

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**PORCENTAJE DE PROTEINA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ CON  
Y SIN FERTILIZACIÓN A DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO.**

**POR:**

**ALBERT GUADALUPE MORALES LÓPEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER**

**EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.**

**OCTUBRE 2012.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**PORCENTAJE DE PROTEINA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ  
CON Y SIN FERTILIZACIÓN A DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO.**

**TESIS POR:**

**ALBERT GUADALUPE MORALES LÓPEZ**

**ASESOR PRINCIPAL:**

\_\_\_\_\_  
**DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEON  
PRESIDENTE DEL JURADO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**PORCENTAJE DE PROTEINA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ  
CON Y SIN FERTILIZACIÓN A DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO.**

**TESIS POR:**

**ALBERT GUADALUPE MORALES LÓPEZ**

**APROBADO POR:**

**DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEON  
PRESIDENTE DEL JURADO**

**MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL.**



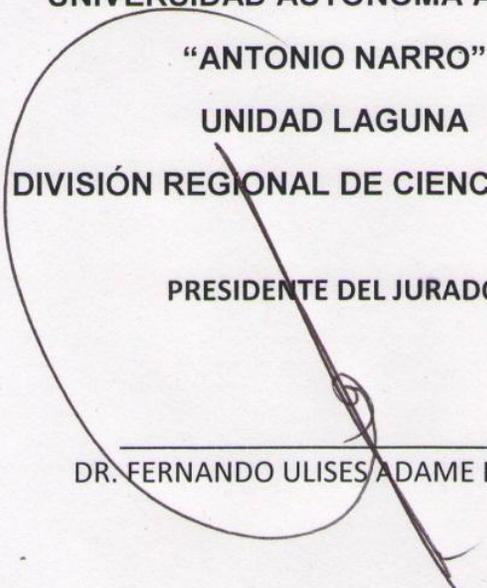
**Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal**

**TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.**

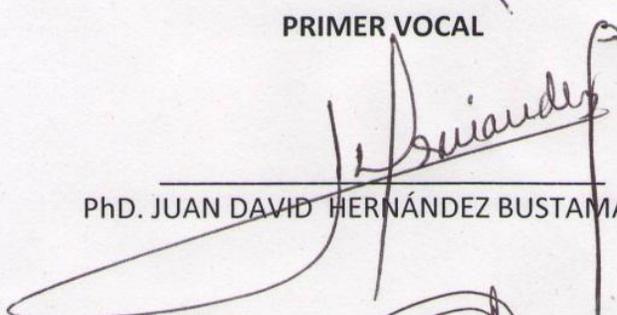
**OCTUBRE 2012.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

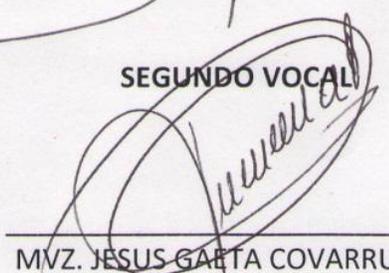
PRESIDENTE DEL JURADO

  
DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEON

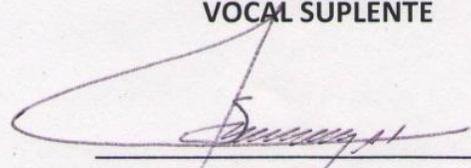
PRIMER VOCAL

  
PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

SEGUNDO VOCAL

  
MVZ. JESUS GAETA COVARRUBIAS

VOCAL SUPLENTE

  
MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES.**

Sr. Adelino Morales Carmona, por apoyarme incondicionalmente sin importar nada, y por brindarme siempre ánimo sin importar el momento de la vida por el que estuviéramos pasando, gracias papá por el gran esfuerzo y por aguantar tantas privaciones y todo por lo que tuviste que pasar para ayudarme y poder lograr el objetivo que teníamos en mente, admiro mucho tu fortaleza, humildad, optimismo, honradez y perseverancia sin mencionar la gran cantidad de valores que tienes, gracias por tus consejos y por platicar conmigo cuando cometía errores en las diferentes etapas de mi vida y hacer de mí una persona de bien enseñándome a respetar y a ser siempre recto, te admiro y te quiero mucho, siempre has sido mi ejemplo a seguir.

