	0,00 ns	0,11 ns	0,01 ns	0,00 ns	0,00 ns
ELN (%)							1,00	0,19 ns	0,16 ns	0,07 ns	0,94 *	0,00 ns	0,03 ns	0,09 ns
Fósforo (%)								1,00	0,85 *	0,29 ns	0,37 ns	0,22 ns	0,98 *	0,36 ns
Calcio (%)									1,00	0,85 *	0,31 ns	0,84 *	0,40 ns	0,27 ns
Celulosa (%)										1,00	0,01 ns	0,33 ns	0,00 ns	0,24 ns
Hemicelulosa (%)											1,00	0,19 ns	0,00 ns	0,01 ns
FDN (%)												1,00	0,09 ns	0,09 ns
FDA (%)													1,00	0,00 ns
LDA (%)														1,00

**Ns: La asociación no es significativa ( $p < 0,05$ ).**

**\* La asociación es significativa ( $p < 0,05$ ).**

#### **4.1.8. Calidad nutricional del forraje hidrorganopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad**

##### **4.1.8.1. Contenido de materia seca**

Los contenidos de materia seca de acuerdo a las edades de cosecha (8-10-12 días de edad) del FVHM que recibieron agua natural y agua con humus, no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), esto se debe a que la humedad que tuvieron estos forrajes vario poco entre los días de cosecha, además el proceso de secado fue similar; variando la materia seca entre un rango de 82,95% a 86,16%, parámetros que están dentro de los porcentajes normales de las gramíneas. **(Cuadro 4.8).**

##### **4.1.8.2. Contenido de materia orgánica y cenizas**

En lo que respecta a la materia orgánica del FVHM, existe un comportamiento estadístico similar entre el forraje del maíz que recibió agua natural y al que se aplicó agua con humus, determinándose que la fase fenológica no influye en el rendimiento de materia orgánica; sin embargo numéricamente el forraje de maíz que se le aplico agua natural tuvo un ligero aumento de materia orgánica en todos sus días (8-10-12 días de edad); pero así mismo alcanzaron el menor porcentaje de ceniza en comparación con el forraje que recibió agua con humus, el cual influyo para aumentar el nivel de minerales, observándose que el porcentaje de ceniza se incrementa conforme avanza la edad del forraje, existiendo diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

##### **4.1.8.3. Contenido de proteína cruda**

Existe diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ) en la concentración de proteína cruda del FVHM, tanto con agua natural como con agua con humus a los 8-10-12 días de edad. Se observa un mayor porcentaje de proteína con el forraje que recibió agua con humus en todos sus días, debido precisamente a los nutrientes que tiene el humus; además se puede indicar que el mayor porcentaje de proteína se lo obtiene con el forraje a los 10 días de edad, tanto con agua natural (14,88%) como con agua con humus (16,98%), valores que son inferiores a los reportados por (Pardo, 2007),

obteniendo a los 10-12 días de edad 21,44% y 18,88% de proteína respectivamente pero con fertilizantes sintéticos; pero coincidiendo con (Meller *et al.*, 2005; citado por Fabián (2008), que indican que el contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas (10 días). Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado principalmente con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en nitrógeno **(Cuadro 4.8)**.

#### **4.1.8.4. Contenido de extracto etéreo**

El contenido de grasa difiere significativamente entre los días de cosecha del FVHM (8-10-12 días de edad), subiendo el porcentaje de grasa conforme a la edad del forraje, tanto con agua natural como con agua con humus. Las gramíneas generalmente son deficitarias en extracto etéreo, pero este forraje posee un buen porcentaje de grasa, presentando la mayor concentración a los 12 días de edad, tanto con agua natural (4,99%) como con agua con humus (5,02%) datos que son superiores a la dieta base (3,76%) y a lo que indican (Pardo, 2007) con 3,45% a los 10 días y 3,70 a los 12 días **(Cuadro 4.8)**.

#### **4.1.8.5. Contenido de ELN**

Para obtener el ELN, se lo calcula matemáticamente, por lo que representa la diferencia porcentual de la sumatoria de los componentes nutritivos (Proteína, Fibra, Grasas y Cenizas), existiendo diferencias significativas entre los días de cosechas del FVHM (8-10-12 días de edad), tanto agua con humus como con agua natural; siendo éste quien obtuvo el mayor porcentaje; además se observa que a medida que avanza la edad de FVHM el ELN disminuye, debido al mayor contenido de fibra bruta del forraje.

Numéricamente el ELN del FVHM a los 8-10 días de edad, tanto con agua natural como con agua con humus son superiores a la dieta base (54,34%) y similares a los reportados por (Pardo, 2007) con 55,28% a los 10 días y 51,54% a los 12 días **(Cuadro 4.8)**.

#### 4.1.8.6. Contenido de fibra

Existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) del FVHM a los 8-10-12 días de edad tanto con agua natural como con agua con humus. Esta diferencia de la fibra del FVHM se debe a la edad o etapa del crecimiento del forraje; observándose que a medida que aumenta la edad la fibra se incrementa paulatinamente, siendo el forraje cosechado a los 12 días de edad quien obtuvo la mayor cantidad de fibra con los dos tipos de agua (22,79% y 19,40% respectivamente) siendo a su vez superiores a la dieta base, así como a lo que indica (Pardo, 2007), con 16,58% a los 10 días y 20,96% a los 12 días **(Cuadro 4.8)**.

#### 4.1.8.7. Contenido de fósforo

Los porcentajes de fósforo del FVHM son estadísticamente iguales a los 8-10-12 días de edad, tanto con agua natural como con agua con humus; pero se evidencia que al comparar los valores entre agua natural y agua con humus éstos lo superan a partir de los 10 días de edad, precisamente por la mayor cantidad de días, se incrementa el fósforo en los dos tipos de agua.

Se puede indicar que el FVHM, tanto con agua natural como con agua con humus posee elevados contenidos de fósforo, que supera a las gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales.

#### 4.1.8.8. Contenido de calcio (%)

En el contenido de Calcio del FVHM cosechado a los 8-10-12 días de edad, existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), tanto agua natural como con agua con humus; se observa además que a los 12 días de edad del FVHM se obtiene el mayor porcentaje de calcio con ambos tipos de agua (0,93%) con agua natural y (1,00%) con agua con humus, siendo superiores a lo indicado por (Pardo, 2007) de (0,12%) **(Cuadro 4.8)**.

Se puede afirmar que el porcentaje de calcio del FVHM es elevado, casi semejante a cualquier leguminosa del trópico.

#### **4.1.8.9. Celulosa (%)**

El FVHM a los 8-10-12 días de edad, presentan valores similares de celulosa, tanto con agua natural como con agua con humus, observándose que la celulosa va en aumento conforme se incrementan los días, obteniendo a los 12 días el mayor porcentaje de celulosa con agua natural (8,68%) y con agua con humus (9,16%), valores que son inferiores a los reportados por (Vargas, 2008) (11,21%) pero a los 20 días de edad **(Cuadro 4.8)**.

