

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



“Digestibilidad *in vivo* de forraje verde hidropónico  
proveniente de sorgo en las condiciones de la  
Comarca Lagunera”.

POR:

ERIBALDO QUIROZ MARTINEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREON, COAHUILA, MEXICO

JUNIO 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA



**"Digestibilidad *in vivo* de forraje verde hidropónico**

**proveniente de sorgo en las condiciones**

**de la Comarca Lagunera".**

**POR**

**ERIBALDO QUIROZ MARTINEZ**

**TESIS**

**APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA**

**Dr. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

**M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO**

**COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIAS ANIMALES**



**Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO, 2013**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**



**TESIS**

**POR**

**ERIBALDO QUIROZ MARTINEZ**

**"Digestibilidad *in vivo* de forraje verde hidropónico proveniente de sorgo en las condiciones de la Comarca Lagunera".**

**TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIAS Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

\_\_\_\_\_  
**Dr. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN**

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
**PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**M.V.Z JESÚS GAETA COVARRUBIAS**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**M.V.Z RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO**

**VOCAL SUPLENTE**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO, 2013**

## **DEDICATORIAS**

A MIS PADRES. MA. DE LAS NIEVES MARTÍNEZ PADILLA Y MARCO ANTONIO QUIROZ LOMAS. A quien le debo todo lo que soy, y que con su apoyo incondicional han hecho de mí una persona de bien, que a pesar de las adversidades nunca hubo señal de flaqueza y con sus buenos ejemplos supieron encaminarme a mí y a mis hermanos hacia el buen camino.

A MIS HERMANOS. RICARDO, ANTONIO, ALHELÍ, ANÍBAL, ALEJANDRO Y FERNANDO Por haberme brindado su apoyo incondicional, su amor y tantos momentos de felicidad que se quedaran grabados en mi mente y corazón. Por ser un ejemplo digno para esta nación y haber mostrado valor ante la adversidad.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS Por haber compartido momentos de dicha y tristeza, por haber sido una familia cuando me encontraba lejos de mi hogar, y brindarme todo su apoyo incondicionalmente.

A MI ESPOSA E HIJOS. SARA DEL CARMEN DE LEON PEÑA, ERIK ESTEBAN QUIROZ DE LEON, GILBERTO QUIROZ DE LEON ya que ellos fueron mi motivación día con día para seguir adelante en todo momento y han estado conmigo en tristezas y alegrías dándome fuerzas, brindándome su amor y compañía.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS Por haberme permitido la existencia y la fortuna de tener unos padres tan amorosos y valientes, y seis hermanos que siempre están presentes en mi corazón, por todos los buenos y malos momentos porque gracias a todo ello he aprendido a ser una persona sensible y fuerte a la vez. Y por permitirme tener la dicha de culminar mi carrera.

A MIS PADRES a quienes amo y les agradezco todos sus desvelos, sus esfuerzos y la lucha incesante del día a día, quienes jamás se dieron por vencidos y supieron brindarnos lo mejor para mí y mis hermanos, que siempre le estaremos agradecidos y muy orgullosos por tener estos padres.

A MI UNIVERSIDAD A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haber sido mi hogar en estos cinco años y haberme brindado la oportunidad de instruirme y formar parte de esta noble universidad que ha hecho de mí una ciudadana útil para la sociedad. A TODOS MIS MAESTROS Que gracias a sus conocimientos me guiaron por el camino correcto, y por su dedicación y esmero por formar profesionistas y personas de bien. A mis maestros a quienes admiro y respeto infinitamente.

A MI ASESOR Y SINODALES Dr. Fernando Ulises Adame de León (Asesor Principal), el Dr. Juan David Hernández Bustamante, MVZ. Jesús Gaeta Covarrubias, Dr. Rodrigo Isidro Simón Alonso, quienes me guiaron en la elaboración de mi tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	PAGINA
1 ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
2 ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
3 RESUMEN.....	x
4 INTRODUCCION.....	1
5 JUSTIFICACION.....	2
6 OBJETIVO.....	2
7 HIPOTESIS.....	2
8 REVICION DE LITERATURA.....	3
8.1 DIGESTIBILIDAD.....	3
8.2 CINÉTICA DE DIGESTIÓN.....	4
8.3 MÉTODOS DE DIGESTIBILIDAD.....	4
8.4 TÉCNICA <i>IN SITU</i> .....	5
8.5 DIGESTIBILIDAD IN SITU.....	6
8.6 MATERIA SECA.....	6
8.7 CENIZAS.....	7
8.7 PROTEINA CRUDA.....	8
8.8 HIDROPONIA.....	8
8.8.1 GENERALIDADES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	9
8.8.2 ANTECEDENTES DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	10
8.8.3 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.....	11
8.8.4 VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	11

8.8.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	13
8.8.6 ALIANZAS Y ENFOQUE COMERCIAL.....	14
8.8.7 DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	14
9 MATERIALES Y METODOS.....	15
9.1 LOCALIZACION.....	15
10 RESULTADOS Y CONCLUSION.....	18
11 LITERATURA CITADA.....	23

## INDISE DE CUADROS

### PAGINAS

1. PORCENTAJE DE NUTRIENTES DE MUESTRA TESTIGO FVH. VERDE.....	18
2. PORCENTAJE DE RESULTADOS DE FVH. VERDE.....	18
3. PORCENTAJE DE NUTRIENTES DE MUESTRA TESTIGO FVH. HENIFICADO.	20
4. PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE FVH. HENIFICADO.....	20



## INDICE DE FIGURAS

	<b>PAGINAS</b>
1 MAPA DE LA UAAAN. UL.....	15
2 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA DE FVH. VERDE.....	18
3 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE CENIZAS DE FVH. VERDE.....	19
4 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA CRUDA DE FVH. VERDE.....	19
5 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA DE FVH. HENIFICADO.....	20
6 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE CENIZAS DE FVH. HENIFICADO.....	21
7 PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA DE FVH. HENIFICADO.....	21