Sra. Eugenia López Maldonado. Gracias mamá por estar siempre pendiente de mí, por estar al tanto de lo que me hacía falta, por brindarme todo siempre que lo necesité, gracias mamá por dar alma y corazón en cada momento de mi vida, gracias por el gran apoyo, esfuerzo y privaciones por las que tuviste que pasar para que yo saliera adelante, gracias por tus consejos, tus preocupaciones y las palabras de ánimo que siempre me decías cuando hablaba contigo, eres muy fuerte mamá, admiro tu fortaleza, optimismo respeto y esa forma tan comprensiva de corregir mis errores en la vida, puedo decirte con toda seguridad que eres la mejor mamá del mundo siempre has sido mi ejemplo de fortaleza, el ver tu gran esfuerzo y ver que nunca te rindes es lo que siempre me ha dado la fuerza que

necesito para seguir siempre adelante, te quiero mucho mamá.

Gracias papás, este logro es de ustedes, es por ustedes.

## **A MIS HERMANOS**

Valfre Morales López.

Verónica Iveth Morales López.

Jonathan Morales López.

Elvis Morales Yáñez.

Yaneth Morales Yáñez.

Gracias por brindarme su comprensión y cariño que fueron parte importante para sentirme con un gran respaldo que me motivó a esforzarme cada día durante mi estancia en la universidad, gracias por hacerme sentir siempre en familia y por estar conmigo en los momentos difíciles y compartir momentos felices con ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Jehová Dios por darme la oportunidad de vivir y darme a unos padres que me supieron guiar por el difícil camino de la vida para poder terminar mi carrera, le agradezco por nunca dejarme solo y estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, por permitirme conocer a todos mis amigos a los cuales quiero mucho y por haberme dado a la gran familia que tengo, gracias por guiarme en cada paso y por las bendiciones que con sus regalos me ha dado en esta vida.

### **A MI UNIVERSIDAD.**

A mi “Alma Mater” por ser una universidad muy noble en la cual tuve el honor de formarme como Médico Veterinario Zootecnista brindándome todo lo indispensable para adquirir los conocimientos y habilidades necesarios y de calidad para ser en el campo laboral y ante la sociedad un médico competente con la indudable capacidad para resolver los problemas que las personas en cuanto a mi profesión demanden. Es un orgullo para mí, ser un “buitre por siempre”.

### **A MIS PROFESORES.**

Gracias a todos los doctores, médico veterinarios zootecnistas, ingenieros, técnicos y a todos aquellos que compartieron conmigo su experiencia, conocimientos y habilidades durante toda mi preparación profesional para adquirir la destreza y el conocimiento para poder ser un médico veterinario zootecnista con todo lo necesario para incorporarme a la vida laboral.

## **A MIS ASESORES.**

Dr. Fernando Ulises Adame de León.

PhD. Juan David Bustamante Hernández.

MVZ. Rodrigo Isidro Simón Alonso.

MVZ. Jesús Gaeta Covarrubias.

Por su compañerismo, paciencia, apoyo y ese ambiente de confianza que siempre me han brindado durante mi estancia en la universidad, en el procedimiento experimental y la elaboración de mi tesis.

## **A MI FAMILIA.**

A mis abuelos, los señores:

Eulalio Morales Carmona.

Obdulia Carmona Flores.

Maclovia Maldonado Pérez.

A la Sra. Ofelia Yáñez Ramírez.

A mis tíos, los señores:

José Isabel Morales Carmona.

Leonides Sánchez Yáñez.

Elio Morales Carmona.

Gabina Ibarra Montero.

Heriberto Morales Carmona.

Reina Gutiérrez Sánchez.

Eliseo Morales Carmona.

Estrella Morales Carmona.

Enedina Morales Carmona.

Ricardo castillo Maldonado.

Juana Morales Carmona.

Mario Castillo Maldonado.

Por siempre estar al pendiente de mí durante todo el tiempo que estuve lejos de ellos, por su confianza, consejos, apoyo, cariño y ese ambiente familiar que siempre me brinda en todo momento.