#### **4.1.8.10. Hemicelulosa (%)**

La hemicelulosa del FVHM a los 8-10-12 días de edad son semejantes estadísticamente, y son inferiores a los reportados por Vargas 2008 (24,25%), precisamente por el menor tiempo de cosecha en la presente investigación.

#### **4.1.8.11. Fibra detergente neutra (%)**

No existe diferencia estadística entre los días de cosecha (8-10-12) del FVHM sin embargo hay que indicar que conforme aumentan los días del forraje se incrementa la FDN, lo que nos indica la cantidad global de fibra que tiene el FVHM.

El porcentaje de FDN en el FVHM es bajo en todos sus días, valores que son inferiores a los obtenidos por (Vargas, 2008), quien al realizar la composición química del forraje hidropónico del maíz obtuvo 43,13% de FDN.

#### **4.1.8.12. Lignina detergente acida (%)**

La LDA del FVHM a los (8-10-12 días de edad) presentan diferencia estadísticas ( $p < 0,05$ ), observándose que a medida que aumentan los días se incrementa la LDA y que conjuntamente con la FDA indican lo digestible que es el forraje, es decir que a mayor edad de la planta esta se va lignificando, ocasionando un efecto negativo sobre los constituyentes de la pared celular y sobre la digestibilidad de los constituyentes de la planta.

#### **4.1.8.13. Fibra detergente ácida (%)**

El contenido de FDA es una cuantificación de la fracción indigerible. En el FVHM la FDA varía con el tiempo de cosecha, observándose valores menores en la etapa inicial (8 días de edad) y valores mayores en la etapa final (12 días de edad); además se puede indicar que el FVHM que recibió agua natural obtuvo mayor FDA en todos sus días, valores que van a incidir en una menor digestibilidad, concordando con (Van Soest *et al.*, 1978) quien manifiesta que este comportamiento es similar a otras plantas forrajeras en las cuales conforme la planta madura, su contenido de FDA aumenta y la ingestión y digestibilidad se reduce (**Cuadro 4.8**).

**Cuadro 4.8. Calidad nutricional del forraje hidrorganopónico de maíz (heno) a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Nutrientes	Tratamientos						C.V
	FVHM (8 d) A.N	FVHM (8 d) A.H	FVHM (10d) A.N	FVHM (10 d) A.H	FVHM (12d) A.N	FVHM (12d) A.H	
<b>Humedad (%)</b>	15,47 a	17,05 a	14,90 a	13,84 a	15,35 a	17,03 a	9,02
<b>M. Seca (%)</b>	84,53 a	82,95 a	85,10 a	86,16 a	84,65 a	82,97 a	1,67
<b>Proteína (%)</b>	13,21 c	15,23 ab	14,88 bc	16,98 a	14,46 bc	14,95 bc	4,85
<b>Ext Et (%)</b>	3,68 b	3,87 b	4,33 ab	4,70 a	4,99 a	5,02 a	5,97
<b>Ceniza (%)</b>	2,52 c	3,41 bc	3,57 b	4,29 b	4,15 b	6,67 a	8,64
<b>Fibra (%)</b>	12,60 c	13,89 c	17,33 b	18,91 b	22,79 a	19,40 b	4,64
<b>ELN (%)</b>	67,99 a	63,60 a	63,22 a	55,12 b	53,62 b	53,96 b	4,67
<b>Fósforo (%)</b>	0,35 a	0,35 a	0,38 a	0,84 a	0,42 a	0,47 a	8,62
<b>Calcio (%)</b>	0,78 ab	0,77 ab	0,48 b	0,64 ab	0,93 a	1,00 a	17,48
<b>Celulosa (%)</b>	8,40 a	8,41 a	8,74 a	8,53 a	8,68 a	9,16 a	3,13
<b>Hemicel. (%)</b>	22,16 a	23,02 a	22,24 a	22,63 a	22,03 a	22,05 a	2,17
<b>FDN (%)</b>	36,25 a	36,50 a	36,79 a	36,97 a	37,11 a	36,87 a	0,91
<b>FDA (%)</b>	14,09 cd	13,48 d	14,55 abc	14,34 bc	15,08 a	14,82 ab	1,67
<b>LDA (%)</b>	5,69 ab	5,07 b	5,81 a	5,81 a	6,07 a	6,00 a	3,91

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ). FVHM = Forraje verde hidrorganopónico de maíz

A.N = Agua natural

A.H= Agua con humus

## **4.2. Experimento 2. Valoración nutritiva (digestibilidad *in vivo*)**

### **4.2.1. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* del forraje verde hidrorganopónico del maíz a los 8-10 y 12 días de edad**

En el **Cuadro 4.9** se observan los coeficientes de digestibilidad para el forraje hidrorganopónico cosechado a los 8-10-12 días de edad.

### **4.2.2. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca (CDMS)**

El CDMS no presenta diferencia estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias a los 8-10-12 días de edad tanto con agua natural como con agua con humus; a excepción con la dieta base, que es la que tiene menor porcentaje de materia seca (76,84%).

El mejor índice de digestibilidad se lo obtiene a los 10 días de edad, con valores de (91,63%) agua natural y (93,73%) agua con humus (**Cuadro 4.9**).

### **4.2.3. Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (CDMO)**

El CDMO es un indicador de la calidad de la energía, no existiendo diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre los días de cosecha, siendo elevada la digestibilidad de la materia orgánica de este forraje, estando un rango del (92,45 al 97,83%), obteniendo la mayor digestibilidad con el forraje a los 10 días de edad (97,83%) agua con humus (**Cuadro 4.9**).

### **4.2.4. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda (CDPC)**

En lo que concierne al **CDPC** ( $p < 0,05$ ) entre las edades de los forrajes, siendo el forraje a los 10 días quien obtuvo la mayor digestibilidad, tanto con agua pura (95,92%) como con agua con humus (95,47%) (**Cuadro 4.9**).

Se observa que a partir de los 12 días de edad el porcentaje de proteína comienza a descender debido precisamente a consecuencia del desarrollo de los órganos estructurales de la planta como tallo y hojas.

#### **4.2.5. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo (CDEE)**

El *CDEE* a los 8-10-12 días de edad presentan diferencias estadísticas; además de obtener todos los FVHM coeficientes altos de digestibilidad, destacándose principalmente el cosechado a los 10 días, tanto con agua pura (93,30%) como con agua con humus (93,88%) **(Cuadro 4.9)**.

#### **4.2.6. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno (ELN)**

La digestibilidad del *ELN* del FVHM a los 8-10-12 días de edad presentan diferencias estadísticas significativas; sin embargo todos los forrajes fueron bien aprovechados por los conejos, destacándose el cosechado a los 10 días de edad, tanto con agua natural (93,73%) como con agua con humus (95,90%) **(Cuadro 4.9)**.