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. El objetivo fue evaluar la digestibilidad proteína cruda, materia seca, Y cenizas del forraje verde hidropónico de sorgo proporcionado en verde y heno mediante el método denominado de la bolsa de dacrón o *in situ* a diferentes horas de incubación (0, 4, 8, 12, 24, 48 y 72). El contenido de proteína cruda de forraje verde hidropónico proveniente de sorgo presenta un incremento en su digestibilidad de un 4.08 % en la hora 0 a un 38.21 % en la hora 72, en FVH verde y un 2.55 % a la hora 0 a un 71.31 % a la hora 72 en FVH henificado. La materia seca también incrementa su digestibilidad teniendo un 2.75 % en la hora 0 y 43.10 % en la hora 72 en FVH verde y de un 0.08 % en la hora 0 a 31.59 % a la hora 72 en FVH henificado teniendo mayor digestibilidad a la hora 72. Por tanto las cenizas aumentan a mayor tiempo teniendo en la hora 0 un 4.17 % y 5.87 % a la hora 72 en el FVH verde y de 5.28 % en la hora 0 a un 6.33 % en la hora 72 en FVH en heno.

**PALABRAS CLAVE:** Forraje verde hidropónico, digestibilidad en bovinos, proteína cruda, materia seca, y cenizas.

#### **4. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción bovina sustentan sus prácticas alimenticias en el componente forrajero, elemento que es considerado como el insumo de menor costo a través del cual es posible suplir gran parte de las demandas nutricionales de los animales en producción.

Fuente de alimentación y el componente animal, factores que conjugados determinan la complejidad de los sistemas de explotación ganaderos, y requieren de tiempos prolongados para comprobar la respuesta a cualquier cambio que permita adecuar la oferta forrajera de acuerdo a las demandas de la explotación 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 aunado a lo antes mencionado, la necesidad de intensificar y mejorar la eficiencia en las prácticas de producción animal de una manera sostenible, el incremento en la demanda de productos alimenticios, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la erosión del suelo y la contaminación de las aguas, el crecimiento estacional de los pastos debido a la estacionalidad de las lluvias, son algunos de los factores que han dirigido la investigación hacia la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos.

Como una alternativa importante, se gesta la producción de forraje verde hidropónico, que se trata de una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables.

La hidroponía se basa en la producción de plantas en soluciones nutritivas líquidas en lugar de utilizar el suelo como sustrato. La mayoría de los trabajos han centrado su aplicación en vegetales y hortalizas, no obstante orientado hacia la producción de alimento para ganado y otras especies animales generando un producto altamente nutritivo, rico en enzimas y vitaminas que se pueden desarrollar a escalas industriales que aumentarían el rendimiento por área.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación es realizada con la finalidad de determinar algunos parámetros nutricionales locales ya que no se cuenta con información actual de estos.

Entonces este trabajo tiene la finalidad de calcular la digestibilidad de proteína cruda, cenizas y materia seca del FVH de sorgo en verde y henificado, mediante la técnica *in situ*. Ya que es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo. Y el sistema de producción, presenta grandes alternativas para la producción animal, debido al gran rendimiento y bajo costo que representa su producción de materia verde como seca, así como los kilogramos de proteína producida en pequeñas áreas y sin necesidad de suelo, maquinaria agrícola y grandes cantidades de agua.

## **6. OBJETIVO**

- Evaluar la digestibilidad *in situ* de la materia seca, proteína cruda y cenizas de forraje verde hidropónico de sorgo en el ganado bovino.

## **7. HIPOTESIS**

La digestibilidad del forraje verde hidropónico por ser un cultivo tierno y de baja fibra, será al menos de un 70 %.

## 8. REVISIÓN DE LITERATURA

### 8.1 DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de un alimento determina el porcentaje de sustancias no digeridas que debe ser eliminado del tracto digestivo (Orskov, 1990).

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero (Sangines, 2001; Rosero y Posada, 2007).

Los procesos de digestión y pasaje pueden ser descritos por modelos compartimentales en los cuales cada compartimento representa un proceso distinto. Diferentes modelos han sido propuestos para describir la digestión y pasaje de los alimentos en los rumiantes. En estos modelos, el alimento desaparece del rumen por degradación y absorción o por tránsito a tracto digestivo posterior apareciendo finalmente en las heces. La proporción de nutrientes que están disponibles para el rumiante varía en función de la competencia entre las tasas de degradación y pasaje (Rosero y Posada, 2007).

Una segunda generación de métodos fue desarrollada incorporando las estimativas de la cinética de degradación en el retículo-rumen. Estas estimativas fueron realizadas a través de la técnica *in situ* o a través de la técnica de producción de gas (Rosero y Posada, 2007).

Estos métodos son ampliamente utilizados para estimar el valor energético y proteico de los alimentos para rumiantes, su potencial de ingestión y la presencia de factores anti nutricionales (Rosero y Posada, 2007).

Los métodos *in situ* se usan para estimar la cinética de digestión de proteína, materia seca o de las paredes celulares por ser los más apropiados para ello, ya que se puede medir la tasa intrínseca o inherente y el grado de digestión del alimento, en donde la digestibilidad es proporcional a la concentración de sustrato (Sanginés, 2001).

## **8.2 CINÉTICA DE DIGESTIÓN**

La cinética de digestión es importante porque con ella se determina la proporción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, además de no describir solo la digestión, sino que caracteriza las propiedades intrínsecas de los alimentos que limitan su disponibilidad para los animales a partir de modelos desarrollados con base en principios biológicos, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de digestión lenta o en indigestibles (Sanginés, 2001).

