

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha.

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado de:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Autora:

Nelly Rocío Paillacho De La Cruz

Tutor:

Marcos A. Barros Rodríguez, PhD

Ambato – Tungurahua – Ecuador, 2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, NELLY ROCÍO PAILLACHO DE LA CRUZ, portadora de la cédula de identidad número: 1721100954, libre y voluntariamente declara que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha.”**, Es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

Nelly Rocío Paillacho De La Cruz

C.I. 172110095-4

DERECHOS DEL AUTOR

Al presentar el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “**Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha**”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario Zootecnista, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

Nelly Rocío Paillacho De La Cruz

C.I. 172110095-4

“Composición química y cinética de degradación ruminal de forraje verde hidropónico de avena a cuatro tiempos de cosecha.”

REVISADO POR:

Ing. Marcos Barros Rodríguez. PhD
TUTOR

Dr. Efraín Lozada
ASESOR DE BIOMETRIA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Ing. Hernán Zurita Vásquez, Mg.
Presidente del Tribunal

FECHA

Ing. Patricio Núñez. Mg.
Miembro del Tribunal de Calificación

FECHA

Ing. Jorge Ricardo Guerrero López
Miembro del Tribunal de Calificación

FECHA

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

Por la dicha de darme vida y a su madre la virgen María por permanecer junto a mí y permitirme alcanzar mis objetivos trazados y la meta alcanzada, A la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato gracias por permitirme y brindarme la oportunidad de cursar mi carrera universitaria.

A mi tutor

Dr. Marcos Barros Rodríguez y colaboradores quienes me brindaron su apoyo para la realización de la tesis.

A mis amigos

Compañeros de aula gracias por su amistad y compartir momentos gratos.

A mis queridos profesores

Un caluroso abrazo gracias al aporte de sus conocimientos me forjaron como futura profesional.

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis dedico a mis padres María Eulalia de la Cruz y Galo José Paillacho eternamente agradecida por su apoyo incondicional ante las adversidades siempre estuvieron presentes en cada una de mis etapas de estudiante, a mis hermanos José Luis, Oswaldo y Jesús gracias por confiar en mí.

A mis sobrinos Dayana, Isidro, Dilan, Jonás quienes me enseñan el camino de la alegría.

A mis cuñadas María Fernanda y Carolina por sus consejos oportunos.

Dios me los bendiga querida Familia.

GRACIAS

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	2
REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	2
2.1.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE.....	2
2.1.2. ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE PARA COMPLEMENTAR LOS SISTEMAS CONVENCIONALES	2
2.1.3. FACTORES QUE INFLUEYEN EN EL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)	2
2.1.3. DEGRADABILIDAD DE LA FIBRA EN RUMIANTES	4
2.2. CATEGORIA FUNDAMENTALES	5
2.2.1. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)	5
2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PLANTA	7
2.2.3. DIGESTIBILIDAD, %	8
2.2.4. DEGRADACIÓN RUMINAL	10
CAPITULO III.....	12
3.1. HIPÓTESIS	12
3.2. OBJETIVO GENERAL.....	12
3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO	12
CAPÍTULO IV.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	13
4.2. PROCESAMIENTO DE SEMILLAS Y SIEMBRA	13
4.3. TRATAMIENTOS	14
4.4. RECOLECCION DE MUESTRAS	14

5.5. VARIABLES DE RESPUESTA.....	14
5.5.1. Composición química	14
5.5.2. Determinación de degradación <i>in situ</i> de los nutrientes.....	14
5.5.3. Digestibilidad aparente <i>in vitro</i> de la Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO).	15
5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
CAPÍTULO V	16
5.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
CAPITULO VI.....	22
6.1. CONCLUSIONES.....	22
6.2. BIBLIOGRAFÍA	22
6.3. ANEXOS	25
CAPÍTULO VII	44
7. PROPUESTA	44
7.1. DATOS INFORMATIVOS	44
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	44
7.3. JUSTIFICACIÓN	45
7.4. OBJETIVOS.....	45
7.4.1. Objetivo general.....	45
7.4.2. Objetivos específicos	45
7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	46
7.6. FUNDAMENTACIÓN.....	46
7.7. METODOLOGÍA.....	46
7.8. ADMINISTRACIÓN.....	46
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico de FVHA para cuatro épocas de cosecha.....	3
Tabla 2. Cinética de la degradación ruminal <i>in situ</i> de la Fibra detergente neutra (FDN) del follaje de los árboles en estudio.....	4

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del Forraje verde hidropónico de avena (FVHA) ...	16
Cuadro 2. Degradación de la materia seca y degradación efectiva del FVHA.....	17
Cuadro 3. Degradación de la materia orgánica y degradación efectiva del FVHA.....	18
Cuadro 4. Degradación de fibra detergente neutra (FDN) y degradación efectiva del FVHA.....	19
Cuadro 5. Degradación de fibra detergente ácida (FDA) y degradación efectiva del FVHA.....	20
Cuadro 6. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y materia orgánica del FVHA ..	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Semilla de avena (<i>Avena sativa</i>) INIAP 86.....	25
Anexo 2. Siembra de semilla	25
Anexo 3. Germinación de la semilla cuarto día.....	26
Anexo 4. Germinación quinto día.....	26
Anexo 5. Cosecha octavo día.....	26
Anexo 6. Toma de muestra forraje verde.....	27
Anexo 7. Cosecha onceavo día	27
Anexo 8. Cosecha catorceavo día	27
Anexo 9. Cosecha diecisiete día	28
Anexo 10. Proceso de secado de cosechas.....	28
Anexo 11. Proceso de secado bajo invernadero.....	28
Anexo 12. Análisis de varianza para MS fracción A.....	29
Anexo 13. Análisis de varianza para la variable MS fracción B	29
Anexo 14. Análisis de varianza para la variable MS fracción C	29
Anexo 15. Prueba de Tukey para la variable MS fracción C.....	30
Anexo 16. Análisis de varianza para la variable MS fracción A+ B	30
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.02.....	30
Anexo 18. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.02	31
Anexo 19. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.05.....	31
Anexo 20. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.05	31
Anexo 21. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.08.....	32
Anexo 22. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.08	32
Anexo 23. Análisis de varianza para la variable MO fracción A	32
Anexo 24. Prueba de Tukey para la variable MO fracción A.....	33
Anexo 25. Análisis de varianza para la variable MO fracción B.....	33

Anexo 26.	Análisis de varianza para la variable MO fracción C.....	33
Anexo 27.	Prueba de Tukey para la variable MO fracción C.....	34
Anexo 28.	Análisis de varianza para la variable MO fracción A+B	34
Anexo 29.	Análisis de varianza para la variable MO fracción A+B	34
Anexo 30.	Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.02	35
Anexo 31.	Análisis de varianza para la variable MO y DE 0.05	35
Anexo 32.	Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.05	35
Anexo 33.	Análisis de varianza para la variable MO y DE 0.08	36
Anexo 34.	Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.08	36
Anexo 35.	Análisis de varianza para la variable FDN fracción A.....	36
Anexo 36.	Prueba de Tukey para la variable FDN fracción A.....	37
Anexo 37.	Análisis de varianza para la variable FDN fracción B	37
Anexo 38.	Análisis de varianza para la variable FDN fracción C	37
Anexo 39.	Prueba de Tukey para la variable FDN fracción C	38
Anexo 40.	Análisis de varianza para la variable FDN fracción A+B.....	38
Anexo 41.	Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.02	38
Anexo 42.	Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.05	39
Anexo 43.	Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.05	39
Anexo 44.	Análisis de varianza para la variable FDA fracción A.....	39
Anexo 45.	Prueba de Tukey para la variable FDA fracción A	40
Anexo 46.	Análisis de varianza para la variable FDA fracción B	40
Anexo 47.	Análisis de varianza para la variable FDA fracción C	40
Anexo 48.	Prueba de Tukey para la variable FDA fracción C	41
Anexo 49.	Análisis de varianza para la variable FDA fracción A+B.....	41
Anexo 50.	Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.02	41
Anexo 51.	Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.05	42
Anexo 52.	Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.05	42

Anexo 53.	Análisis de varianza para la variable Digestibilidad MS	42
Anexo 54.	Análisis de varianza para la variable Digestibilidad MO.....	43

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la edad de cosecha sobre el valor nutricional del forraje verde hidropónico de avena (FVHA). La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. Las semillas utilizadas de avena fueron de la variedad INIAP 82. La densidad de siembra fue 6.4 kg/m^2 y la fertilización química se la realizó cubriendo los requerimientos nutricionales para el cultivo mediante el agua de riego (1L/m^2 cada 6 h). El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (tiempos de cosecha; T1: 8, T2: 11, T3: 14 y T4: 17 días) y seis repeticiones. Se analizaron las siguientes variables: composición química, digestibilidad *in vitro* y degradación ruminal *in situ* de los nutrientes, esta prueba se la realizó mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen y para ello, se utilizaron seis toros de aproximadamente 450 ± 49 Kg de peso vivo. Los resultados muestran mayor ($P=0.0012$) contenido de MS en los tratamientos T2 (94.56), T3 (95.29) y T4 (95.28), con respecto a la MO, FDA, EB no mostraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, la FDN y Cenizas fue mayor ($P<0.05$) en los tratamientos T3 y T4 (45.72 y 47.91, 4.46 y 4.91 respectivamente) con relación a los demás tratamientos. El potencial de degradación de la MS y MO (A+B) no presentaron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, en la degradación efectiva fue mayor ($P<0.05$) en T1 y T2. Con respecto al potencial de degradación (A+B) y degradación efectiva de la FDN y FDA no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados ($P>0.05$). La digestibilidad *in vitro* de la MS y MO no mostraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). Bajo las condiciones de este estudio se puede concluir que los tiempos de cosecha del FVHA óptimos para la alimentación de los rumiantes son entre 8 y 11 días, ya que contiene el mayor contenido de nutrientes y mejores parámetros de degradación ruminal.