#### **4.2.7. Nutrientes digestibles totales (NDT)**

Los NDT son el resultado de todos los componentes de la materia orgánica del FVHM, siendo semejantes estadísticamente los forrajes a los 8-10-12 días de edad, destacándose el cosechado a los 10 días de edad, tanto con agua natural (97,37%) como con agua con humus (95,67%). Los valores generales de los forrajes a los 8-10-12 días de edad en NDT son elevados, lo que permite indicar que fueron excelentemente aprovechados por los conejos **(Cuadro 4.9)**.

#### **4.2.8. Coeficiente de digestibilidad de la ceniza (CDC)**

Existe diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre los CDC del FVHM cosechados a los 8-10-12 días de edad, alcanzando el mayor CDC con el FVHM cosechado a los 10 días de edad, tanto con agua natural (79,49%) como con agua con humus (83,28%) **(Cuadro 4.9)**.



#### 4.2.9. Coeficiente de digestibilidad de la fibra (CDF)

El *CDF* del FVHM a los 8-10-12 días de edad presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) apreciándose una mayor eficiencia de las fibras a partir de los 10 días de edad, tanto con agua natural (84,49%) como con agua con humus (88,13%) (**Cuadro 4.9**).

#### 4.2.10. Evaluación energética del forraje y dieta básica

Las energías digeribles calculadas a partir de los NDT obtenidos a través de la digestibilidad en conejos Neozelandés y FVHM a diferentes edades de cosechas 8-10-12 días no presentan diferencias significativas entre ellas, tanto con agua natural como con agua con humus, a excepción de la dieta basal.

El FVHM cosechado a los 10 días de edad, obtuvieron los mayores coeficientes de digestibilidad, tanto con agua natural (4284,13) como con agua con humus (4209,67); pero en general la energía proporcionada por FVHM es muy alta, lo que permite indicar que es un buen alimento energético para los conejos (**Cuadro 4.9**).

**Cuadro 4.9. Evaluación de la digestibilidad y energía del FVHM a los 8-10-12 días de edad y dieta base. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Nutrientes (%)								
	MS	MO	PC	EE	ELN	NDT	Ceniza	Fibra	Kcal kg MS
A. Natural 8 días	90,12 a	95,8 a	88,72 b	88,26 a	93,41 a	92,71 a	57,41 c	80,8 ab	4079,31 a
A. Humus 8 días	90,88 a	96,48 a	92,8 ab	90,32 a	95,45 a	93,11 a	62,35 bcd	74,79 b	4096,86 a
A. Natural 10 días	91,63 a	96,33 a	95,92 a	93,3 a	93,73 a	97,37 a	79,49 ab	34,49 at	4284,13 a
A. Humus 10 días	93,73 a	97,83 a	95,47 a	93,88 a	95,9 a	95,67 a	83,28 a	88,13 a	4209,67 a
A. Natural 12 días	89,15 a	94,83 a	87,53 b	90,92 a	91,65 ab	92,23 a	62,69 bcd	88,68 a	4058,08 a
A. Humus 12 días	88,78 a	93,98 a	87,47 b	90,71 a	91,79 ab	89,36 a	76,71 abc	35,01 at	3931,71 a
Testigo	76,84 b	92,45 a	79,11 c	65,56 b	87,42 b	73,4 b	58,7cd	45,14c	3229,31 b
C.V. (%)	2,49	2,12	2,60	3,08	1,70	4,05	9,61	5,52	4,05

#### 4.2.11. Contrastes ortogonales

##### 4.2.11.1. Contrastes ortogonales factorial vs testigo

Según el contraste ortogonal la digestibilidad del factorial fue estadísticamente superior en todos los nutrientes, excepto en materia orgánica (**Cuadro 4.10**).

**Cuadro 4.10. Contraste ortogonal de grupos de tratamientos (FVHM) vs Testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandes. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Digestibilidad								
	M.S.	M. O.	P. C.	E. E.	E.L.N.	N.D.T	Ceniza	Fibra	Kcal kg MS
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>Forrajes</b>	90,72a	95,88a	91,32a	91,23a	93,66a	93,41a	70,32a	83,65a	4109,96a
<b>vs</b>									
<b>Testigo (Balanceado)</b>	76,84b	92,45a	79,11b	65,56b	87,42b	73,40b	58,70b	45,14b	3229,31b
<b>C.V. (%)</b>	<b>2,49</b>	<b>2,12</b>	<b>2,6</b>	<b>3,08</b>	<b>1,7</b>	<b>4,05</b>	<b>9,61</b>	<b>5,52</b>	<b>4,05</b>

##### 4.2.11.2. Contraste ortogonal del FVHM con agua natural vs testigo

De acuerdo al contraste ortogonal la digestibilidad del FVHM con agua natural fue estadísticamente superior en todos los nutrientes, excepto en materia orgánica (**Cuadro 4.11**).

**Cuadro 4.11. Contraste ortogonal del FVHM con agua natural vs testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandes. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Digestibilidad								
	M.S.	M. O.	P. C.	E. E.	E.L.N.	N.D.T	Ceniza	Fibra	Kcal kg MS
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>FVHM + agua</b>	90,30a	95,65a	90,72a	90,83a	92,93a	94,10a	66,53a	84,66a	4140,51a
<b>vs</b>									
<b>Testigo (Balanceado)</b>	76,84b	92,45a	79,11b	65,56b	87,42b	73,40b	58,70b	45,14b	3229,31b
<b>C.V. (%)</b>	<b>2,49</b>	<b>2,12</b>	<b>2,6</b>	<b>3,08</b>	<b>1,7</b>	<b>4,05</b>	<b>9,61</b>	<b>5,52</b>	<b>4,05</b>

#### 4.2.11.3. Contraste ortogonal del FVHM , agua con humus vs testigo

De acuerdo al contraste ortogonal la digestibilidad del FVHM, agua con humus fue estadísticamente superior en todos los nutrientes, excepto en materia orgánica (Cuadro 4.12).

**Cuadro 4.12. Contraste ortogonal del (FVHM), agua con humus vs testigo (balanceado) en la digestibilidad de nutrientes en conejos Neozelandés. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Digestibilidad								
	M.S.	M. O.	P. C.	E. E.	E.L.N.	N.D.T	Ceniza	Fibra	Kcal kg MS
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>FVHM + agua humus</b>	91,13a	96,10a	91,91a	91,64a	94,38a	92,71a	74,11a	82,64a	4079,41a
<b>vs</b>									
<b>Testigo (Balanceado)</b>	76,84b	92,45a	79,11b	65,56b	87,42b	73,40b	58,70b	45,14b	3229,31b
<b>C.V. (%)</b>	<b>2,49</b>	<b>2,12</b>	<b>2,6</b>	<b>3,08</b>	<b>1,7</b>	<b>4,05</b>	<b>9,61</b>	<b>5,52</b>	<b>4,05</b>

#### 4.2.12. Análisis de la correlación de los nutrientes del FVHM

Existe una correlación significativa y positiva de la MS entre ceniza y ELN; no así con la proteína, extracto etéreo y fibra. La proteína no tiene ninguna correlación significativa entre extracto etéreo, ceniza, fibra y ELN. El extracto etéreo tiene correlación significativa y positiva entre la fibra; no así con la ceniza y ELN. La ceniza tiene correlación significativa y positiva con la fibra, excepto con el ELN. La fibra no tiene ninguna correlación significativa con el ELN (Cuadro 4.13).