## **8.3 MÉTODOS DE DIGESTIBILIDAD**

Las pruebas de digestibilidad se utilizan para estimar el valor nutritivo de los alimentos, estas se han mejorado desde las primeras ideas en 1725, cuando los alimentos para rumiantes eran evaluados como unidades de paja. Inicialmente, las técnicas fueron diseñadas para caracterizar el valor nutritivo más que para predecir la producción de los animales. La mejoría de los métodos de evaluación de alimentos tiene que seguir los nuevos conceptos de la química y la fisiología animal, así como los nuevos conocimientos de la microbiología del rumen (Pedraza, 2001).

El desarrollo futuro de los sistemas de evaluación debe incorporar nueva información de la relación entre los productos finales de la digestión y la producción de los animales, así como información del metabolismo animal y microbiano, la composición de los alimentos y el efecto de los factores de la utilización de alimentos. Un adecuado análisis dietético de cualquier tipo necesita que los métodos empleados identifiquen los componentes químicos con la clasificación nutritiva (Pedraza, 2001).

Las pruebas de digestibilidad según Sanginés (2001) son:

- Prueba de Digestibilidad *in vivo*
- Prueba de digestibilidad *in vitro*
- Prueba de Digestibilidad *in situ*

#### **8.4 TÉCNICA *in situ***

La técnica de la bolsas en rumen o *in situ* es posiblemente el método más utilizado, a pesar de que se le ha señalado algunos inconvenientes (Pedraza, 2001)

La técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradación ruminal de los alimentos a través de la utilización de bolsas de dacrón suspendidas en el rumen.

Esta técnica ha sido adoptada por el AFRC como método estándar para caracterizar la degradabilidad ruminal de nitrógeno. Esta técnica ha sido escogida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje (Rosero y Posada, 2007)

Esta técnica ha sido escogida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje (Rosero, 2007).

El método *in sacco*, también denominado de la bolsa de dacrón o *in situ*, tiene como objeto fundamentalmente medir la desaparición de materia seca y orgánica, el nitrógeno u otro nutriente de los alimentos sometidos al efecto del ambiente ruminal; para ello los alimentos son colocados en bolsas que se incuban en el rumen, a través de una cánula permanente en el saco dorsal de este órgano (Pedraza, 2001).

Durante el proceso de incubación existe un periodo donde ninguna o una reducida degradación del alimento ocurre, que es conocido como tiempo de colonización (lagphase);

De acuerdo con Allen y Mertens, citado por Rosero (2007); este tiempo de colonización es específico para cada alimento y representa el tiempo necesario para la hidratación del sustrato y la alteración física o química de la fibra que puede ser requerida antes de que las bacterias colonicen el sustrato y se inicie la actividad enzimática (Rosero y Posada, 2007).

## **8.5 DIGESTIBILIDAD *IN SITU***

La técnica de degradación ruminal *in situ*, mediante el uso de bolsa de dacrón, se emplea frecuentemente en la evaluación de alimento para rumiantes. El método tiene la ventaja de ser rápido, sencillo y económico. La muestra es sometida a un ambiente ruminal real, por lo que el proceso de degradación será similar al esperado en la realidad (*in vivo*) (Ayala y Rosado, 2003).

Los métodos *in situ* se usan para estimar la cinética de digestión de proteína, materia seca o de las paredes celulares por ser los más apropiados para ello, ya que se pueden medir efectos combinados del alimento, del animal, siendo el objetivo fundamental medir la tasa intrínseca o inherente y el grado de digestión del alimento, en donde la digestibilidad es proporcional a la concentración sustrato (Sangines, 2000).

## **8.6 MATERIA SECA.**

La materia seca (MS) es el análisis más simple que se puede realizar sobre un forraje y se cuantifica como el residuo que queda luego de extraer el agua a la muestra. Aunque no es un análisis químico en sí, es necesario para una adecuada caracterización de los componentes nutricionales de los forrajes ya que estos deben expresarse en base a la MS para hacer comparaciones válidas y realizar el balance de nutrientes (Cherney 2000).



Existen muchos métodos para la determinación de la MS. En el caso de forrajes frescos los métodos oficialmente aprobados implican un secado previo parcial a 55 ó 60 °C durante 12 h y el molido de la muestra. Esta muestra luego puede ser sometida a diferentes procedimientos: el secado a 100 °C en estufa al vacío ( $1.3 \times 10^4$  Pa) durante 5 h, el secado en estufa de aire forzado a 105 °C por 16 h, a 125°C por 4 h ó a 135 °C por 3 h (AOAC, 1995). El secado en horno microondas es un método no oficialmente recomendado por la AOAC pero si por la NFTA (Undersander et al 1993) y consiste en el secado de una muestra de forraje de entre 100 y 200 gr en un horno microondas de 600 watts durante cuatro a cinco ciclos de 3 min y varios ciclos de 1 min hasta alcanzar el peso constante de la muestra residual.

En el caso de ensilajes, debido al alto contenido de compuestos volátiles que se pueden perder con los procedimientos para forrajes frescos, se emplea la destilación con tolueno como el método preferido para estimar la MS (Undersander et al 1993). También se han desarrollado algunos procedimientos para establecer el contenido de agua por métodos cromatográficos en forrajes fermentados (Fenton et al 1981).

## **CENIZAS**

El residuo que queda luego de incinerar la muestra en una mufla a 600oC durante 2 horas (AOAC 1995), corresponde al contenido de cenizas.

## **8.7 PROTEÍNA CRUDA.**

El método comúnmente utilizado para determinar el contenido de proteína cruda (PC) en muestras de alimentos es el de Kjeldahl (Cherney 2000, Galyean 1997) el cual es muy preciso y confiable. Este método realmente no determina el contenido de proteína de la muestra, si no el de N en un procedimiento que comprende tres pasos: 1) digestión de la muestra durante 2 a 3 h en ácido sulfúrico a 350°C utilizando sulfato de potasio o de cobre (o una mezcla de los dos) como catalizador dando como resultado la formación de sulfato de amonio, 2) adición de NaOH fuerte a la solución digerida para la formación  $\text{NH}_4\text{OH}$  el cual es calentado y destilado en una solución de ácido bórico para retener el amonio y, 3) titulación del  $\text{NH}_4\text{OH}$  con un ácido estándar (HCl o ácido sulfúrico) al que se le adiciona un indicador (Galyean 1997).