Palabras claves: Materia seca, Materia orgánica, Fibra detergente ácida, Fibra detergente neutra.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of the harvest age on the nutritional value of hydroponic green oat forage (HGOF). The research was carried out in the Faculty of Agriculture Sciences of the Technical University of Ambato. The seeds used of oat were of the variety INIAP 82. The planting density was 6.4kg/m², the chemical fertilization was done covering the nutritional requirements for the cultivation by irrigation water (1L/m² every 6 h). The experiment was conducted under a completely random design with four treatments (harvest times: T1:8, T2:11, T3:14 and T4:17 days) and six replicates. Were analyzed the following response variables: chemical composition, *in vitro* digestibility and *in situ* ruminal degradation of nutrients, this test was performed using the nylon bag in the rumen and six bulls of approximately 450±49 kg of live weight. The results show a greater (P=0.0012) MS content in treatments T2(94.56), T3(95.29) and T4(95.28), with respect to OM, FDA, EB did not show differences between treatments (P>0.05). However, NDF and Ash was higher (P<0.05) in treatments T3 and T4 (45.72 y 47.91, 4.46 y 4.91 respectively) in relation to the other treatments respectively. The potential degradation of DM and OM (A+B) did not show differences between treatments (P>0.05), however, in the effective degradation was greater (P<0.005) en T1 y T2. Regarding the degradation potential (A+B) and effective degradation of the NDF and ADF, they did not show differences between treatments evaluated (P>0.05). *In vitro* digestibility of DM and OM did not show differences between treatments (P>0.05). Under the conditions of this study it can be concluded that harvest times of FVHA for the feeding of ruminants are between 8 and 11 days, as it contains the highest nutrient content and better ruminal degradation parameter.

Keys words: Dry matter, organic matter, fiber acid detergent, neutral detergent fiber

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El incremento acelerado de la producción ganadera debido a la demanda de alimentos de origen animal ha provocado un aumento en la misma, ayudado por importantes innovaciones tecnológicas y cambios estructurales en el sector. Al mismo tiempo el manejo extensivo del ganado vacuno contribuye a la degradación de extensas áreas de pastizales, el cual participa en la deforestación mediante las prácticas realizadas para obtener pastos. Sin embargo en el ámbito intensivo, la concentración del ganado en parcelas de engorde provoca la contaminación del suelo y agua. (FAO, 2009).

En este sentido se mira como alternativa para este tipo de sistemas convencionales, el uso de la técnica de cultivo hidropónico, conocido como Hidroponía, utilizado para la obtención de forraje verde fresco. En la cual se obtiene biomasa natural a partir del crecimiento inicial de plantas en los estados de germinación temprana con una eficiente utilización de agua aprovechando al máximo la capacidad nutritiva del forraje (FAO, 2001).

Con el forraje verde hidropónico (FVH) se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino y cunícula con excelentes resultados (FAO, 2001). Sin embargo la producción de FVH se ve influenciada por varios factores como la densidad de siembra, tipo de cosecha y periodos de cosecha los cuales influyen en su valor nutritivo (Henríquez, 2000 citado por Herrera et al., 2010). Por otro lado Herrera et al. (2010) menciona que la combinación de metodologías existentes ofrecen una buena perspectiva sobre el momento óptimo de cosecha a partir de estudios convencionales (composición química) y no convencionales (estimación de la cinética ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro*).

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto del tiempo de cosecha sobre la degradación ruminal y digestión *in vitro* del forraje verde hidropónico de avena en busca de soluciones alimentarias para los rumiantes.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE

Ecuador es un país predominante agropecuario cuya producción convencional de forraje presenta dificultades (Vera, 2004). La creciente demanda de productos agropecuarios a ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles. Los pastos nativos ofrecen pocos nutrientes en la dieta animal, un exceso de pastoreo produce en el suelo gran pérdida de nutrientes y erosión del mismo (FAO, 2005). Un sistema de producción sostenible debe mejorar o mantener los recursos naturales sin devaluarlos (López, Murillo, & Rodríguez, 2009) protegiendo el suelo con una cubierta que dura toda el año mediante, la producción de alguna variedad de cultivos anuales y permanentes en sistemas mixtos y agroforestales (FAO, 2005) por ello la búsqueda de alternativas de producción considerando el ahorro de agua, menor superficie para su producción, buena calidad nutricional al mismo tiempo con disminución de efectos negativos sobre el medio ambiente (López et al., 2009).

2.1.2. ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE PARA COMPLEMENTAR LOS SISTEMAS CONVENCIONALES

Según Herrera et al. (2010) mencionan que una alternativa importante para afrontar las dificultades de la alimentación en rumiantes es la producción de forraje verde hidropónico (FVH) se basa en la utilización de soluciones nutritivas líquidas en lugar de utilizar el suelo como sustrato. Es considerado como forraje vivo de elevada calidad nutricional, alta digestibilidad, apta para la alimentación animal (Juárez et al., 2013).

2.1.3. FACTORES QUE INFLUEYEN EN EL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

Fuentes, Poblete, & Huerta. (2011) evaluaron los parámetros productivos y nutritivos de avena (*Avena sativa*) como FVH a través de diferentes ensayos. El primer ensayo para el tiempo de remojo de la semilla (0, 12, 24, 48h) midiendo su porcentaje de germinación, el mejor tratamiento fue 12h. El segundo ensayo fue con la dosis de semilla (1,6; 3,2; 4,8 y 6,4 m⁻²) midiendo el porcentaje de plantas normales, el mejor tratamiento fue 6.4 m⁻². El

tercer ensayo fue tiempos de cosecha 7, 10,13 y 16 días después de la siembra (DDS), midiendo los parámetros de altura de planta, conversión y análisis químico del material cosechado. El día 10 fue el mejor tiempo de cosecha por presentar mejor conversión de materia seca (MS) de forraje por MS de semilla, determinado por presentar 36,86% de MS; 14,79% proteína bruta, 18,77% fibra cruda, así como una mejor condición sanitaria de forraje como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico de FVHA para cuatro épocas de cosecha

Componente	Tiempo de cosecha (días)			
	7	10	13	16
Materia seca (%)	31.72b [†]	36.86 ^a	35.52 ^a	37.86 ^a
Proteína bruta (%)	12.78b	14.79 ^a	14.48 ^a	14.31 ^a
Fibra cruda (%)	17.04b	18.77 ^a	20.01 ^a	20.58 ^a
Grasas (%)	4.86b	6.65 ^a	7.76 ^a	6.30 ^a
Cenizas (%)	4.59 ^a	5.11 ^a	5.39 ^a	5.75 ^a

[†] Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas prueba Tukey ($p \leq 0.05$)

Fuentes et al. (2010)

En este sentido FAO, (2001) menciona que la densidad de siembra en el cultivo de FVH influye sobre la obtención de biomasa, la dosis de siembra recomendada fluctúan de 2,2 a 3,4 kg m⁻² dependiendo del tipo de semilla utilizada. Según López et al. (2009) la densidad de siembra para el maíz es de 2.5 kg por m², con mejor rendimiento de FVH, mayor cantidad de materia seca, con una producción de 17.20 kg.

Se reporta que la mejor densidad para el trigo fue de 4.7 kg m⁻², con rendimiento de 30.2 kg m⁻² en peso fresco y la relación de conversión de peso de semilla a peso de forraje fresco de 1:6,4. Para la cebada fue de 3.5 kg m⁻² con rendimiento de 32.8 kg m⁻² y relación de conversión de 1:9,3. Al incrementar la densidad el contenido de materia seca y la relación de conversión disminuyeron la cantidad de semilla para el trigo 4,7 kg m⁻², con rendimiento de 30,2 kg m⁻² en peso fresco y relación de conversión de peso de semilla a peso de forraje fresco de 1:6,4 presentando la relación de conversión a mayor incremento de semilla disminuye el contenido de MS (Sánchez, Castillo, & Moreno, 2013).

Según López et al. (2009) menciona que en la etapa inicial de crecimiento del FVH, la concentración de proteína cruda (PC) es menor presentando su mayor concentración a los

14-16 días, y consecuentemente la fisiología de la planta disminuye su calidad nutritiva. López et al.(2010) aporta que las medias de energía bruta (EB) varían de 3,8 a 4,2 Mcal.kg⁻¹ MS, presenta valores de Fibra detergente ácida (FDA) a los 14 días varia de 27 a 31%, incrementando de 38 a 43% progresivamente.

Baquero & Martínez (2007) valoraron dos tipos de forrajes hidropónicos (cebada y maíz), los valores de proteína varía de acuerdo a los días de cosecha y al tipo de cereal siendo el mejor resultado para la cebada el día 9 con proteína de 3.40%.