**Cuadro 4.13. Matriz de correlación de la digestibilidad de los nutrientes del FVHM.**

	<b>M.S</b> <b>(%)</b>	<b>Proteína</b> <b>(%)</b>	<b>Ext. Eter</b> <b>(%)</b>	<b>Ceniza</b> <b>(%)</b>	<b>Fibra</b> <b>(%)</b>	<b>ELN</b> <b>(%)</b>
M.S (%)	1,00	0,21 ns	0,35 ns	0,59 *	0,13 ns	0,66 *
Proteína (%)		1,00	0,01 ns	0,01 ns	0,00 ns	0,13 ns
Ext. Eter (%)			1,00	0,00	0,65 *	0,00 ns
Ceniza (%)				1,00	0,53 *	0,00 ns
Fibra (%)					1,00	0,05 ns
ELN (%)						1,00

ns: La asociación no es significativa ( $p < 0,05$ )

\* La asociación es significativa ( $p < 0,05$ )

### 4.3. Experimento 3. Respuesta biológica (engorde)

#### 4.3.1. Consumo de alimento (g)

Los consumos de alimentos se detallan en los **Cuadros 4.12**.

##### 4.3.1.1. Efecto simple de la edad del FVHM y el sexo sobre el consumo de alimentos

El consumo promedio del FVHM, registro diferencia estadística significativa ( $p \leq 0,05$ ) en los periodos 14-28-42 días y total, a excepción de los 56 días; reportando el mayor consumo el FVHM a los 12 días de edad, en todos los periodos; así mismo el consumo de alimento entre hembras y machos no presentan diferencias significativas ( $p = 0,05$ ) en ninguno de los periodos, lo que permite indicar que el FVHM fue muy bien aceptado por ambos sexos (**Cuadros 4.14**).

**Cuadro 4.14. Efectos simples de la edad del FVHM (MS) sobre el consumo de alimento en el engorde de conejos Neozelandés. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Factores	Consumo de alimentos				
	Días				
	14	28	42	56	Total
<b>a) Edades de cosecha (días) del FVHM</b>					
FVHM +8 días A.H	1237,22 a	1439,86 b	1596,11 b	1843,33 a	6116,52 b
FVHM +10 días A.H	1177,63 b	1439,59 b	1603,50 b	1849,45 a	6070,16 b
FVHM +12 días A.H	1240,46 a	1517,45 a	1731,39 a	1862,78 a	6352,07 a
<b>b) Sexo</b>					
Machos	1226,75 a	1478,54 a	1645,48 a	1840,18 a	6190,96 a
Hembras	1210,12 a	1452,72 a	1641,85 a	1863,52 a	6168,21 a
<b>C.V. (%)</b>	<b>0,77</b>	<b>2,20</b>	<b>3,93</b>	<b>4,51</b>	<b>1,65</b>

FVHM = Forraje Verde Hidropónico de maíz

A.H = Agua con humus

#### **4.3.1.2. Efecto de la interacción del FVHM por sexo sobre el consumo de alimentos**

En lo que respecta a la interacción del FVHM por sexo sobre el consumo de alimentos la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) dio como resultado que a los 14-28-días y total existe diferencias significativas, excepto a los 42 y 56 días, en donde el mejor tratamiento fue el T5 y T6 (hembras y machos) alimentados con FVHM de 12 días de edad, el consumo total de los tratamientos son superiores a los obtenidos por Sánchez (2010), quien reportó consumos de 5 656 g al utilizar FVHM deshidratado por 12-24 y 36 horas en el engorde de conejos Neozelandés (**Cuadro 4.15**).

**Cuadro 4.15. Consumo de alimento (MS) g cada 14 días y total en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad bajo seis tratamientos. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Forraje	Sexo	14 d	28 d	42 d	56 d	Total
FVHM -8 d. A.H	Machos	1251,11 a	1450 abc	1611,11 a	1842,22 a	6154,44 ab
FVHM -8 d. A.H	Hembras	1223,33 b	1429,71 bc	1581,11 a	1844,45 a	6078,6 ab
FVHM -10 d A.H	Machos	1182,47 c	1465,41 abc	1615,89 a	1864,67 a	6128,43 ab
FVHM -10 d. A.H	Hembras	1172,79 c	1413,78 c	1591,11 a	1834,22 a	6011,89 b
FVHM -12 d. A.H	Machos	1246,67 a b	1520,22 a	1709,45 a	1813,66 a	6290 ab
FVHM -12 d. A.H	Hembras	1234,25 a b	1514,67 ab	1753,33 a	1911,89 a	6414,14 a
CV (%)		0,77	2,20	3,93	4,51	1,65

#### 4.3.2. Ganancia en peso (g)

##### 4.3.2.1. Efecto simple de la edad del FVH sobre la ganancia de peso

No existe diferencia estadística Tukey, ( $p \leq 0,05$ ), en la ganancia de peso a los 14-42-56 días y total, excepto a los 28 días en el que el FVHM de 10 días de edad influyo en una mayor ganancia de peso (333,33 g) además la ganancia de peso entre sexos en los periodos de 14-28 días y total presentan diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ), superando los machos en esta variable a las hembras, es decir que fueron más eficientes en el aprovechamiento del FVHM (**Cuadro 4.14**).

##### 4.3.2.2. Efecto simple del sexo sobre la ganancia de peso

En los periodos de 14-28 días y total se presentan diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ), en la ganancia de peso de los sexos, superando los machos en esta variable, mientras que en los periodos 42-56 días son semejantes los sexos en la ganancia de peso (**Cuadro 4.16**).

**Cuadro 4.16. Efecto simple de la edad del FVHM y el sexo sobre la variable ganancia de peso en el engorde de conejo Neozelandés. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Factores	Ganancia de peso (g)				
	Días				
	14	28	42	56	Total
<b>a) Edades de cosecha (días) del FVHM</b>					
8 días A.H	291,56 a	324,83 b	342,50 a	330,56 a	1289,45 a
10 días A.H	278,61 a	333,33 a	363,67 a	312,72 a	1288,33 a
12 días A.H	282,56 a	326,05 b	348,23 a	342,89 a	1299,72 a
<b>b) Sexo</b>					
Machos	290,67 a	331,37 a	349,04 a	337,26 a	1308,33 a
Hembras	277,81 b	324,78 b	353,89 a	320,18 a	1276,67 b
CV (%)	4,05	0,98	6,78	7,19	1,75

A.H = Agua con humus

#### 4.3.2.3. Efecto de la interacción del FVHM sobre el sexo

La interacción FVHM por el sexo no presenta diferencias significativas Tukey, ( $p \leq 0,05$ ), a los 14-42-56 días y total excepto a los 28 días, estas ganancias de peso de las interacciones son superiores a la de Sánchez (2010) quien alcanzó ganancias de 909,50 g con conejos Neozelandés con 56 días; pero similares en el peso total de lo que reporta la FAO (2001), con 2,3 kg de peso vivo en 72 días (**Cuadro 4.17**).