## **8.8 HIDROPONÍA**

La palabra se deriva de dos palabras griegas "hydro" que significa agua y "ponos" que significa labor o trabajo, literalmente trabajo en agua. Inicialmente se limitó a la cultura del agua sin el uso del medio del arraigado sin embargo actualmente existen diferentes sustratos para usar la hidroponía (Carrasco et al 1996).

La producción de forraje verde hidropónico es tan solo una de las derivaciones prácticas que tienen el uso de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Hulterwal, 1960, Iñiguez, 1988).

### **8.8.1 GENERALIDADES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

La producción de germinados está considerado como un sistema hidropónico, debido a que esta se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de semillas colocadas en bandejas. Es una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100%, con una digestibilidad de 85 % a 90 %, higiénico y libre de contaminaciones. Este sistema hidropónico, está considerado como un concepto nuevo de producción, ya que para ello, no se requieren grandes extensiones de tierra, periodos largos de producción, ni formas de conservación y almacenamiento (Chang, et al, 2000).

Se deben tener semillas para el cultivo de los forrajes, libres de pesticidas, hongos y bacterias perjudiciales. Las semillas certificadas son muy caras y tienen agregados de sustancias químicas que pueden no ser aptas para este cultivo de forrajes (Lomeli-Zuñiga, 2000).

El proceso se realiza en recipientes planos por un lapso no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 4 a 5 centímetros. A partir de este momento se continúan los riegos con una solución nutritiva al cual tiene como finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto de alimento concentrado. (Less, 1983; Morales, 1987).

### **8.8.2 ANTECEDENTES DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

EL F.V.H. es un sistema de producción de biomasa vegetal higiénico y de alta calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15) días, en cualquier época del año localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología del F.V.H. es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies para el cultivo forrajero tradicional.

Dentro del contexto anterior, el F.V.H. representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de cordero, cabras, terneros, vacas en ordeño, caballos de carrera; conejos, pollos, gallinas ponedoras patos y cuyes, entre otros animales domésticos y especialmente útil durante periodos de escasez de forraje verde (Bautista, 2012; Nava, et al, 2005).

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es tan solo una de las derivaciones prácticas que tienen el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivo en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodwar produjo germinaciones de grano utilizando agua de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición de forraje resultante (Hunterwal, 1960, Ñiguez, 1988).

Se produce bajo la técnica del cultivo sin suelo en invernadero, que permite el control del gasto de agua y de todos los elementos del micro-clima para poder producirlo aún en condiciones adversas de clima. Sirve para producir cereales y gramíneas.

Puede sustituir por completo o en gran parte el alimento procesado para animales y es económico y fácil de producir (Sánchez, 2001).

### **8.8.3 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.**

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

### **8.8.4 VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.**

Entre las ventajas que presenta el forraje verde hidropónico se puede decir que: permite un suministro constante durante todo el año, se puede emplear terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, se puede dar un aumento en la fertilidad y la producción de leche (Aron, 1998).

Ahorro de agua. En el sistema de producción de F.V.H. las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas

Al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Alternativamente, la producción de 1 kilo de F.V.H. requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000). Eficiencia en el uso del espacio. El sistema de producción de F.V.H. puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de F.V.H. apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12.

Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del F.V.H. (Bonner y Galston, Koller, Simon y Meany, Fordham et al, citados por Hidalgo, 1985.)

Calidad del forraje para los animales. El F.V.H. es un suculento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Less, citado por Pérez, 1987).

Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Arano, citado por Resh, 1982; Chen, Chen, Wells y Fordham, citados por Bravo, 1988). En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300 kcal/kg) que el F.V.H. (3.200 kcal/kg). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en F.V.H. son ampliamente variables (Pérez, 1987). Inocuidad. El F.V.H. producido representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del F.V.H. los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente "cornezuelo" que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre. Asimismo en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para la elaboración de quesos, artesanales fundamentalmente (Sánchez, 1997).

### **8.8.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

Las inversiones necesarias para producir F.V.H. dependerán del nivel y de la escala de producción. Considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el F.V.H. es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. En el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de Costos Fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente. Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del F.V.H. es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio (ejemplo: la producción de conejos alimentados con F.V.H. integrada a horticultura intensiva (Sánchez, 1997y 1998).

Diversificación e intensificación de las actividades productivas. El uso del F.V.H. posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Se estima que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para F.V.H., equivalen a la producción convencional de 5 Has. De forraje convencional de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo (Melipilla, 1998).

### **8.8.6 ALIANZAS Y ENFOQUE COMERCIAL.**

El F.V.H. ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer en forma urgente complemento nutricional. También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje tales como las empresas semilleristas, cabañas de reproductores, tambos, locales de invernada, ferias, locales de remates, aras? de caballos, cuerpos de caballería.

### **8.8.7 DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.**

Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de F.V.H. preconcebidos como "llave en mano" son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente.

Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Asimismo el F.V.H. es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993).

Costo de instalación elevado. Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997) que utilizando estructuras de invernaderos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados.



## 9. MATERIALES Y METODOS.

### LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en las instalaciones del departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en las coordenadas latitud Norte  $26^{\circ} 23'$ , longitud oeste  $104^{\circ} 47'$ ; ubicada en Periférico y carretera Santa Fe en el municipio de Torreón Coahuila, México.

El trabajo de laboratorio se realizó en las instalaciones de la UAAAN en el laboratorio de bromatología.