2.1.3. DEGRADABILIDAD DE LA FIBRA EN RUMIANTES

Delgado et al. (2001) señala que la degradación de un alimento en el rumen no sólo depende de las fracciones que la componen y de la velocidad de degradación, también lo es su tiempo de permanencia en el órgano, que está dado por la tasa de pasaje del alimento hacia las partes más bajas del tracto digestivo. Es por ello que se presenta la degradabilidad efectiva para la materia seca, estimada a partir de una tasa de pasaje.

En la siguiente Tabla 2 se muestra los indicadores de la cinética de degradación de la fracción fibrosa de los cuatro árboles. Los autores mencionan que el valor más alto para la gliricidia, mientras que la leucaena y el jaboncillo tuvieron valores intermedios entre estos dos y el menor para el orejón.

Tabla 2. Cinética de la degradación ruminal *in situ* de la Fibra detergente neutra (FDN) del follaje de los árboles en estudio.

Medidas	Gliricidia	S.saponaria	Leucaena	E.cylocarpun
Fracción potencialmente digestible 1(B%)	77.43	43.49	58.81	31.04
Tasa de digestión (c/h)	0.077	0.065	0.028	0.036
Degradabilidad efectiva% (para K=0.044)	61.28	35.24	28.11	29.02
DRS2	2.38	0.98	0.24	0.72

1B=A+B porque la fracción soluble A se consideró cero para la fibra

2 Desviación estándar de la ecuación (antecedentes)

Fuente: Delgado et al .(2001)

Se realizó un estudio para evaluar el valor nutricional y cinética de degradación *in situ* de ocho cultivos forrajeros de alto contenido proteico. Los cultivos forrajeros (*Medicago sativa L*),avena (*Avena sativa L*), pastos mixtos y Ryegrass (*Lolium multiflorum*) en etapas tempranas de floración, remolacha azucarera (*Beta vulgaris L*) y la col rizada (*Brassica napus var Pabularia*) raíz y hojas en madurez se determinó que el potencial degradable entre forrajes está más relacionado con las fracciones de las proporciones solubles e insolubles que posee cada cultivo. (Valderrama & Anrique, 2011).

2.2. CATEGORIA FUNDAMENTALES

2.2.1. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

Según Sánchez. (2007) el FVH es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz sorgo cebada alfalfa) que se realiza durante un período de 10 a 12 días, captando energía del sol, asimilando los minerales de la solución nutritiva. Con el FVH se obtiene grandes cantidades de biomasa vegetal a partir de la germinación y crecimiento de semillas de cereales se lo utiliza mezclado con ensilado de maíz, concentrado, alfalfa, paja de sorgo, con una cantidad aproximada de 4,5 kg de FVH en base fresca por vaca (Romero et al., 2009).

- **Densidad de siembra.**

Se define como el número de plantas por unidad de área de terreno, la cual tiene un efecto sobre la producción (Pulgarín, 2010). La FAO (2001) acota que la dosis de siembra recomendada fluctúa de 2,2 a 3,4 kg m⁻² dependiendo del tipo de semilla utilizada.

- **Proceso de germinación.**

Proceso en el cual un embrión se transforma en una plántula que sea capaz de valerse por sí misma, mediante mecanismos metabólicos y morfogenéticos. (Melgarejo & Suárez, 2007). Consiste en germinar las semillas sobre una bandeja, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura, generalmente con un periodo de oscuridad de 24 horas y posteriormente de luz promoviendo el desarrollo de pequeñas plántulas bajo un sistema de riego controlado, se cultiva semillas principalmente de sorgo, maíz, cebada, avena, trigo y vicia (Álvarez, 2011).

- **Propiedades del forraje verde hidropónico (FVH)**

Posee un alto contenido de vitaminas principalmente la A y E, carotenoides, cuyo contenido puede variar de 250 a 350 mg/ kg de materia seca (MS), así como, niveles altos de hierro, calcio y fósforo, de fácil digestibilidad, debido a la carencia de lignina, celulosa, y buena palatabilidad (Valdivia, 1996, citado Romero et al, 2009).

- **Ventajas del uso de forraje verde hidropónico (FVH)**

La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta con el control del volumen de agua, luz, nutrientes y CO₂ (FAO, 2001). Dentro de sus ventajas se menciona el empleo de menor cantidad de agua para su producción utiliza entre 30 y 50 veces menos agua para producir los mismos rendimientos que las especies forrajeras cultivadas en suelo pero en una superficie 1000 veces menor (Maldonado, Álvarez, Acevedo, & Sánchez, 2013). Disminuye las enfermedades y problemas de plagas; se obtiene forraje diariamente durante todo el año, así como programar la producción en base a la demanda, está protegido de las condiciones ambientales desfavorables como lluvias, bajas temperaturas y exposición directa del sol; es utilizable en su totalidad las raíces, tallos, hojas y las semillas sobrantes (Tarrillos, sf citado por Romero et al, 2009).

- **Alimentación con forraje verde hidropónico (FVH) en distintos animales**

La variedad de los usos de FVH son múltiples utilizándolo como alimento de vacas lecheras, caballos, ganado de carne, terneros, gallinas ponedoras, pollos, cerdos, conejos y cuyes FAO (2001). Para ello es necesario realizarse pruebas que involucren mayor cantidad de FVH en la dieta, ajustándole sobre los diferentes parámetros productivos, reproductivos y la salud del animal (Romero et al, 2009).

En un estudio realizado en bovinos de raza Normando con peso vivo de 345 kg, se evaluó la inclusión de FVH con tres tratamientos; T0: Tratamiento únicamente pastoreo, T1: Suplementación con FVH a razón de 3 kg/animal y pastoreo, T2: suplementación con FVH a 6 kg por animal y pastoreo, demostrando que ayuda a mejorar la producción de leche con un incremento promedio de 3.5 litros en cada animal en el Tratamiento T2, y un aumento de 2 litros en cada animal en el tratamiento T1 (Orjuela, 2015).

En este sentido (Baquero & Martínez, 2007) señala que, en vacas alimentadas con FVH de maíz a los 15 días incrementaron su producción de leche el 11,4%. Según (Noriega &

Córdova, 2005) acota que suministraron FVH de semillas de trigo y alimento balanceado (AB) en la alimentación de conejos machos criollos durante siete semanas y los resultados se observaron desde la cuarta semana con niveles de inclusión en proporción de 60% FVH + 40% AB con resultados similares de ganancia de peso cuando se utiliza 100% (AB).

Sánchez et al.(2013) menciona que la alimentación de borregos Pelihuey con propósito de engorda alimentados con FVH de trigo se obtuvieron ganancias diarias de peso vivo de 159g, frente a 136 g en el sistema de pastoreo con alimento concentrado y 116 g en el de alimento concentrado. (Sorgo molido y pasta de soya en relación 4:1), lo cual se muestra como alternativa técnica y económicamente viable en relación a otros tipos de dieta. Según (López-Aguilar, Murillo-Amador, & Rodríguez-Quezada, 2009) el FVH empleado en cabras aumenta significativamente la ganancia de peso de cabras registrándose 134,7 y 144,3 g/día para 70 y 25% suministrado en la dieta.

2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PLANTA

La composición química de todas las plantas es variable, y es afectada considerablemente por la etapa de crecimiento y la especie. En general, las plantas tiene la siguiente composición relativa: proteína, de moderada a baja; fibra de moderada a alta; las semillas tienen cantidades altas de almidón, de moderadas a bajas de fibra, de moderadas a altas de proteína, moderadas de lípidos, bajas de minerales, y de moderadas a altas de vitaminas. El valor alimenticio por lo general está relacionado negativamente con el contenido de fibra (Church, 2002).

La composición de la materia seca depende de las proporciones relativas de las paredes celulares y contenido celular. Las paredes celulares constan de celulosa y hemicelulosa reforzada con lignina. Las concentraciones de ambos componentes polisacáridos aumentan con la madurez, al igual que la lignina, lo que reduce la digestibilidad de los polisacáridos El contenido celular incluye los hidratos de carbono solubles incluyen fructanos y los azúcares de glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa (Mc Donald et al., 2011).

Las proteínas son los principales compuestos nitrogenados en el forraje con proteínas verdaderas que representan aproximadamente el 80% del nitrógeno total. Aunque el contenido total de proteínas disminuye con la madurez las proporciones relativas de los aminoácidos no se alteran grandemente. Para los rumiantes las características de las proteínas forrajeras son su degradabilidad ruminal y su digestibilidad. En forrajes

inmaduros ambas medidas son comúnmente muy altas pero disminuyen a medida que los forrajes maduran (y su contenido total de proteínas disminuye) en una planta madura una porción significativa de la proteína puede ser indigerible porque está unido a la fibra. La fracción nitrogenada no proteica del forraje varía con el estado fisiológico de la planta. En general cuanto más favorables sean las condiciones de crecimiento mayor será el contenido de nitrógeno no proteico y el valor total de nitrógeno, y a medida que las plantas maduren los contenidos de ambas disminuyen (Mc Donald et al., 2011).

El contenido de lípidos de las gramíneas determinado en la fracción de extracto etéreo, es comparativamente baja. El contenido mineral de los pastos es muy variable dependiendo de la especie, etapa de crecimiento, tipo de suelo, condiciones de cultivo y aplicación de fertilizantes (Mc Donald et al., 2011).