**Cuadro 4.17. Ganancia de peso (g) cada 14 días en total en el engorde de conejos Neozelandes alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Tratamientos	Forraje	Tipo de agua	Sexo	P Inicial	Ganancia de peso cada 14 días				
					14 d	28 d	42 d	56 d	Total
<b>T1</b>	FVHM -8 d	A.H	Machos	950,00 a	300,00 a	327,22 a	343,89 a	330,00 a	1301,11 a
<b>T2</b>	FVHM -8 d	A.H	Hembras	938,89 a	283,11 a	322, 44 b	341,11 a	331,11 a	1277,78 a
<b>T3</b>	FVHM -10 d	A.H	Machos	956,67 a	278,89 a	338,33 a	365,67 a	321,55 a	1304,44 a
<b>T4</b>	FVHM -10d	A.H	Hembras	965,56 a	278,33 a	328,33 b	361,67 a	303,89 a	1272,22 a
<b>T5</b>	FVHM -12d	A.H	Machos	944,44 a	293,11 a	328,55 b	337,56 a	360,22 a	1319,44 a
<b>T6</b>	FVHM -12d	A.H	Hembras	960,00 a	272,00 a	323,55 b	358,90 a	325,55 a	1280.00 a
<b>CV (%)</b>				2	4,05	0,98	6,78	7,19	1,65

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

A.H = Agua con humus



### 4.3.3. Conversión alimenticia

Los resultados se detallan en la **Cuadro 4.16**.

#### 4.3.3.1. Efecto simple de la edad sobre la conversión para el FVHM

La conversión alimenticia de los FVHM fueron estadísticamente iguales a los 14-56 días y total; no así en los 28 y 42 días, siendo el FVHM cosechado a los 10 días de edad el que alcanzó la mejor conversión alimenticia en todos los periodos (**Cuadro 4.18**).

#### 4.3.3.2. Efecto simple del sexo sobre la conversión alimenticia

El efecto del sexo en la conversión alimenticia fue semejante en todos los periodos (**Cuadro 18**).

**Cuadro 4.18. Efecto simple de la conversión para el FVHM.**

Factores	Conversión alimenticia				
	Días				
	14	28	42	56	Total
<b>a) Edades de cosecha (días) del FVHM</b>					
8 días A.H	4,25 a	4,43 b	4,67 ab	5,40 a	4,69 a
10 días A.H	4,23 a	4,32 a	4,41 a	5,09 a	4,51 a
12 días A.H	4,40 a	4,66 c	4,99 b	5,36 a	4,85 a
<b>b) Sexo</b>					
Machos	4,23 a	4,46 a	4,64 a	5,29 a	4,66 a
Hembras	4,36 a	4,47 a	4,74 a	5,28 a	4,71 a
CV (%)	3,46	1,43	5,61	4,33	2,92

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ )

A.H = Agua con humus

#### 4.3.3.3. Efecto de la interacción del FVHM por el sexo

La interacción entre FVHM por sexo para la conversión alimenticia de acuerdo a la prueba de Tukey, ( $p \leq 0,05$ ), indica que no existe diferencia estadística a los 14, 42, 56 días y total, es decir que los factores no son independientes excepto a los 28 días (**Cuadro 19**).

**Cuadro 4.19. Conversión alimenticia cada 14 días y total del FVHM a los 8-10-12 días de edad, bajo seis tratamientos. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Conversión Alimenticia cada 14 días								
Tratamientos	Forraje	Tipo de agua	Sexo	14 d	28 d	42 d	56 d	Total
T1	FVHM -8 d	A.H	Machos	4,18 a	4,43 b	4,69 a	5,38 a	4,73 a
T2	FVHM -8 d	A.H	Hembras	4,32 a	4,43 b	4,64 a	5,42 a	4,76 a
T3	FVHM -10d	A.H	Machos	4,25 a	4,33 a	4,42 a	5,10 a	4,70 a
T4	FVHM -10d	A.H	Hembras	4,21 a	4,31 a	4,40 a	5,07 a	4,73 a
T5	FVHM -12d	A.H	Machos	2,269 a	4,63 b	5,10 a	5,39 a	4,77 a
T6	FVHM -12d	A.H	Hembras	4,54 a	4,68 b	4,89 a	5,33 a	5,01 a
CV (%)				3,46	1,43	5,61	4,33	2,92

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

AH = Agua con humus

#### **4.3.3.4. Análisis de correlación simple entre los valores de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia cada 14 días y total**

El grado de asociación entre la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a los 14 días, no existe ninguna correlación significativa (**Cuadro 4.20**).

El consumo de alimento entre la conversión alimenticia a los 14 días existe una correlación significativa y positiva (0,88), indicando que a medida que el consumo de alimento se incrementa de igual manera lo hace la conversión alimenticia.

La ganancia de peso para el consumo de alimento y conversión alimenticia a los 28 días no existe ninguna correlación significativa.

El consumo de alimento entre la conversión alimenticia a los 28 días no existe ninguna correlación significativa.

La ganancia de peso entre el consumo de alimento y conversión alimenticia a los 42 días no existe ninguna correlación significativa.

El consumo de alimento para la conversión alimenticia a los 42 días existe correlación positiva no significativa.

La ganancia de peso entre el consumo de alimento y conversión alimenticia a los 56 días no existe correlación significativa.

El consumo de alimento para la conversión alimenticia a los 56 días no existe correlación significativa.

La ganancia de peso total para el consumo de alimento total existe una correlación significativa y positiva (0,75), es decir que a mayor ganancia de peso existe mayor consumo de alimento, no así para la conversión alimenticia total, siendo positiva pero baja. El consumo de alimento total para la conversión alimenticia total, no existe ninguna correlación significativa.



#### 4.3.3.5. Peso vivo (g) y rendimiento a la canal (%)

De acuerdo a la prueba de Tukey, ( $p \leq 0,05$ ) existe diferencias estadísticas entre los tratamientos obteniendo mayor peso a la canal (g) y rendimiento a la canal (%) los machos que consumieron FVHM a los 10 días de edad, rendimientos similares a los obtenidos por Sánchez (2010) (**Cuadro 4.21; Figura 4.3 y 4.4**).