**FIGURA. 1** MAPA DE LA UAAAN. UL

Para la realización de este proyecto fueron requeridos los siguientes

Materiales:

- Bovino (hembra) con fistula ruminal
- Cánula ruminal neumática permanente
- Bolsas de dacrón
- Aros de metal
- Ligas
- Ancla con contrapeso
- 21 muestras de forraje verde hidropónico
- Estufa de aire caliente
- Balanza analítica
- Alfalfa henificada como dieta del bovino
- Estufa a temperatura de 100 c
- Recipientes de aluminio de diámetro mínimo de 50 mm y 40 mm de profundidad
- Desecador
- Pinzas de metal
- Mufla
- Crisoles
- Matraz micro-kjeldahl
- Matraz Erlenmeyer de 125 ml
- Probeta de 25 ml
- Titulador automático
- Block digestor
- Aparato de destilación por arrastre de vapor

En la realización del experimento, fue utilizado un bovino de la raza Holstein con un peso de aproximadamente de 300 kg, con una fistula ruminal y una cánula fija permanentemente. El cual se encontraba estabulado en un corral tubular de 5 x 8 metros y contaba con una trampa, comedero, con piso de tierra y sombra que abarcaba la mitad del corral.

Durante el desarrollo de la investigación la dieta ofrecida consistió en alfalfa henificada, con horario de alimentación por la mañana de 9:00 horas y por la tarde a las 19:00 en una proporción de 4 kg de dicho forraje.

El consumo de agua fue a libre acceso, ya que el bebedero se encontraba dentro del corral, con una fluidez constante.

Para la incubación de la muestra, se usaron bolsas de dacrón con un tamaño estándar de 8 cm de largo por 5 cm de ancho, y con tamaño de poros de 43  $\mu\text{m}$ . Todas las bolsa fueron lavadas individualmente, con agua a chorro con el propósito de eliminar materia contaminante, fueron secadas en una estufa a 70 C durante 12 horas con la finalidad de evitar errores en la estimación del peso de las bolsas antes de incubar.

En cada bolsa previa identificación se colocaron muestras de forraje de aproximadamente 80 g. las bolsas fueron sujetadas mediante el uso de ligas y aros de metal individualmente, a una ancla de 60 cm de largo con contrapeso en la cual se sujetaron 21 bolsas permitiendo el movimiento de estas en el interior del rumen.

Para realizar la colocación de muestras se utilizó la técnica de digestibilidad *in situ* con periodos de incubación de: 0, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 horas postprandial, de acuerdo con el método de Orskov y McDonald (1979).

Al finalizar el periodo de incubación las bolsas en los tiempos correspondientes fueron retiradas y lavadas con agua a chorro, hasta obtener un líquido claro para la obtención de la digestibilidad de MATERIA SECA, PROTEÍNA CRUDA Y CENIZAS se realizaron de acuerdo a (AOAC 1995).

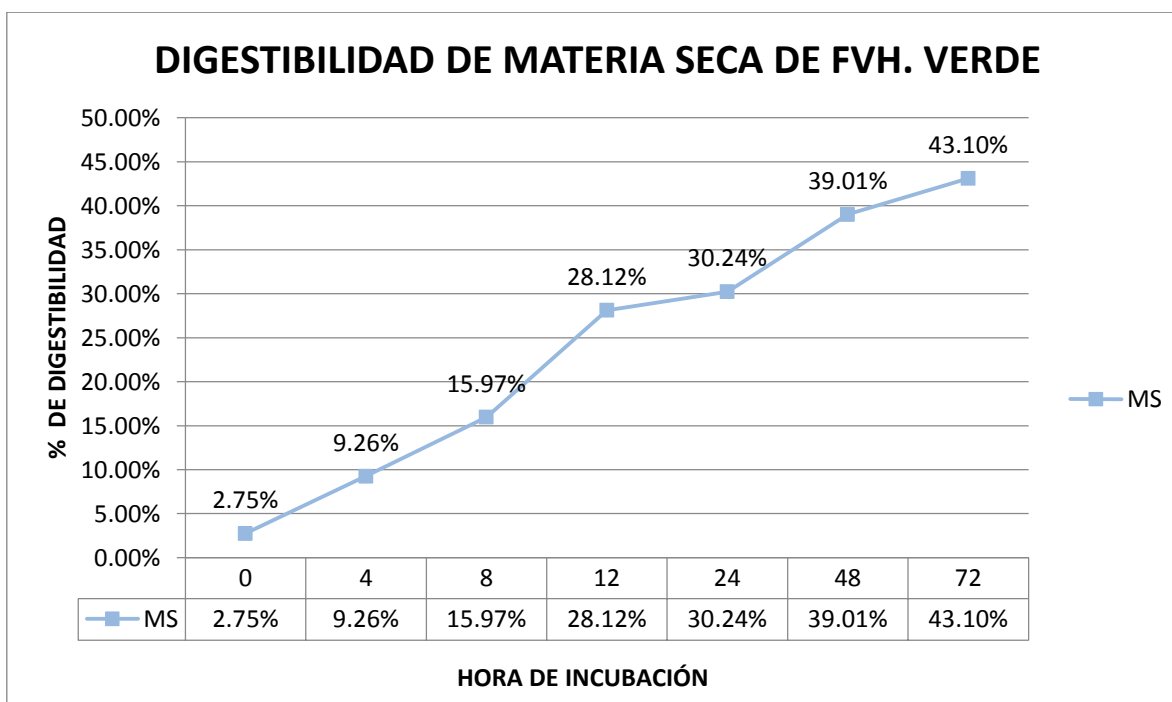
## 10. RESULTADOS Y CONCLUSION.