2.2.3. DIGESTIBILIDAD, %

La digestibilidad de los alimentos se define, con cierto grado de exactitud, como la cantidad que no se excreta en relación con la materia seca, como coeficiente o como porcentaje (Mc Donald et al., 2011).

- **Determinación de la digestibilidad**

Para determinar la digestibilidad, del alimento en estudio se administra a los animales en cantidades conocidas, determinándose la excreción fecal (Mc Donald et al., 2011).

- **Métodos especiales para determinar la digestibilidad**

Métodos en que se emplean indicadores los cuales pueden ser algún componente natural del alimento o alguna sustancia química que se mezcla con el mismo ejemplo lignina (Mc Donald et al., 2011).

- **Métodos de laboratorio**

La digestibilidad de la proteína de los alimentos puede determinarse a partir de la susceptibilidad al ataque *in vitro* con pepsina y ácido clorhídrico. También es posible recoger las secreciones del tracto digestivo mediante cánulas, y utilizarlas para realizar la digestión *in vitro* de los alimentos. La digestibilidad de materia orgánica es uno de los principales factores que determina el valor nutritivo del forraje. El determinante básico de la digestibilidad del forraje es la anatomía de la planta. Los contenidos de células vegetales

varia en digestibilidad siendo principalmente carbohidratos solubles y proteínas son casi completamente digeribles, pero las paredes celulares varían en digestibilidad según su grado de unión con la lignina. Así la digestibilidad disminuye a medida que las plantas aumentan con la madurez. La digestibilidad de las gramíneas también está influenciada por las porciones hoja/tallo la fermentación *in vitro* han permitido determinar la digestibilidad de diferentes fracciones de la planta (Mc Donald et al., 2011).

Factores que afectan la digestión

- **Factores referentes al animal**

Un factor importante es la especie, dentro de cada especie existen diversas etapas productivas que muestran hábitos y requerimientos alimenticios diferentes; por ende, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, de un novillo joven a un toro viejo (Shimada Miyasaka, 2005).

- **Factores referentes al alimento**

Composición química: la digestibilidad de un alimento está ligada con la composición química. Así la fracción de fibra bruta de un alimento influye en su digestibilidad, tanto por su cantidad como por su composición química (Yglesias, 2015).

La celulosa es rápidamente digerida, cuando se ve acompañada de lignina la digestibilidad de la fracción fibra, incrementa la fibra bruta, provoca mayor lignificación de las paredes celulares, disminuye la digestibilidad de otros constituyentes. El contenido de proteína del alimento tiene efecto sobre la digestibilidad aparente de la proteína la cual depende mucho de la proporción de proteína en el alimento.

Composición relativa hace referencia que el rumen debe existir un equilibrio entre los nutrientes, un exceso de carbohidratos solubles en la dieta baja la digestión de la celulosa, que provoca el nivel de alimentación el incremento en la cantidad de comida ingerida, influye en la velocidad de paso, por lo tanto menor tiempo de exposición a las enzimas (Yglesias, 2015).

2.2.4. DEGRADACIÓN RUMINAL

El nivel de degradabilidad entre leguminosas y gramíneas se ve influenciado por la cantidad de fibra, es así que por su bajo contenido de fibra las leguminosas son más digeribles, mientras tanto las gramíneas desarrollan en sus hojas una vena central que brinda rigidez y soporte haciendo que sus hojas tengan el doble de fibra que las leguminosas. La velocidad de degradación por los microorganismos en el rumen se ve influenciada por el tamaño y la forma de las partículas del alimento. El tamaño de las partículas de las leguminosas son cuboidales en el rumen, entre tanto las gramíneas presentan forma delgada y alargada. Esto resulta en mayores tasas de pasaje para las partículas de leguminosas, puesto que las partículas filamentosas de los pastos tardan más tiempo en abandonar el rumen. (Varga y Kolber, 1997 citado por Barahona & Sánchez, 2005).

En este sentido Shimada Miyasaka (2005) establece que la presencia de microorganismos en el rumen otorgan la posibilidad de desdoblamiento de los glúcidos estructurales o complejos: celulosa, hemicelulosa, pectina, utilización de nitrógeno no proteico para la conversión en aminoácidos a proteína microbiana, síntesis de vitaminas hidrosolubles, producción y utilización de ácidos grasos de cadena corta como fuente energética.

La microbiota ruminal consiste en su mayoría en bacterias y protozoarios las cuales poseen características funcionales comunes, así como algunas diferencias notables, presentan una gran diversidad de géneros y especies, lo que refleja la diversidad de alimentos existentes. La presencia de mayores bacterias de importancia fibrinolítica incluyen *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*, las cuales tienden a degradar las estructuras más fácilmente digestibles como las células del mesófilo, no obstante la *F. succinogenes* digiere células del parénquima empalizada, las paredes celulares de la epidermis y el esclerénquima. Los hongos anaeróbicos del rumen (8% de la biomasa microbiana del rumen), son importantes en la degradación de fibra, puesto que penetran tanto la cutícula como las paredes celulares de tejidos lignificados (Bauchop, 1979 citado por Barahona y Sánchez, 2005).

Orskov & McDonald (1979) describieron un modelo exponencial para estimar la degradabilidad ruminal de los nutrientes en función del tiempo de permanencia en el rumen con base en datos obtenidos por la técnica de degradación in situ $DR_{b_t} = a + b(1 - \exp^{-k_d * t})$, donde DR_{b_t} es la degradabilidad ruminal de la fracción b en el tiempo t , a es la

fracción soluble que es completamente degradable en el rumen, b es la fracción potencialmente degradable en el rumen, k_d es una constante y t es el tiempo de permanencia en el rumen. Mediante la técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de la técnica de la bolsa de nylon suspendido en el rumen. En este procedimiento, las bolsas de nylon (-5cmx15cm) se llenan con 2 a 3 g de la alimentación en cuestión y se incuban en el animal canulado (Galyean, 1980).

CAPITULO III

3.1. HIPÓTESIS

Los distintos tiempos de cosecha del forraje verde hidropónico de avena influyen sobre la composición química, cinética de degradación ruminal en bovinos y digestibilidad aparente *in vitro*.

3.2. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los tiempos de cosecha y composición química del forraje verde hidropónico de avena sobre el valor nutricional en toros fistulados.

3.3. OBJETIVO ESPECIFICO

- Evaluar el efecto de los tiempos de cosecha sobre la composición química del forraje verde hidropónico de avena.
- Analizar la composición química del forraje verde hidropónico de avena.
- Investigar la cinética de degradación ruminal y digestibilidad aparente del forraje verde hidropónico de avena en bovinos.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El siguiente ensayo se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el sector Querochaca, en la parroquia La Matriz del cantón Cevallos provincia de Tungurahua a una altitud de 2 960 msnm y a 16 Km al Sur Oeste de la ciudad de Ambato. En las siguientes coordenadas geográficas 1°25'20'' de latitud Sur, 78° 36'22'' de longitud Oeste.

De acuerdo a los datos de la Estación Meteorológica de primer orden ubicada en la Granja Experimental Docente Querochaca, los datos meteorológicos de los años 2005 al 2009, da a conocer que esta zona es templada, con temperatura media de 12,5°C, y precipitación anual de 600 mm, humedad relativa de 77% y velocidad de viento de 4,2 m/s.

4.2. PROCESAMIENTO DE SEMILLAS Y SIEMBRA

Se utilizaron semillas de *Avena sativa L*, variedad INIAP 82: las semillas se sumergieron en un recipiente con agua por un periodo de 24 horas (pre germinación). Luego se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 5 %, dejándolas remojar por 10 minutos, luego se enjuagaron con agua corriente. Posteriormente se sembró bajo invernadero en bandejas plásticas a una densidad de siembra de 6.4 kg por m² manteniendo una temperatura de 20 °C aproximadamente (Fuentes et al., 2011) y cubriéndola de la exposición al sol con una malla saran al 50%. Previo a la siembra se realizó una prueba de germinación en la cual se obtuvo el 95.5 %.

Inmediatamente después de la siembra, se regó con ayuda de un pulverizador manual 1 L de agua por m² cada 6 horas. A partir del primer día de germinación (4 días post siembra) hasta dos días antes de la cosecha se procedió a fertilizar de forma foliar cada 6 horas con la siguiente formulación por litro de agua: 192,84 mg L⁻¹ de N, 24,9 mg L⁻¹ de P, 190 mg L⁻¹ de K, 100 mg L⁻¹ de Ca y 67 mg L⁻¹ de Mg, Acorde a Rodríguez, (2003) citado por Fuentes et al, (2010).

4.3. TRATAMIENTOS

Los días a la cosecha fueron contemplados como tratamientos (T) en la siguiente distribución: T1: 8 días, T2: 11 días, T3: 14 días y T4: 17 días posterior a la germinación.

4.4. RECOLECCION DE MUESTRAS

Se tomaron aproximadamente 3 kg de 8, 11, 14, 17 días señalados de cada repetición (5 por tratamiento) de FVH y se secó en una estufa a 60°C hasta peso constante para determinar la materia seca. Luego se trituroó en un molino de martillo con un tamaño de criba de 2 mm. Posteriormente se pasó por un tamiz de 1 mm para homogenizar el tamaño de partícula y realizar los análisis de laboratorio de degradación y digestión ruminal de los nutrientes.