A mis primos y amigos que siempre me brindaron apoyo y afecto durante mi estancia en la universidad para poder concluir mis estudios profesionales.

### **A MIS AMIGOS.**

MVZ. Edaena Mendoza Emilio.

MVZ. Edmundo Axayacatl Silva Rodríguez.

MVZ. Emmanuel Domínguez Escorcía.

MVZ. Gonzalo Gómez Pérez.

MVZ. Jorge Esteban Torres Rocha.

MVZ. Reinaldo Miranda Flemate.

MVZ. Ernesto Aranda Salazar.

MVZ. Tania Citlally Méndez Blanco.

MVZ. Roberto Pérez del Ángel.

José Alejandro Pérez Zapata.

Y a todos aquellos quienes me brindaron su amistad y por ser mi segunda familia durante toda mi estancia en la universidad, gracias por ese ambiente de confianza, compañerismo y honestidad que siempre me han mostrado.

## INDICE GENERAL

Páginas	
DEDICATORIA .....	i, ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii, iv, v, vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix, x
RESUMEN .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVO E HIPÓTESIS .....	3
III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	4
3.1 MATERIALES .....	5
3.2 MÉTODOS .....	6
3.2.1 SELECCIÓN DE SEMILLA .....	6
3.2.2 LAVADO Y DESINFECCIÓN DE SEMILLA .....	6
3.2.3 SIEMBRA EN LAS CHAROLAS .....	6
3.2.4 RIEGO DE LAS CHAROLAS .....	8
3.2.5 COSECHA .....	10
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
4.1 HIDROPONIA .....	12
4.2 FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	12
4.3 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN .....	13
4.4 JUSTIFICACIÓN .....	13
4.5 VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	15
4.6 DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	18
4.7 OBJETIVOS DE LA PRODUCCIÓN DE F.V.H .....	19
4.8 EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL .....	20
V. RESULTADOS .....	23
VI. DISCUSIÓN .....	27
VII. CONCLUSIÓN .....	28
VIII. LITERATURA CITADA .....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
1. CUADRO 1. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DELFORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LAALIMENTACIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS(CARBALLIDO, 2002) .....	21
2. CUADRO 2. PORCENTAJE DE PROTEÍNA CRUDA DE FORREJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ FERTILIZADO Y SIN FERTILIZAR DE ACUERDO AL DÍA DE GERMINACIÓN .....	23
3. CUADRO 3. PESO DE LA BIOSMASA EN GRAMOS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ CON Y SIN FERTILIZACIÓN A LOS DIFERENTES DIAS DE GERMINACIÓN .....	24
4. CUADRO 4. TAMAÑO EN MILÍMETROS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ CON Y SIN FERTILIZACIÓN A LOS DIFERENTES DIAS DE CRECIMIENTO .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
1.	FIGURA 1. SIEMBRA DE MAÍZ EN LA CHAROLA DE PLÁSTICO .....	7
2.	FUGURA 2. DEPUÉS DE LA SIEMBRA DE MAÍZ Y OTROS GRANOS .....	8
3.	FIGURA 3. RIEGO POR ASPERSIÓN DEL MAÍZ .....	9
4.	FIGURA 4. RIEGO POR ASPERCIÓN DEL MAÍZ Y OTROS GRANOS .....	9
5.	FIGURA 5. DESPUÉS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	10
6.	FIGURA 6. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ LISTO PARA SER COSECHADO .....	11
7.	FIGURA 7. PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ FERTILIZADO Y SIN FERTILIZAR, EN BASE AL DÍA DE GERMINACIÓN .....	24

8.	FIGURA 8. PESO EN GRAMOS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ CON Y SIN FERTILIZACIÓN A DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO .....	25
9.	FIGURA 9. TAMAÑO EN MILÍMETROS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ FERTILIZADO Y SIN FERTILIZAR A DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO .....	26

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de proteína cruda del forraje verde hidropónico de grano de maíz en condiciones de crecimiento semi intensivo y en presencia o ausencia de fertilizante.