**Cuadro 1.** Porcentaje de nutrientes de muestra testigo FVH. Verde

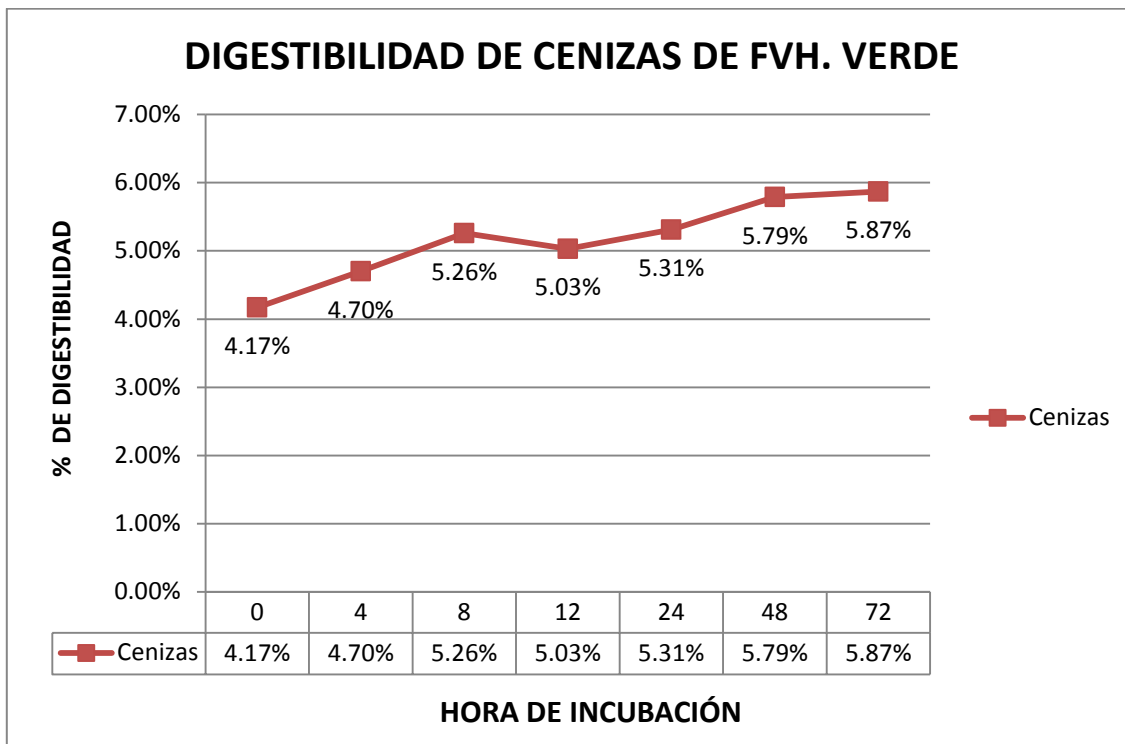
MS. %	CENIZAS %	PC. %
14.15	3.97	16.88

**Cuadro 2.** Porcentaje de digestibilidad de FVH. Verde

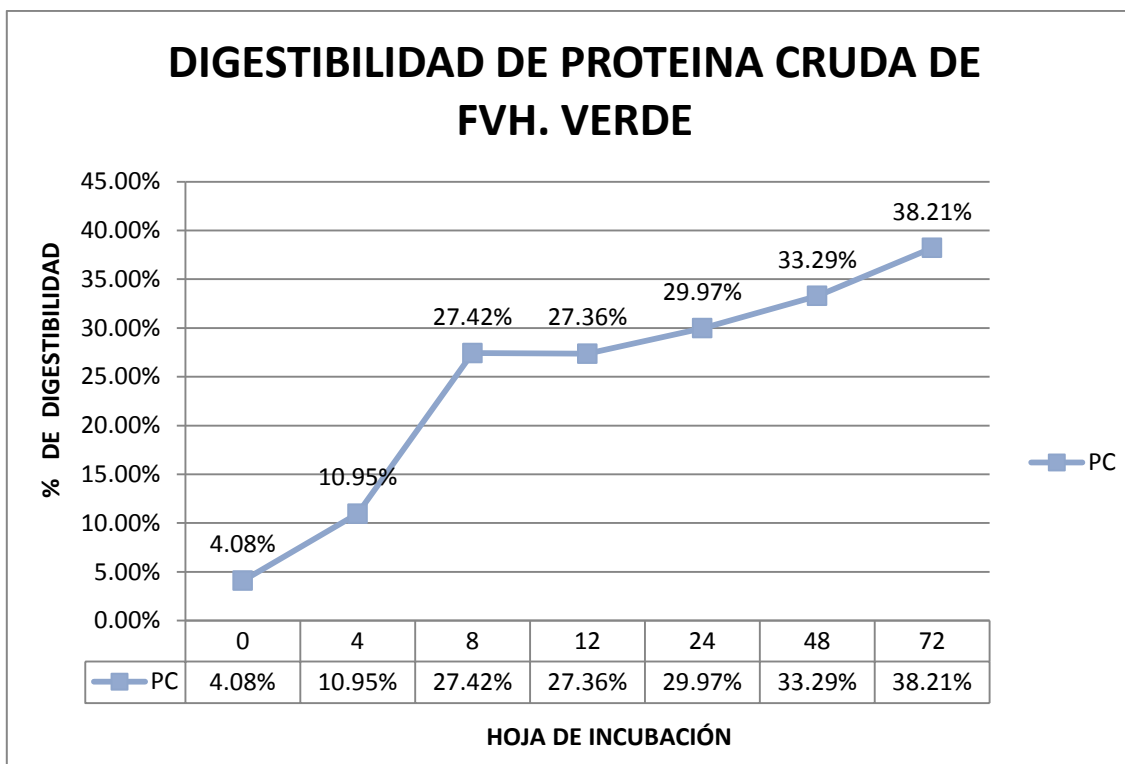
Hora	MATERIA SECA %	CENIZAS %	PROTEINA CRUDA %
0	2.75	4.17	4.08
4	9.26	4.70	10.95
8	15.97	5.26	27.42
12	28.12	5.03	27.36
24	30.24	5.31	29.97
48	39.01	5.79	33.29
72	43.10	5.87	38.21