5.5. VARIABLES DE RESPUESTA

5.5.1. Composición química

Se estimó siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (1990) para materia seca (MS), y cenizas. El contenido de FDA, FDN según el método 12 y 13 de digestión de fibra ANKOM²⁰⁰⁰. El contenido de energía mediante una bomba calorimétrica. La proteína mediante el análisis elemental de Kjeldahl (N*6.25) utilizando el equipo LECO 268 (LECO Corporation).

5.5.2. Determinación de degradación *in situ* de los nutrientes

Se evaluó mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen descrita por Ørskov et al. (1980). En cada toro (n=6), dos bolsas que contenían 5 gramos MS de cada tratamiento fueron incubadas por 0, 3, 9, 12, 48 y 72 h. Al finalizar las 72 h las bolsas fueron removidas y lavadas con agua corriente y secadas a 60 °C. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h), no se incubaron en el rumen y sólo se lavaron con agua corriente. Los residuos se almacenaron en bolsas de polietileno a -4 ° C hasta su posterior análisis en el laboratorio. El desvanecimiento de los nutrientes fue calculado como una proporción del material incubado y residual. Los datos se ajustaron a la ecuación: $Y = a + b(1 - e^{-c^t})$ y la degradación efectiva se ajustó mediante la ecuación $DE = a + [(b*c)/(c + k)]$

considerando una tasa de pasaje de 5% (Ørskov y McDonald, 1979; Prisma 4, GraphPad Software, Inc. de San Diego, CA, USA.).

5.5.3. Digestibilidad aparente *in vitro* de la Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO).

Se obtiene el contenido del rumen (líquido y fracciones sólidas) por separado de cada individuo (tres toros canulados). Se obtiene el contenido ruminal antes de la alimentación y se mantiene a 39 ° C en un recipiente de plástico sellado e inmediatamente fue transportado al laboratorio para su procesamiento dentro de 1 h desde la recolección. Para la mezcla artificial buffer se preparó un medio rico en nitrógeno (saliva artificial) según Menke y Steingass (1988).

De cada tratamiento se tomó 0.5 g de MS se colocó en botellas de vidrio (100 ml de capacidad nominal). Después, se añadieron 60 ml de inóculo ruminal (70:30 medio/inóculo ruminal) bajo un flujo de CO² constante. Los frascos se sellaron y se incubaron a 39-40 ° C. Para cada tratamiento se utilizaron 7 frascos de vidrio (repeticiones) y 3 frascos adicionales se utilizaron como blanco. Al final de la incubación, la digestibilidad *in vitro* (MS y MO) se estimó mediante el filtrado de los residuos y de corregir con la MS y MO residual en los blancos.

5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones (tiempos de cosecha). Todos los datos fueron analizados según el modelo empleado mediante el PROC GLM. La comparación de media de todas las variables se realizó mediante la prueba de Tukey. Adicionalmente, se realizó una transformación polinomial ortogonal de los datos para observar si la respuesta es lineal o cuadrática (SAS 2009).

CAPÍTULO V

5.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Composición química**

En la Tabla 3 se observa que la MS del FVHA presenta diferencias estadísticas ($P=0.0012$) entre tratamientos, sin embargo T3 y T4 comparten el nivel de significancia. La MO no mostró diferencias estadísticas ($P=0.0634$) entre las medias de los tratamientos. Se observó en FDN diferencia estadística entre la media de los tratamientos. Sin embargo, en la FDA y la EB no se observó diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre las medias de los tratamientos. No obstante, el contenido de cenizas mostró diferencia estadísticas ($P= 0.0002$) entre la media de los tratamientos.

Cuadro 1. Composición química del Forraje verde hidropónico de avena (FVHA)

	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
MS	92.16 ^b	94.56 ^{ab}	95.29 ^a	95.28 ^a	0.921	0.0012	0.0034	0.0578
MO	96.30	96.21	95.54	95.09	0.598	0.0634	0.0745	0.0598
FDN	43.42 ^b	41.45 ^c	45.72 ^{ab}	47.91 ^a	0.201	0.0001	0.0510	0.0345
FDA	20.63	20.04	21.21	21.86	0.214	0.4561	0.0647	0.0589
EB (kcal)	4.59	4.61	4.58	4.59	0.122	0.0765	0.0854	0.0679
Cenizas	3.70 ^b	3.78 ^b	4.46 ^{ab}	4.91 ^a	0.176	0.0002	0.0124	0.0602

^{a,b,c} Medias con letras distintas entre tratamientos difieren significativamente ($P<0.05$). ESM: error estándar de la media. L: lineal, C: cuadrática. MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente ácida, EB: Energía bruta, T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha.

Los resultados obtenidos en la composición química del FVHA (Tabla. 3) presenta una mejor composición química a los 17 días de cosecha posiblemente estuvo relacionado con el crecimiento de la planta, ya que a medida que la célula de la planta madura, ocurren

cambios químicos, anatómicos e incremento de la pared celular (Herrera et al., 2010), algo observado en esta investigación. Estos resultados son consistentes a los reportados por Espinoza et al. (2004); FAO (2001); Vargas-Rodriguez (2008) quienes mencionan que al aumentar los días a la cosecha de los forrajes se incrementa el contenido de materia seca y aumento en el contenido de fibra. Con respecto al contenido de cenizas estos datos son consistentes a los reportados por (Fuentes et al., 2011) quien obtuvo aumento en el contenido a los 16 días de cosecha en FVHA.

- **Degradación de la Materia Seca**

Los parámetros de degradación ruminal de la materia seca la fracción A y B, así como, el potencial de degradación A+B no mostraron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos ($P>0.05$); sin embargo, (*c*) la tasa de degradación (%/hora) y la degradación efectiva presenta diferencias significativas entre la media de los tratamientos ($P<0.05$) (Tabla 4).

Cuadro 2. Degradación de la Materia seca y Degradación efectiva del FVHA

Parámetros	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
Degradación de MS (%)								
A	61.34	59.22	59.35	58.4	0.870	0.1386	0.0371	0.5109
B	24.23	24.27	24.6	24.8	0.851	0.9519	0.5876	0.9676
<i>c</i>	0.028 ^b	0.059 ^a	0.028 ^b	0.028 ^b	0.0059	0.0031	0.2841	0.0193
A+B	85.58	83.50	84.04	83.20	1.172	0.5010	0.2228	0.6027
Degradación efectiva (%)*								
0.02	75.08 ^{ab}	76.81 ^a	72.93 ^{bc}	72.78 ^c	0.561	0.0001	0.0004	0.1093
0.05	69.80 ^{ab}	71.90 ^a	67.71 ^{bc}	67.31 ^c	0.610	0.0001	0.0004	0.0540
0.08	67.48 ^{ab}	69.18 ^a	65.43 ^{bc}	64.88 ^c	0.592	0.0002	0.0003	0.0719

^{a,b,c} Medias con letras distintas entre tratamientos difieren significativamente ($P<0.05$). ESM: error estándar de la media. A: fracción soluble, B: fracción soluble pero potencialmente degradable, *c*: tasa de degradación en porcentaje por hora, A+B: potencial de degradación ruminal. L: lineal, C: cuadrática. T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha. *: Tasa de pasaje (k) por hora

- **Degradación de la Materia Orgánica**

La degradación ruminal de la materia orgánica en la fracción (A) presentaron diferencias estadísticas ($P=0.0412$) observando mayores resultados en (T1 y T3) y difiriendo de (T2 y

T4) respectivamente; así como la fracción soluble pero potencialmente degradable (B) no mostró diferencias estadísticas ($P=0.8350$) entre la media de los tratamientos evaluados; no obstante, (c) la tasa de degradación (%/hora) y la degradación efectiva mostró diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre las medias de los tratamientos, siendo el mejor T2. (Tabla. 5).

Cuadro 3. Degradación de la materia orgánica y degradación efectiva del FVHA

Parámetros	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
Degradación de MO (%)								
A	61.70 ^a	58.86 ^{ab}	59.41 ^{ab}	58.06 ^b	0.858	0.0412	0.0139	0.3937
B	24.96	25.01	25.79	25.82	0.890	0.8350	0.4068	0.9926
c	0.028 ^b	0.060 ^a	0.026 ^b	0.028 ^b	0.0057	0.0009	0.2111	0.0133
A+B	86.66	83.87	85.21	83.89	1.213	0.3374	0.2134	0.5529
Degradación efectiva (%) *								
0.02	75.78 ^a	77.23 ^a	73.20 ^b	72.83 ^b	0.550	0.0001	0.0001	0.1148
0.05	70.36 ^a	72.20 ^a	67.80 ^b	67.16 ^b	0.597	0.0001	0.0001	0.0522
0.08	67.98 ^a	69.36 ^a	65.48 ^b	64.68 ^b	0.587	0.0001	0.0001	0.0779

^{a,b,c} Medias con letras distintas entre tratamientos difieren significativamente ($P<0.05$). ESM: error estándar de la media. A: fracción soluble, B: fracción soluble pero potencialmente degradable, c: tasa de degradación en porcentaje por hora, A+B: potencial de degradación ruminal. L: lineal, C: cuadrática. T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha. *: Tasa de pasaje (k) por hora

La cinética de degradación ruminal observada en la MS y MO (Tabla. 4 y 5) pudo estar relacionado, con el menor contenido de carbohidratos no estructurales presente en los estadios tempranos del forraje (Tabla. 3) (Herrera et al., 2010), debido a que almidones presentes al inicio de la germinación se van catabolizando en azúcares solubles, para los procesos fisiológicos de la respiración y en la síntesis de la pared, la degradación efectiva y la tasa de degradación de la MS y MO fue mayor en T2 posiblemente al aumento en el contenido de fibra relacionado con el número y el tamaño de las paredes de la célula, a medida que avanza la edad de la planta (James, 1938; Herrera-Torres et al 2010) (Tabla 4 y 5). Estos resultados son consistentes a los reportados por (Cerrillo et al., 2012).