**Cuadro 4.21. Peso (g) y rendimiento a la canal (%) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Trata.	Forraje	Tipo de agua	Sexo	Peso vivo (g)	Peso a la canal (g)	Rend. a la canal (%)
T1	FVHM -8 d	A. H	Machos	2251,11 ab	1186,29 abc	52,69 b
T2	FVHM -8 d	A.H	Hembras	2216,67 b	1141,62 c	51,50 c
T3	FVHM -10d	A.H	Machos	2261,11 ab	1224,78 a	54,17 a
T4	FVHM -10d	A.H	Hembras	2237,78 ab	1186,05 abc	53,00 ab
T5	FVHM -12d	A.H	Machos	2263,89 a	1196,09 ab	52,83 b
T6	FVHM -12d	A.H	Hembras	2240,00 ab	1161,08 bc	51,83 bc
CV (%)				0,75	1,42	0,82

\* Promedios con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0,05$ )

A.H = Agua con humus

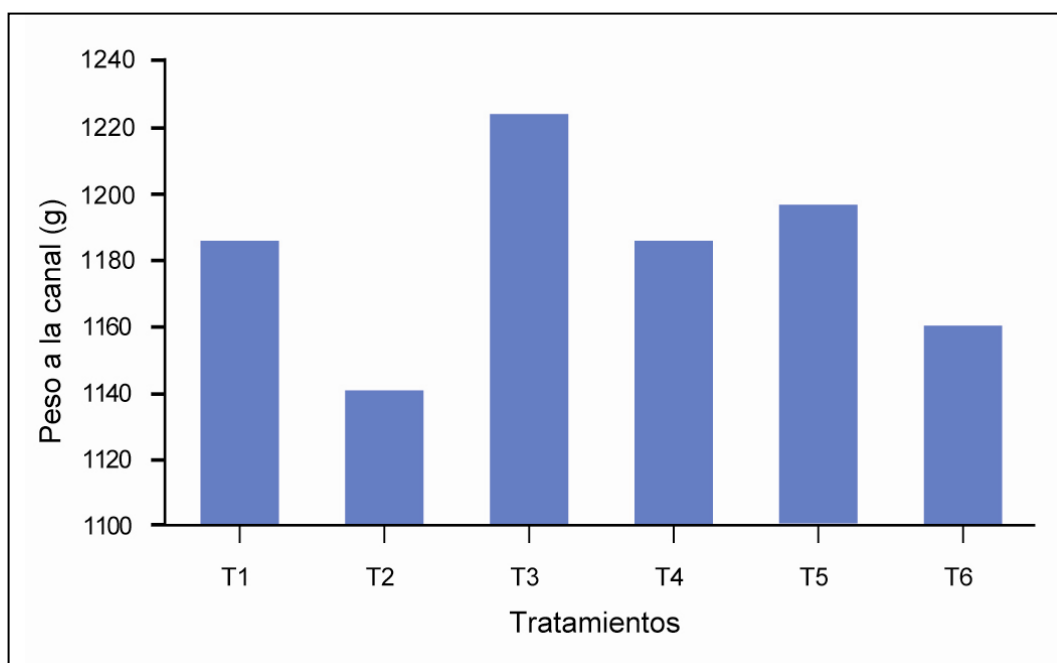


Figura 4.3. Peso a la canal (g) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011.

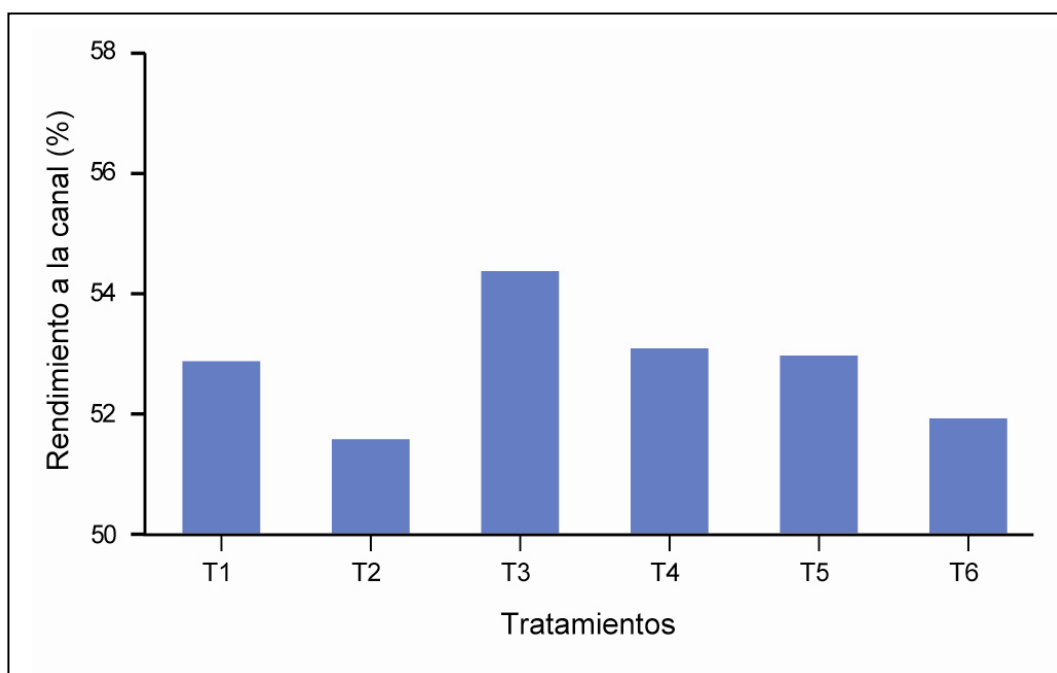


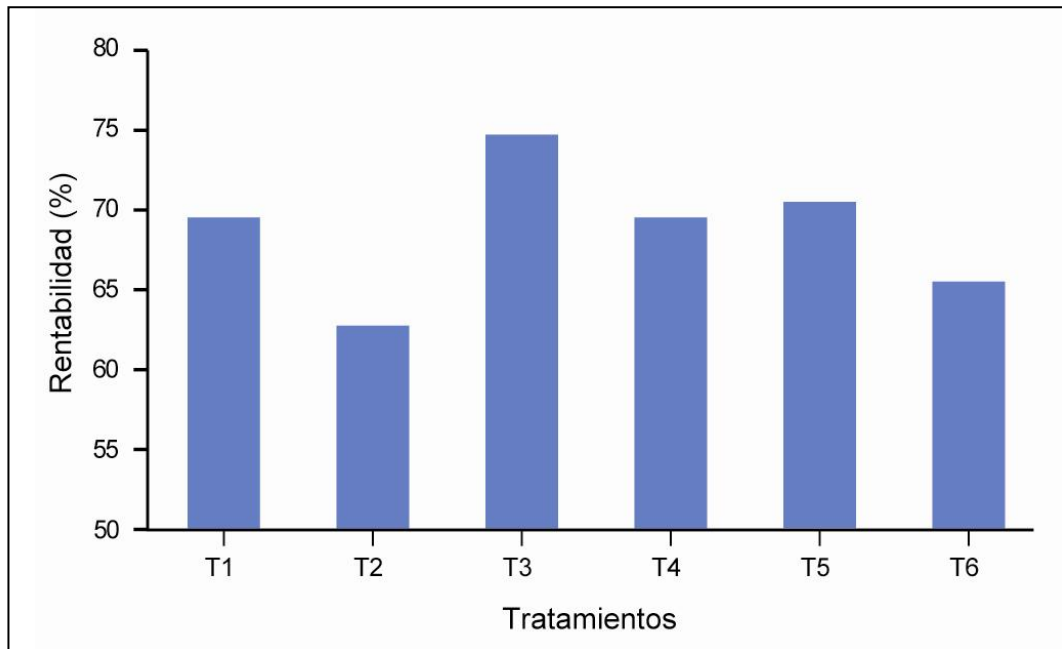
Figura 4.4. Rendimiento a la canal (%) en el engorde de conejos Neozelandés alimentados con FVHM a los 8-10-12 días de edad. Quinta LA FASE, Mocache 2011.