**Figura 2.** Porcentaje de digestibilidad de materia seca de FVH. Verde



**Figura 3.** Porcentaje de digestibilidad de cenizas de FVH. Verde.



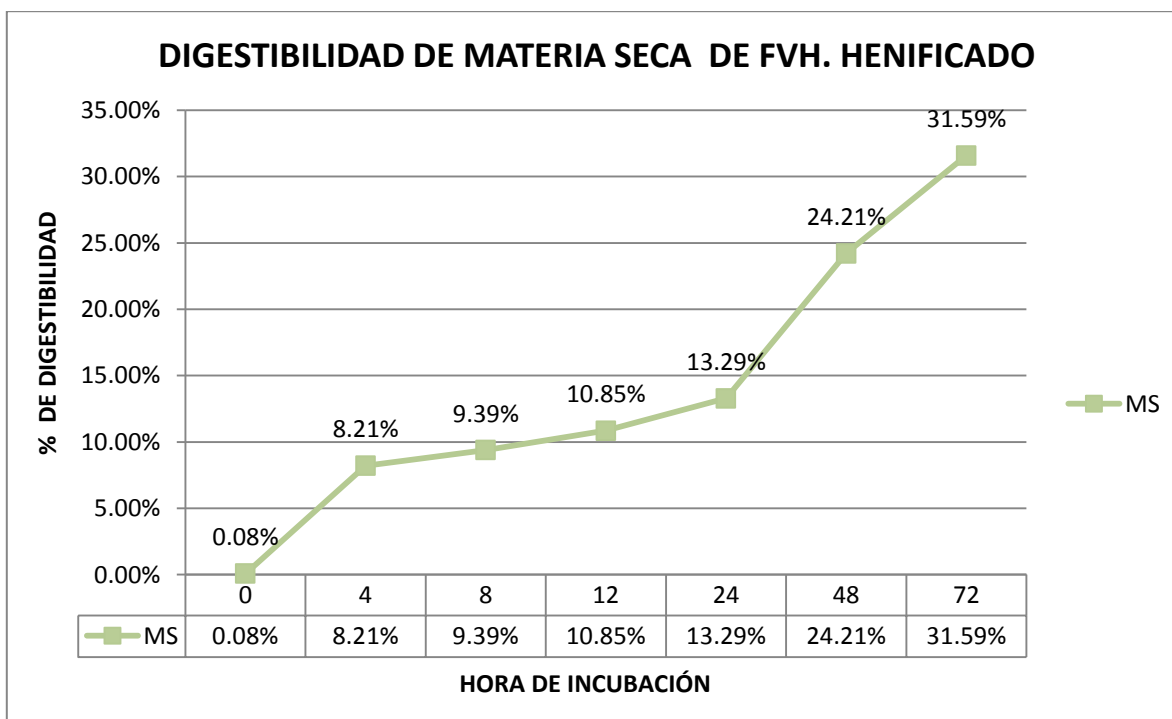
**Figura 4.** Porcentaje de digestibilidad de proteína cruda de FVH. Verde.