- **Degradación de la Fibra Detergente Neutra**

La degradación ruminal de la FDN en la fracción soluble (A) presentaron diferencias estadísticas ($P=0.0043$) entre las medias de los tratamientos, observando mayores resultados (T1 y T4) y difiriendo de T3 y T2 respectivamente; así como (*c*) en la tasa de degradación (% /hora) hubo diferencias estadísticas significativas ($P=0.0028$) difiriendo con respecto a los demás tratamientos T2. Con respecto a la fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), potencial de degradación (A+B) y degradación efectiva no mostraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre las medias de los tratamientos (Tabla 6).

Cuadro 4. Degradación de fibra detergente neutra (FDN) y degradación efectiva del FVHA

Parámetros	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
Degradación de FDN								
A	29.87 ^a	22.59 ^b	27.61 ^{ab}	30.13 ^a	1.4255	0.0043	0.3731	0.0026
B	51.13	47.56	50.56	42.94	2.6971	0.1571	0.0889	0.4612
<i>c</i>	0.019 ^b	0.051 ^a	0.022 ^b	0.025 ^b	0.0056	0.0028	0.6491	0.0196
A+B	81.07	70.16	78.17	73.08	3.4272	0.1383	0.3103	0.4064
Degradación efectiva *								
0.02	53.31	54.68	51.78	53.48	0.9671	0.2417	0.5851	0.8649
0.05	43.26	44.98	41.73	44.20	1.0950	0.2145	0.9277	0.7356
0.08	39.30	39.91	37.65	40.20	1.0478	0.3401	0.9272	0.3673

^{a,b,c} Medias con letras distintas entre tratamientos difieren significativamente ($P<0.05$). ESM: error estándar de la media. A: fracción soluble, B: fracción soluble pero potencialmente degradable, *c*: tasa de degradación en porcentaje por hora, A+B: potencial de degradación ruminal. L: lineal, C: cuadrática. T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha. *: Tasa de pasaje (k) por hora.

- **Degradación de Fibra Detergente Ácida**

La degradación ruminal de la FDA en la fracción soluble (A) presenta diferencia estadística ($P=0.0037$) compartiendo el mismo nivel de significancia entre los tratamientos T1, T3 y T4 difiriendo de T2; sin embargo (*c*) en la tasa de degradación en (% /hora) mostró diferencia estadística ($P=0.0032$) entre los tratamientos T1, T3 y T4 difiriendo T2 (0.046). Con respecto a la fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), potencial

de degradación (A+B) y degradación efectiva no mostraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos (Tabla 7).

Cuadro 5. Degradación de fibra detergente ácida (FDA) y degradación efectiva del FVHA

Parámetros	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
Degradación FDA								
A	18.02 ^a	8.27 ^b	15.11 ^a	15.20 ^a	1.6606	0.0037	0.8297	0.0077
B	60.05	59.98	57.58	54.00	3.0168	0.4641	0.1435	0.5667
c	0.020 ^b	0.046 ^a	0.021 ^b	0.026 ^b	0.0047	0.0032	0.7391	0.0496
A+B	78.09	68.26	72.69	69.21	3.6097	0.2406	0.1838	0.3903
Degradación efectiva *								
0.02	44.61	47.45	43.30	45.53	1.2477	0.1536	0.8045	0.8124
0.05	32.75	35.03	30.93	33.71	1.4431	0.2636	0.8544	0.8642
0.08	28.25	28.71	26.36	28.55	1.3994	0.6206	0.8191	0.5466

^{a,b,c} Medias con letras distintas entre tratamientos difieren significativamente ($P<0.05$). ESM: error estándar de la media. A: fracción soluble, B: fracción soluble pero potencialmente degradable, c: tasa de degradación en porcentaje por hora, A+B: potencial de degradación ruminal. L: lineal, C: cuadrática. T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha. *: Tasa de pasaje (k) por hora

Los resultados obtenidos (Tabla. 6 y 7) en la degradación de FDN y FDA se observa que en la fracción (c) presenta diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo los tratamientos T1,T3 y T4 difiere de T2 a los 11 días de cosecha el grado de degradación posiblemente a la influencia que ejerce la composición química de su pared celular (Müller et al,2006), donde el FDN representa el contenido fibroso (hemicelulosa, celulosa y lignina) con respecto a FDA representa la cantidad de fibra indigestible (Vargas-Rodriguez, 2008), cuyo grado de lignificación se relaciona con la disminución en la degradación. Estos resultados son inferiores a los reportados por FAO (2001) evaluaron el contenido de FDN a los 7, 11 y 15 días, valores de 56,0, 63,0 y 58,0% de FDN en FVHA. Con respecto al FDA los datos obtenidos en esta investigación (Tabla 3) sus resultados son consistentes ya que representa la cantidad de fibra indigestible cuyos valores < 30 favorecen el consumo de MS (Mertens,1994 citado por Herrera-Torres et al., 2010)

Digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO)

La digestibilidad *in vitro* de MS y MO no mostró diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 6. Digestibilidad *in vitro* de la Materia seca y Materia orgánica del FVHA

Parámetros	Tratamientos				ESM	P	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
DINVMS	61.41	62.38	60.36	59.91	1.237	0.5068	0.2500	0.5703
DINVMO	64.04	66.78	64.30	63.68	1.220	0.2881	0.5198	0.1825

DMS: Digestibilidad de materia seca, DMO: Digestibilidad de materia orgánica. ESM: error estándar de la media. L: lineal, C: cuadrática. T1: 8, T2: 11, T3: 14, T4: 17 días de cosecha

La digestibilidad *in vitro* de MS y MO en nuestro trabajo no presenta diferencias estadísticas significativas ($P=0.5068$; 0.2881) a los tiempos de cosecha (Tabla. 8) esto difiere de (Herrera et al., 2010) quien añade que la digestibilidad verdadera en este tipo de forraje disminuye en ~5% entre los 10 y 12 días de cosecha (81-77%). No obstante (Cerrillo et al., 2012) presenta valores 7% mayores a los 10 días (77,9%) que a los 12 días (72,7%).

CAPITULO VI

6.1. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio, se concluye que los tiempos de cosecha del FVHA óptimos para la alimentación de los rumiantes son entre 8 y 11 días; ya que contiene el mayor contenido de nutrientes y mejores los parámetros de degradación ruminal.

Con respecto a la degradación ruminal *in situ* de los nutrientes fue mayor en los estadios iniciales del forraje; esto, posiblemente influenciada por el menor contenido de carbohidratos no estructurales.


6.2. BIBLIOGRAFÍA







- Álvarez, F. (2011). *Manual de Producción de Forraje Verde Hidropónico* (Primera Ed). Lima: Soluciones Prácticas. Retrieved from <http://repositorio.solucionespracticas.org.pe:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/255/Produccionforraje.pdf?sequence=1>
- Baquero, C., & Martínez, S. (2007). *Incidencia de dos cereales: Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mays*) como forraje hidropónico en la alimentación de vacas lecheras en la hacienda San Luís de Agualongo*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Retrieved from <http://dspace.pucesi.edu.ec/handle/11010/221>
- Bauchop, T. 1979. Rumen anaerobic fungi of cattle and sheep. *Applied and Environmental Microbiology*. 38: 148-158. Beauchemin,
- Barahona, R., & Sánchez, S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales. *Artículo de Revisión*, 6, 69–82.
- Cerrillo, M., Arturo, J., Rivera, J., Guerrero, M., Ramírez, R., & Barragán, H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37, 906–913.
- Church, D.C.; W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. 635
- Delgado, D. C., La, O. O., Chongo, B., Galindo, J., & Obregón, Y. (2001). Cinética de la degradación ruminal *in situ* de cuatro árboles forrajeros tropicales: *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sapindus saponaria* y *Gliricidia sepium*. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola*, 35, 141–145.
- Espinoza, F., Argenti, P., Urdaneta, G., Araque, C., Fuentes, A., Palma, J., & Bello, C. (2004). Uso del forraje de maíz (ZEA MAYS) hidropónico en la alimentación de