#### 4.3.4. Análisis económico

El mayor beneficio neto, rentabilidad y relación Beneficio/Costo lo presentan los machos y hembras que consumieron el FVHM de 10 días de edad, con USD 33,00 y 30,62; 74,76 y 69,48%; 0,75 y 0,69 respectivamente (**Cuadro 4.22; Figura 4.5**).

**Cuadro 4.22. Análisis de ingreso, costos y rentabilidad (%) en el engorde de conejos Neozelandés, alimentados con FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**

Conceptos	FVHM 8 días de edad		FVHM 10 días de edad		FVHM 12 días de edad	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
<b>Ingresos USD</b>						
<b>Carne producida kg</b>	10,68	10,27	11,02	10,67	10,76	10,45
<b>Precio/Kg USD</b>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
<b>Total Ingresos Bruto</b>	74,76	71,89	77,14	74,69	75,32	73,15
<b>Egresos USD</b>						
<b>Costos fijos</b>						
<b>Compra de conejos (\$4,00 c/u)</b>	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
<b>Galpon</b>	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
<b>Mano de obra directa</b>	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
<b>Comederos</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Bebederos</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Sanidad</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Total costos fijos</b>	42,15	42,15	42,15	42,15	42,15	42,15
<b>Costos Variables</b>						
<b>Alimentacion kg (Bal + FVHM)</b>	5,88	6,01	5,86	5,66	6,55	6,00
<b>Costo/kg (\$ 0,34)</b>	2,00	2,04	1,99	1,92	2,06	2,04
<b>Total de costos</b>	44,15	44,19	44,14	44,07	44,21	44,19
<b>Beneficio neto</b>	30,61	27,70	33,00	30,62	31,11	28,96
<b>Rentabilidad (%)</b>	69,33	62,68	74,76	69,48	70,37	65,54
<b>Relación B/C</b>	0,69	0,63	0,75	0,69	0,70	0,66



**Figura 4.5. Análisis económico (USD) en el engorde de conejos Neozelandés, alimentados con FVHM. Quinta LA FASE, Mocache 2011.**



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

##### **Experimento 1. Valoración química bromatológica del FVHM a los 8-10 y 12 días de edad**

- La composición bromatológica de FVHM a los 8-10-12 días de edad presentan una alta calidad de PC, buena fuente de minerales (Ca, P), alta concentración de energía, bajo porcentaje de celulosa, hemicelulosa, FDN, FDA y LDA; variando todos estos nutrientes por los días de cosecha del FVHM, lo que permite aceptar la hipótesis que dice: “La composición química bromatológica de forraje hidrorganopónico del maíz amarillo variara de acuerdo a la edad de cosecha”.
- El mayor rendimiento (kg) de forraje y altura lo alcanzaron los tratamientos 5 y 6 respectivamente.

##### **Experimento 2. Valoración nutritiva (digestibilidad *in-vivo*)**

- La digestibilidad de los nutrientes del FVHM a los 8-10-12 días de edad tienen un alto porcentaje de aprovechamiento por los conejos, variando su asimilación debido a la edad del forraje, por lo cual se acepta la hipótesis que dice: “la digestibilidad de nutrientes del forraje hidrorganopónico de maíz variara de acuerdo a los días de edad.

##### **Experimento 3. Respuesta biológica (Engorde)**

- Excelente aceptación del FVHM por los conejos, siendo el tratamiento seis el que obtuvo el mayor consumo de alimento.
- La ganancia de peso y conversión alimenticia total fueron similares entre los tratamientos, lo que permite indicar de que no se cumple la hipótesis que dice: “el

comportamiento productivo de los conejos Neozelandés alimentados con forraje hidrorganopónico de maíz variara de acuerdo a los días de edad.

- El mejor rendimiento a la canal lo obtuvo el tratamiento tres (machos que consumieron FVHM de 10 días de edad).
- Todos los tratamientos presentaron un balance económico favorable sin embargo la mejor relación beneficio/costo fue para el tratamiento tres, lo que permite manifestar que se cumple la hipótesis que dice: “El uso del forraje hidrorganopónico del maíz en la alimentación de conejos mejorara la relación beneficio/costo.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- En las condiciones en que se realizó la presente investigación, utilizar el FVHM ya sea de 8-10 y 12 días de edad, tanto en machos como en hembras, debido a su excelente palatabilidad, digestibilidad, buena ganancia diaria de peso (23 g), conversión alimenticia y su relación beneficio costo que rebasa el 63% en este tipo de especie.
- Utilizar el FVHM en todas las especies domésticas (conejos, cuyes, cerdos, aves) por su riqueza nutritiva, digestibilidad y sanidad.
- A los explotadores de conejos del área rural y urbana deben hacer uso del FVHM por el poco espacio requerido y la gran cantidad de biomasa obtenida y así generar carne sana y nutritiva para su alimentación y venta.
- La semilla de maíz debe ser de buena calidad, tanto genética como fisiológica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altusar, F.H. 1991. Cultivo en invernadero. 3a edición. Mundi prensa. México.
- Álvarez, A. 2007. Fisiología Digestiva Comparada de los Animales Domésticos. Impreso en el Ecuador.
- Amorim, A. C., K.T. Resende, A.N. Medeiros, S.D.A. Ribeiro, y J.A.C. Araujo. 2000 Composición bromatológica y degradabilidad "in situ" de la parte aérea de la planta de maíz, producida por hidroponía xxxvii, reunión anual de la sociedad Brasileira de Zootécnia, Viosa.
- Bautista, S., y J. Navas. 2002. Producción de forraje verde hidropónico de trigo triticum, tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Guerrero.
- Björnhag, G. 1981. Separation and retrograde transport in the large intestine of herbivores. *Livest. Prod. Sci.* 8:351
- Carabaño, R., M.J. Fraga, G. Santomá, y J.C. DE Blas. 1988. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion of soft and hard feces of rabbits. *J. Anim. Sci.* 66:901.
- Church, D., y W. Pond. 1996. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Quinta re-impresión. Editorial Limusa, S.A MEXICO, DF.
- Cossío, J. 1992. La Cría de Conejos en Cuba. Editorial Científico- Técnica. Impreso en Cuba.
- Crampton, E.W., y L.E. Harris. 1974. Nutrición animal aplicada. Editorial Acribia Zaragoza. Impreso en España.
- De Blas, J.C., y J. Wiseman. 1998. The Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing. Wallingford, UK. 352 p.