**Cuadro 3.** Porcentaje de nutrientes de muestra testigo FVH. Henificado

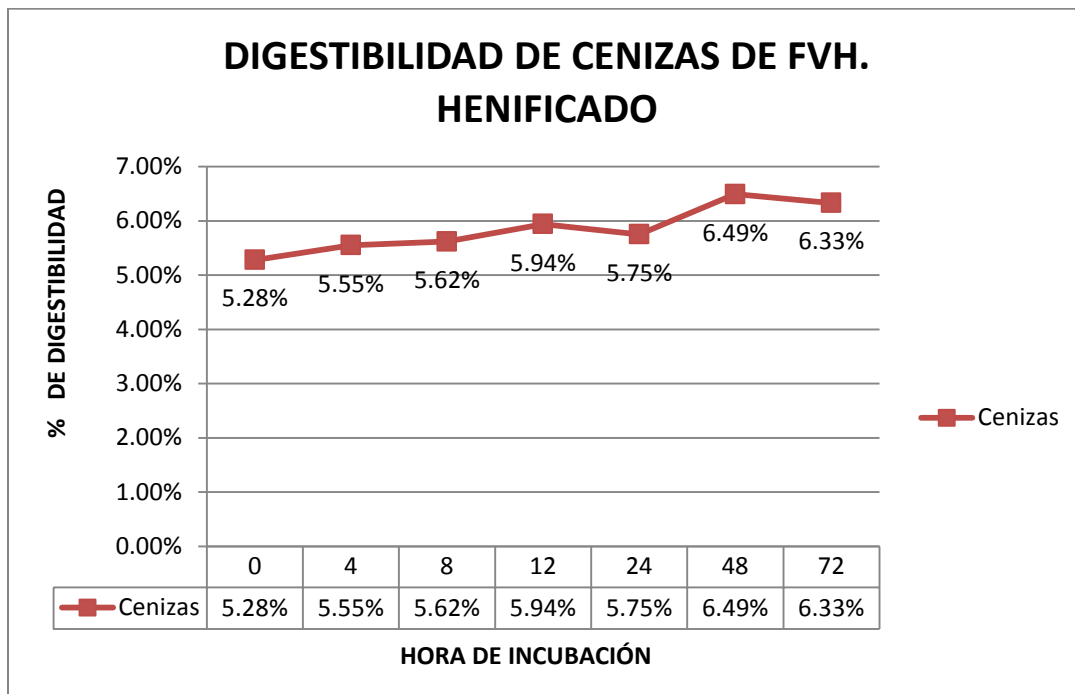
MS. %	CENIZAS %	PC. %
84.00	5.16	23.52

**Cuadro 4.** Porcentaje de digestibilidad de FVH. Henificado.

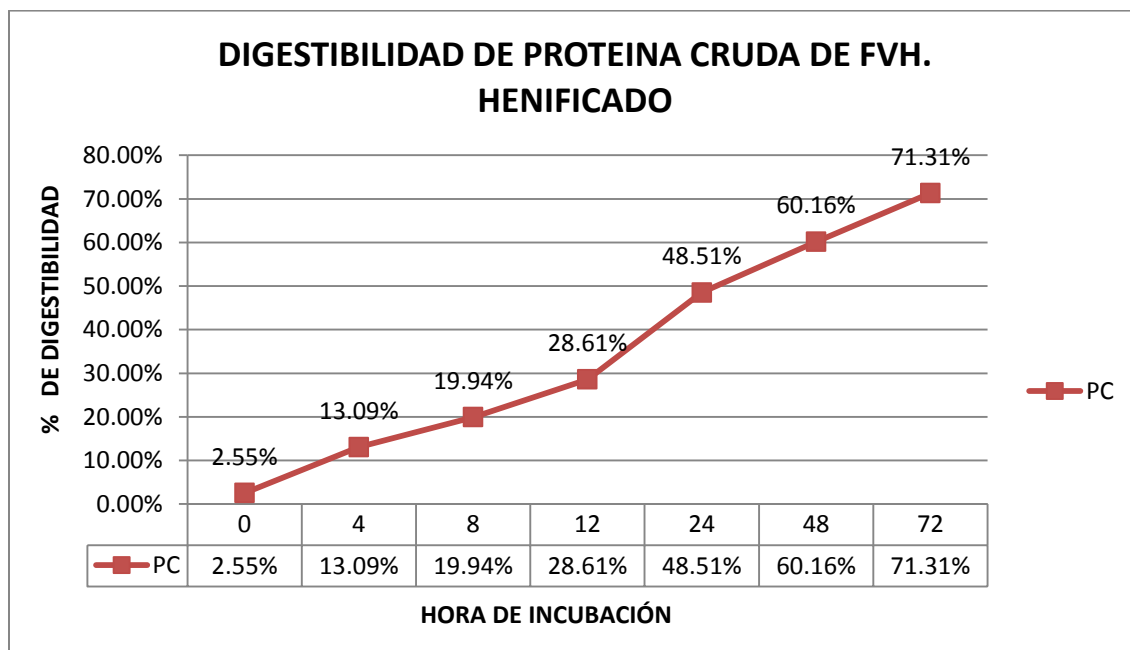
Hora	MATERIA SECA %	CENIZAS %	PROTEINA CRUDA %
0	0.08	5.28	2.55
4	8.21	5.55	13.09
8	9.39	5.62	19.94
12	10.85	5.94	28.61
24	13.29	5.75	48.51
48	24.21	6.49	60.16
72	31.59	6.33	71.31



**Figura 5.** Porcentaje de digestibilidad de materia seca de FVH. Henificado.



**Figura 6.** Porcentaje de digestibilidad de cenizas de FVH. Henificado.



**Figura 7.** Porcentaje de digestibilidad de proteína cruda de FVH. Henificado.

## **RESULTADOS.**

El contenido de proteína cruda de forraje verde hidropónico proveniente de sorgo presenta un incremento en su digestibilidad de un 4.08 % en la hora 0 a un 38.21 % en la hora 72, en FVH verde y un 2.55 % a la hora 0 a un 71.31 % a la hora 72 en FVH henificado. La materia seca también incrementa su digestibilidad teniendo un 2.75 % en la hora 0 y 43.10 % en la hora 72 en FVH verde y de un 0.08 % en la hora 0 a 31.59 % a la hora 72 en FVH henificado teniendo mayor digestibilidad a la hora 72. Por tanto las cenizas aumentan a mayor tiempo teniendo en la hora 0 un 4.17 % y 5.87 % a la hora 72 en el FVH verde y de 5.28 % en la hora 0 a un 6.33 % en la hora 72 en FVH en heno.

## **CONCLUSION.**

El FVH en verde se degrada menos PC. en rumen por lo cual se digiere en otro compartimento como lo es el abomaso o el duodeno y lo aprovecha el animal no las bacterias del rumen.



## 11. LITERATURA CITADA

Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.

AOAC. 1995. Animal Feed. Chapter 4 in 'Official methods of analysis'. 16th edition. AOAC International, Arlington, VI, USA. 30pp.

Bautista, S; Nava, J. 2002. Producción de forraje verde hidropónico de trigo Triticum, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Guerrero (AUG).

Bautista, S; Nava, J. 2002. Producción de Forraje Verde Hidropónico de trigo Triticum, tesis de Licenciatura, Universal Autónoma de Guerrero (UAG).

Bravo Ruiz, M. R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de conejos Angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Carballido, C. 2002. Forraje Verde Hidropónico, Como realizar el cultivo, Mejora la salud animal. <http://www.seragro.cl/?a=983>. Consultado en Septiembre del 2012.

Carrasco, G; Izquierdo. J. 1996. La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la Solución Nutritiva Recirculante (“NFT”). FAO- Univ. De Talca. Santiago, Chile.

Cherney D. J. R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. In: Forage evaluation in ruminant nutrition (eds. Givens D. I, Owen E., Axford R. F. E and Omed H. M.). CAB International: 281 – 300.

Dosal Aladro, J.J.M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Epoca de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Fenton T. W., Fenton M. and Mathison G. W. 1981. Determination of water in fermented feeds by gas chromatography. Canadian Journal of Animal Science. 61, 827–831.

Galyean M. L. 1997. Laboratory procedures in animal nutrition research. West Texas A&M University, Division of Agriculture and Texas A&M Research and Extension Center, Amarillo. 192 p.

Hidalgo Miranda, L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Lomelí Z. H. M. 2000. Forraje Verde Hidropónico. El forraje del futuro hoy. Agricultura. 63. 15-18.

Ñíguez Concha, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de - 30 - Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Marulanda, C; e Izquierdo, J. 1993. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAOPNUD. Santiago, Chile.

Morales O.A.F. 1987. Forraje verde hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.

Morales, A.M.A.; Juárez, A.M.; Ávila, G.E.; Fuente, M.B. 2002. Empleo de forraje verde hidropónico de cebada en conejos Nueva Zelanda en engorda Memorias de la XXXVIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, México.

Pérez Lagos, N. 1987. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.