- toretos mestizos. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 22, 1–6.
- FAO. (2001). *Manual Técnico Forraje verde hidropónico* (Vol. 66). Santiago, Chile.
- FAO. (2005). *Ganadería y deforestación*. Retrieved from www.fao.org/3/a-a0262s.pdf
- FAO. (2009). El Estado mundial de la agricultura y la alimentación.
- Fuentes, F., Poblete, C., & Huerta, M. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto Assessment of production and nutritious quality of oats as green hydroponic fodder under desert conditions. *Idesia*, 29, 75–81.
- Galyean, M. L. (1980). *Laboratory procedures in animal nutrition research*. Estados Unidos.
- Herrera, E., Cerrillo, M. A., Juárez, A. S., Murillo, M., Rios, F. G., Reyes, O., & Bernal, H. (2010). Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energetico del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*, 35, 284–289.
- James, B. Y. A. L. (1938). The carbohydrate metabolism of germinating barley. *Department of Botany, Oxford*, 133–145.
- Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Cruz, E., Juárez, C., ... Ortiz, M. (2013). Produccion de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente Nueva Época*, 13(April), 16–26. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/275715557_PRODUCION_DE_FORRAJE_VERDE_HIDROPONICO
- López, R., Murillo, B., & Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH) una alternativa de producción de alimeto para el ganado en zonas áridas. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 34, 121–126.
- Maldonado, R., Álvarez, E., Acevedo, D., & Sánchez, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo*, 19(2), 211–223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.053>
- Mc Donald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition* (SEPTIMA). England: PEARSON.
- Melgarejo, L. M., & Suárez, D. (2007). Biología y Germinación de semillas. In U. N. de Colombia (Ed.), *Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal* (pp. 13–24). Colombia.
- Mertens DR (1994) Regulation of forage intake. En Fahey GCJr .Ed. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy. Madison, WI, EEUU. pp. 450-493
- Müller, L., Manfron, P. A., Medeiros, S. L. P., & Santos, O. S. (2006). Valor nutricional da forragem hidroónica de trigo sob diferentes soluções nutriticas. *Biosci.J..Uberlândia*, 22, 49–56.
- Noriega, R., & Córdova, A. (2005). Alimento balanceado-forraje verde idropónico en la alimentación de conejos criollos (*oryctolagus cuniculus*). - Food green balance-

- forage hydroponic in the feeding of creole rabbits (*Oryctolagus cuniculus*), VI, 0–5.
- Orjuela, W. (2015). *Evaluación Del Uso de Forraje Verde Hidropónico de Trigo como Alternativa Nutricional en la Producción de Leche del Ganado Bovino en Turmeque*. Universidad Nacional Abierta y A Distancia-UNAD. Retrieved from <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/3712>
- Orskov, B. E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. agric. Sci.*, (1970), 499–503.
- Pulgarín, J. (2010). Densidad de siembra y productividad de los cafetales. In *Capítulo 6* (Primera, pp. 132–142). Colombia. Retrieved from www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo6.pdf
- Rodríguez, C.; Rodríguez, H.; Ruiz, O.; Flores, A.; Grado, J.; Arzola, C. 2005 Use of green fodder produced in hydroponics systems as supplement for salsers lactating cows during the dry season. *Proc. Western Section, Am. So. Anim. Sci.* 56: 271-274.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (2009). Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. *Acta Universitaria*, 19, pp.11-19.
- Sánchez, F., Castillo, D., & Moreno, C. (2013). Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(4), 35–43. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.02.020>
- Shimada Miyasaka, A. (2005). *Nutricion animal Shimada(1).pdf*. México.
- Tarrillo, O. H. (Sf). Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal. [www. forrajehidroponico.com](http://www.forrajehidroponico.com).
- Valderrama, X., & Anrique, R. (2011). In situ rumen degradation kinetics of high.protein forage crops in temperate climates. *Chilean JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, 71(December), 572–577.
- Valdivia B. E. (1996). Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Curso taller internacional de Hidroponía. Lima Perú, 25-29 de marzo de 1996.
- Varga, G. A. y Kolver, E. S. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. *Journal of Nutrition* 127: 819S–823S
- Vargas-Rodriguez, C. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz , arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 19, 233–240.
- Vera, R. (2004). *Perfiles por País del Recurso Pastura / Forraje*. Ecuador.
- Yglesias- Alberni, Roberto., Romero de Armas, Rolando., Ponce de León Martínez, Julien. *Nutrición Animal*. 2015. 1ed. Félix Verela. La habana. Cuba.

6.3. ANEXOS

<p>Anexo 1. Semilla de avena (<i>Avena sativa</i>) INIAP 86</p>	<p>Prueba de germinación</p>
	
<p>Anexo 2. Siembra de semilla</p>	
	

<p>Anexo 3. Germinación de la semilla cuarto día</p>	
	
<p>Anexo 4. Germinación quinto día</p>	<p>Cosecha octavo día</p>
	
<p>Anexo 5. Cosecha octavo día</p>	<p>Peso fresco octavo día</p>
	

Anexo 6. Toma de muestra forraje verde



Anexo 7. Cosecha onceavo día

Peso fresco onceavo día



Anexo 8. Cosecha catorceavo día

Peso fresco catorceavo día



Anexo 9. Cosecha diecisiete día



Peso fresco diecisiete día



Anexo 10. Proceso de secado de cosechas



Anexo 11. Proceso de secado bajo invernadero



- **Degradación de la Materia seca del FVHA**

Anexo 12. Análisis de varianza para MS fracción A.					
F.V	G.L	S.C	C.M	FC	P
Tratamiento	3	28.079	9.3598	2.05	0.1386
Error	20	91.1381	4.5569		
Total	23	119.21			
		C.V 3.5826	R² 0.2355		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable MS fracción B					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	1.4621	0.4873	0.11	0.9519
Error	20	86.797	4.3398		
Total	23	88.259			
		CV 8.5024	R² 0.0165		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable MS fracción C					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	0.0042	0.0014	6.57	0.0029
Error	20	0.0042	0.0021		
Total	23	0.0085			
		CV 40.519	R² 0.4964		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 15. Prueba de Tukey para la variable MS fracción C		
Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	0.02818	B
2	0.05910	A
3	0.02838	B
4	0.02883	B
Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)		

Anexo 16. Análisis de varianza para la variable MS fracción A+ B					
F de V	G.L	S.C	C.M	FC	P
Tratamiento	3	20.145	6.7150	0.81	0.5010
Error	20	164.93	8.2465		
Total	23	185.07			
		CV 3.4151	R ² 0.1088		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

- **Degradación Efectiva (DE) de MS del FVHA**

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.02					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	66.431	22.143	11.69	0.0001
Error	20	37.878	1.8939		
Total	23	104.30			
		C.V 3.5826	R² 0.2355		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 18. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.02

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	75.08	AB
2	76.81	A
3	72.93	BC
4	72.78	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 19. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.05

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	80.376	26.792	11.98	0.0001
Error	20	44.716	2.2358		
Total	23	125.09			

C.V 2.1613 **R²** 0.6425

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 20. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.05

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	69.80	AB
2	71.90	A
3	67.71	BC
4	67.31	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable MS y DE 0.08					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	70.061	23.353	11.11	0.0002
Error	20	42.058	2.1029		
Total	23	112.11			
		C.V 3.5826	R² 0.2355		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 22. Prueba de Tukey para la variable MS y DE 0.08		
Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	67.48	AB
2	69.18	A
3	65.43	BC
4	64.88	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p=<0.05)		

- **Degradación de la materia orgánica del FVHA**

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable MO fracción A					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	43.8598	14.619	3.31	0.0412
Error	20	88.429	4.4214		
Total	23	132.28			
		C.V 3.533	R² 0.3315		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 24. Prueba de Tukey para la variable MO fracción A

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	61.70	A
2	58.86	AB
3	59.41	AB
4	58.06	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 25. Análisis de varianza para la variable MO fracción B

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	4.077	1.3590	0.29	0.8350
Error	20	95.095	4.7547		
Total	23	99.17			

C.V 8.5845 **R²** 0.0411

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 26. Análisis de varianza para la variable MO fracción C

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	0.0049	0.0016	8.36	0.0008
Error	20	0.0039	0.0019		
Total	23	0.0089			

C.V 39.263 **R²** 0.5562

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 27. Prueba de Tukey para la variable MO fracción C

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	0.02780	B
2	0.06078	A
3	0.02685	B
4	0.02803	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 28. Análisis de varianza para la variable MO fracción A+B

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	31.65	10.550	1.19	0.3374
Error	20	176.75	8.8375		
Total	23	208.40			
		C.V 3.500	R ² 0.15188		

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

- **Degradación Efectiva (DE) de la MO del FVHA**

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable MO fracción A+B

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	79.861	26.620	14.62	0.0001
Error	20	36.415	1.8207		
Total	23	116.27			
		CV 1.8048	R ² 0.6868		

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 30. Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.02

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	75.78	A
2	77.23	A
3	73.20	B
4	72.83	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 31. Análisis de varianza para la variable MO y DE 0.05

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	97.926	32.642	15.24	0.0001
Error	20	42.826	2.1413		
Total	23	140.75			

C.V 2.1090 **R²** 0.6957

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** "fisher" calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 32. Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.05

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	70.36	A
2	72.20	A
3	67.80	B
4	67.16	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 33. Análisis de varianza para la variable MO y DE 0.08					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	85.061	28.353	13.69	0.0001
Error	20	41.418	2.0709		
Total	23	126.47			
		CV 2.1517	R ² 0.6725		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 34. Prueba de Tukey para la variable MO y DE 0.08		
Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	67.98	A
2	69.36	A
3	65.48	B
4	64.68	B
Letras distintas indican diferencias significativas (p=<0.05)		

- **Degradación de la Fibra Detergente Neutra (FDN)**

Anexo 35. Análisis de varianza para la variable FDN fracción A					
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	219.720	73.240	6.01	0.0043
Error	20	243.875	12.193		
Total	23	463.59			
		C.V 12.6732	R ² 0.4739		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 36. Prueba de Tukey para la variable FDN fracción A