- Ehrlein, H., H. Reich, y M. Schwinger. 1983. Colonic motility and transit of digest during hard and soft faeces formation in rabbits. *J. Physiol.* 338:75.
- Fabian, C, 2008. Comparación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*
- FAO. 2001. Manual Técnico forrajero verde hidropónico, Chile.
- FAO. 2002. Forraje verde hidropónico: Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Forraje verde hidropónico: ventajas y recomendaciones: disponible en: <http://www.hidroenvironment.com>
- Gidenne, T. 1993. Measure of rate of passage in restricted fed rabbits: Effect of dietary cell wall level on the transit of fiber particles of different sizes. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 42:151.
- Gidenne, T. 1997. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livest. Prod. Sci.* 51:73.
- Henríquez, E.R. 2000. Manual de producao – forragem hidroponica de milho. FAZU 2000. Aberraba, Brasil.
- Herrera, 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico del trigo. *Revista de ciencia y tecnología de América. Venezuela.*
- Hongthong, P., K. Siton, T. Chay, y T.R. Preston. 2004. Water spinach (*Ipomoea aquatica*) and stylo 184 (*Stylosanthes guianensis* CIAT 184) as basal diets for growing rabbits. *Livest. Res. Rural Development.* 16:5.
- Hörnicker, H. 1981. Utilization of caecal digesta by caecotrophy (soft faeces ingestion) in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.* 8:361.

- Jehl, N., y T. Gidenne. 1996. Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 2. Consequences for microbial activity in the caecum and on incidence of digestive disorder. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 61:193.
- Jimenez, 1992. La cría de conejos en Cuba. Editorial científico- técnica. Ciudad de la Habana.
- Lebas, F., P. Coudert, R. Rouvier, y H. Rochambeau. 1996. The rabbit husbandry, health and production. *FAO Animal Production and Health. Series no. 21.* "<http://www.fao.org/docrep/x5082e/X5082E00.htm#Contents>" Disponible el 30 de octubre de 2006.
- León, 2005. Efecto del foto periodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz con diferentes soluciones nutritivas, para alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de grado Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica. ESPOCH. Riobamba – Ecuador.
- López, A.R., A.B. Murillo, y O.G. Rodríguez. 2009. El forraje verde hidropónico: una alternativa de producción de alimento para el Ganado de zonas áridas.
- Maynard, A.B. 1968. Fundamentos de la alimentación del ganado. Unión Tipográfica Editorial Hispano América. México.
- Moyano, G. 1994. Cultivo Hidropónico. Universidad Estatal Abierta y a Distancia, unisur.
- Muller, L., O. Santos, S. Medeiros, V. Haut, D. Dourado, E. Binotto, y A. Bandeira. 2005. Producción y composición bromatológica del forraje hidropónico de maíz con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. *Zootecnia Tropical.*
- Navas, J., J. Navas, y A. Córdova. A. 2005. Alimento balanceado. Forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos. *Revista Electrónica de*

- Veterinaria REVET, Noviembre- 2005. Veterinaria. Org comunidad virtual ISSN, 6(11): 1695-7504.
- Oceano-Centrum, 1995. Enciclopedia practica de la Agricultura y la Ganadería, s/f p 309.
- Pardo, R. 2007. Manual de Nutrición Animal. Primera edición, Bogotá - Grupo Latino
- Parra, A. 1996. Evaluación de enetivares criollos e híbridos de maíz para uso forrajero bajo condiciones de bosque seco tropical. Rev. Fac. Agron.
- Pezo, D., F. Halfmoon, y J. Arze. 1996. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso de gramíneas fertilizadas en el trópico húmedo de Costa Rica. Agronomica Costarricense.
- Piñuela, J. 1997. "El Humus de Lombriz" jp\_murdock[arroba]hotmail.com 01080[arroba]correo.zamorano.edu.hn.
- Resh, H. 2001. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción, versión española de José Santos Caffarena. Madrid, España, Ediciones Mundi Prensas.
- Reynoso, J.A. 1994. Evaluación de dietas granuladas altas en forraje en la Alimentación de Conejos. Tesis de licenciatura Universidad Antónima Chapingo, México.
- Riquelme, E. 2004. Apuntes de Cunicultura. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.
- Roca, T. 1993. Sistemas, Métodos y técnicas de manejo en la explotación cunicula industrial para carne, cunicultural.
- Rodríguez, S. 2000. Manual práctico de Hidroponía. Primera Edición. Impreso en Lima- Perú

- Rodríguez, S. 2000. Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red hidropónica. Lima, Perú.
- Ruiz, L. 1983. El Conejo, Manejo, Alimentación, Patología. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid.
- Sagi, V.L. 1976. Revista La Seremisima. Conferencia sobre cultivos hidropónicos, exposición en la bolsa de cereales. Buenos Aires Argentina.
- Sánchez, A. 2010. Forraje verde hidropónico de maíz deshidratado en el engorde de conejos Nueva Zelanda. Tesis de grado FCP – UTEQ, Quevedo Ecuador.
- Soca, N.M. 1994. La Zeolita en la dieta del conejo en España. Rev. Prod. Animal.
- Taiz, L., y E. Zerge. 2004. Fisiología vegetal. 3a edición. Editorial Artemed. Porto Alegre Brasil.
- Tarrillo, H. 2007. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal. Arequipa, Perú. Consultado 19-02-2010. Disponible en [http:// www. Ofertasa-gricola.cl/articulo](http://www.Ofertasa-gricola.cl/articulo).
- Tarrillo, O. (s/f) Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal. Disponible en: [www.forrajehidropónico.com](http://www.forrajehidropónico.com)
- Urias, E. 1997. Hidroponía como cultivo sin tierra. Red de hidroponía. Lima, Perú.
- Vargas, 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Meso Americana.

# **ANEXOS**



**Anexo A. Forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM) utilizado para la alimentación de los conejos Neozelandés.**



**Anexo B. Conejos en jaulas realizando la digestibilidad del forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM).**



**Anexo C. Heno del forraje verde hidrorganopónico de maíz (FVHM) (a) y pesaje de heces de los conejos Neozelandés (b).**



**Anexo D. Control del peso (a) y chequeo diario de los conejos Neozelandés (b).**





**Anexo E. Suministro del forraje verde hidrogenopónico de maíz (FVHM) (a) y sacrificio de los conejos Neozelandés (b).**



**Anexo F. Conejos faenados.**