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	29.87	A
2	22.59	B
3	27.61	AB
4	30.13	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 37. Análisis de varianza para la variable FDN fracción B

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	252.87	84.290	1.93	0.1571
Error	20	872.94	43.647		
Total	23	1125.81			

C.V 13.748 **R²** 0.2246

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 38. Análisis de varianza para la variable FDN fracción C

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	P
Tratamiento	3	0.0037	0.0012	6.61	0.0028
Error	20	0.0038	0.0001		
Total	23	0.0076			

C.V 39.263 **R²** 0.5562

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 39. Prueba de Tukey para la variable FDN fracción C		
Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	0.01983	B
2	0.05133	A
3	0.02266	B
4	0.02550	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 40. Análisis de varianza para la variable FDN fracción A+B					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	434.85	144.95	2.06	0.1383
Error	20	1409.54	70.477		
Total	23	1844.39			
		CV 11.101	R² 0.23577		

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

- **Degradación efectiva (DE) de la Fibra Detergente Neutra**

Anexo 41. Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.02					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	25.480	8.4933	1.51	0.2417
Error	20	112.25	5.6126		
Total	23	137.73			
		CV 4.4434	R² 0.1849		

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 42. Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.05					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	35.144	11.71	1.63	0.2145
Error	20	143.89	7.194		
Total	23	179.03			
		CV 6.1597	R² 0.19629		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 43. Análisis de varianza para la variable FDN y DE 0.05					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	23.450	7.8166	1.19	0.3401
Error	20	131.76	6.5881		
Total	23	155.21			
		CV 6.5366	R² 0.1510		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

- **Degradación de la Fibra Detergente Ácida**

Anexo 44. Análisis de varianza para la variable FDA fracción A					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	309.43	103.14	6.23	0.0037
Error	20	330.94	16.54		
Total	23	640.37			
		CV 28.735	R² 0.4832		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 45. Prueba de Tukey para la variable FDA fracción A

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	18.02	A
2	8.27	B
3	15.11	A
4	15.20	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 46. Análisis de varianza para la variable FDA fracción B

F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	145.52	48.50	0.89	0.4641
Error	20	1092.19	54.60		
Total	23	1237.71			

CV 12.761 R² 0.11757

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 47. Análisis de varianza para la variable FDA fracción C

F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	0.0025	0.00086	6.41	0.0032
Error	20	0.0027	0.00013		
Total	23	0.0052			

CV 40.368 R² 0.4902

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 48. Prueba de Tukey para la variable FDA fracción C

Tratamiento	Media	Rango de significancia
1	0.02083	B
2	0.04633	A
3	0.02116	B
4	0.02683	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 49. Análisis de varianza para la variable FDA fracción A+B

F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	355.95	118.65	1.52	0.2406
Error	20	1563.61	78.18		
Total	23	1919.56			

CV 12.269 **R²** 0.1854

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

Anexo 50. Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.02

F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	54.72	18.242	1.95	0.1536
Error	20	186.81	9.3408		
Total	23	241.54			

CV 0.2265 **R²** 6.7579

F.V: Fuente de variación, **C.V:** Coeficiente de variación, **S.C:** Suma de cuadrados, **G.L:** Grados de libertad, **C.M:** Cuadrado medio, **F:** “fisher” calculado, **P:** valor de significancia al (0.05%)

- **Degradación Efectiva (DE) de la Fibra Detergente Ácida**

Anexo 51. Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.05					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	53.60	17.869	1.43	0.2636
Error	20	249.93	12.496		
Total	23	303.53			
		CV 10.677	R² 0.17661		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 52. Análisis de varianza para la variable FDA y DE 0.05					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	21.257	7.0859	0.60	0.6206
Error	20	235.01	11.750		
Total	23	256.26			
		CV 12.255	R² 0.0829		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

- **Digestibilidad para la MS y MO**

Anexo 53. Análisis de varianza para la variable Digestibilidad MS					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	25.675	8.5586	0.80	0.5068
Error	20	257.23	10.718		
Total	23	282.91			
		CV 0.0907	R² 5.3652		
F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)					

Anexo 54. Análisis de varianza para la variable Digestibilidad MO					
F de V	GL	SC	CM	FC	P
Tratamiento	3	41.593	13.864	1.33	0.2881
Error	20	250.28	10.428		
Total	23	291.88			
		CV 0.0907	R² 5.3652		
<p>F.V: Fuente de variación, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrados, G.L: Grados de libertad, C.M: Cuadrado medio, F: “fisher” calculado, P: valor de significancia al (0.05%)</p>					

CAPÍTULO VII

7. PROPUESTA

Emplear el forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa L*) a los 11 días de cosecha como complemento alimenticio para ganado.

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Los establecimientos involucrados en la presente propuesta será la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, los pequeños productores de ganado de la provincia de Tungurahua.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La ganadería en Ecuador según el Censo Agropecuario (SICA, 2002), la explotación de las ganaderías lecheras es intensivo o semi-intensivo, establecidas a lo largo del callejón interandino; la ganadería de carne se maneja el sistema extensivo, generalmente en zonas tropicales y subtropicales. Así la superficie destinada a pastizales constituye alrededor del 41% de la superficie de uso agropecuario.

Las zonas de pastoreo y la población ganadera han aumentado aceleradamente esto se encuentra, ligado al nexo entre deforestación y ganadería, con aumento del pastoreo extensivo, a expensas de la superficie forestal se menciona, que casi dos tercios de las tierras deforestadas se convertirán en pastizales.(FAO, 2005). La importancia de incluir un sistema de ganadería sostenible, el cual posee un nivel de producción sin perjudicar al medio ambiente considerándose un desarrollo sostenible (Chávez L, 2013).

El sistema de producción de la utilización de plantas con semillas germinadas en estadios tempranos es muy poco difundido en el país, con ahorro de recursos naturales como el agua, utilización menor superficie para su producción, disponibilidad de forraje durante todo el año. En el presente estudio se determinó el tiempo de cosecha apropiado, su valor nutritivo, la digestibilidad del forraje verde de avena.

7.3. JUSTIFICACIÓN

La principal fuente de alimentación del ganado bovino es a base de pastos, su producción dependerá del manejo de sus praderas, las cuales se conoce que existe un deficiente control de los pastos, a pesar de que nuestro país posee las condiciones propicias para una buena producción de forraje, el sobrepastoreo, la falta de rotación de pastos, el uso inadecuado de fertilizantes, el desgaste del suelo, desperdicio de superficie y que continuamente avanza los productores atraviesan la frontera agrícola para cubrir la falta de alimento.

Así el empleo de nuevas tecnologías para complementar la alimentación a los sistemas tradicionales beneficia, lo cual permite disponer de forraje verde durante todo el año. El forraje verde hidropónico es una alternativa de obtención de forraje para la alimentación de corderos, cabras, vacas, entre otros rumiantes y disponible en épocas de escasez de forraje verde. (FAO, 2001) Este es un elemento vital para la creación y el desarrollo ganadero en zonas donde el suelo y el clima no son apropiados.

Se justifica el uso del forraje verde hidropónico de avena en la alimentación complementaria de animales, ya que es de gran palatabilidad, y posee excelente valor nutritivo.

La misión de la Universidad Técnica de Ambato es satisfacer la demanda, científico, tecnológicas de la sociedad ecuatoriana en interacción dinámica de sus actores.

7.4. OBJETIVOS

7.4.1. Objetivo general

- Emplear el forraje verde hidropónico de avena (FVHA) a los 11 días de cosecha para la alimentación de los rumiantes

7.4.2. Objetivo específico

- Determinar los niveles de suplementación de forraje verde hidropónico de avena en la ración diaria de consumo.
- Evaluar los parámetros productivos en animales alimentados con FVHA

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Este proyecto es factible ya que disponemos de semilla de buena calidad durante todo el año, debido a que hay una mejor conversión de forraje verde por unidad de superficie utilizada en comparación al sistema tradicional, con menor aprovechamiento del agua, eficiencia en el tiempo de producción además posee excelentes propiedades nutricionales, la difusión de este sistema a los productores mejora la disponibilidad de forraje para sus animales que en ocasiones presenta deficiencias alimentarias.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

La disponibilidad de alimento para el ganado se incrementa, por lo cual es necesario dar a conocer tecnologías establecidas como es la hidroponía, pero al mismo tiempo muy poco implementadas a nivel nacional cuya inversión inicial representa un costo, pero finalmente los beneficios otorgados por este sistema son promisorios.

El empleo del cultivo de forraje verde hidropónico presenta un alto valor nutritivo lo cual lo obtiene debido a la germinación de los granos. En este sentido, el empleo del sistema de hidroponía para la producción de forraje es una opción para completar a los sistemas tradicionales

7.7. METODOLOGÍA

Cultivo del forraje verde hidropónico de avena

Cosecha del forraje verde hidropónico de avena

Determinación de niveles de suplementación

Determinación de los parámetros productivos en alimentados con FVH

7.8. ADMINISTRACIÓN

La administración de la presente investigación estará a cargo de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Se recomienda realizar la evaluación del proyecto para que los resultados sean confiables, y los mismos publicados en beneficio de los productores de nuestro país.