Se utilizaron 9 charolas con germinados de maíz tratados con fertilizante y 9 charolas con germinados sin fertilización. La toma de muestras se hizo del día 6 al 14 de germinación y en estas muestras se determinó el contenido de proteína cruda, siendo la muestra del día **14** de germinación la que obtuvo mayor concentrado de proteína cruda correspondiendo un valor de **17.75%**.

**Palabras clave:** Forraje verde hidropónico, proteína cruda, fertilizante, biomasa, crecimiento.

## I. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello.

El término hidroponía deriva de los vocablos griegos “Hidro” o “hundo” que significa agua, y “ponos” trabajo o actividad.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, heno, ensilajes o granos para alimentación animal. Fenómenos climatológicos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias que vienen incrementando significativamente su frecuencia o ausencia (como en la laguna) en estos últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales.

Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, heno o ensilados. En otras situaciones, son las regiones áridas y semiáridas donde la escasez de agua es notable y/o falta de terrenos aptos para el cultivo de forraje, pero el problema es más enfocado a los pequeños productores ganaderos que escasean de estos recursos.

En ello redonda en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos.

Frente a circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH). La tecnología FVH es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol, gramíneas y alfalfa) para cultivo forrajero convencional. Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, vacas, conejos, pollos, cuyes y cerdos entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde.

Por lo que, este trabajo, se enfoca específicamente a determinar los porcentajes de proteína en los forrajes de maíz con y/o sin fertilizante de acuerdo a los días de germinación en condiciones de hidroponía.

Parámetros a evaluar; valores de la proteína cruda.

## **II. OBJETIVO**

- Determinar el mejor momento en el periodo de crecimiento que se tiene el valor más alto de concentrado de proteína cruda en forraje verde hidropónico de maíz fertilizado y sin fertilizar.

## **HIPÓTESIS**

- Se espera obtener los mejores contenidos de proteína cruda en el forraje verde hidropónico de maíz que fue sometido a fertilización.

### III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

La producción de forraje verde hidropónico se llevó a cabo en el ejido Monterrey municipio de Lerdo, Durango. Latitud N: 25° 28' 58.2'' longitud O: 103° 37' 19.75'', 1182 msnm. A 13 km de la Ciudad de Lerdo Durango. (Gutiérrez, 1947; Lazos, 1930).

Para producir el forraje verde hidropónico se utilizó grano de maíz criollo proveniente de los llanos de Guadalupe Victoria, Durango.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna localizada en el periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fe, en Torreón, Coahuila, México. La ciudad tiene una altitud de 1137 metros sobre el nivel del mar y su precipitación pluvial media anual es de 144 mm. Latitud: 21° 31' 11" longitud W: 103° 25' 52". Clima es cálido de tipo semidesértico.

En verano la temperatura puede rebasar los 40 °C y en invierno puede alcanzar un mínimo de 2 °C

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **3.1 MATERIALES.**

- 1) Invernadero (120m<sup>2</sup>).
- 2) Grano de maíz criollo proveniente de los llanos de Guadalupe Victoria Durango.
- 3) Recipiente de plástico de 20 L. para lavar el grano.
- 4) Charolas para forraje verde hidropónico 46 cm x 60 cm.
- 5) Agua de pozo.
- 6) Contenedores de 200 L. para agua
- 7) Bomba para agua (1HP).
- 8) Hipoclorito de sodio (al 6%)
- 9) Red para colar y retirar impurezas del grano.
- 10) Mangueras de media pulgada.
- 11) Nebulizadores.
- 12) Anaquel para charolas.
- 13) Cable del nº 14 y clavija para conducción de luz.

## **3.2 MÉTODOS.**

### **3.2.1 SELECCIÓN DE SEMILLA.**

Se consiguió grano de maíz criollo proveniente de los llanos de Guadalupe Victoria Durango en buen estado a bajo costo, y sin haber sido tratada con fungicidas u otros químicos.

### **3.2.2 LAVADO Y DESINFECCIÓN DE SEMILLA.**

Se lavó con agua limpia el grano del maíz y se retiraron todas las impurezas encontradas y los granos que flotaban se retiraron, ya que estos granos no germinan, se lavó el grano por segunda vez y posteriormente se desinfectó con cloro diluido en 10 litros de agua (1 ml de cloro al 6% por litro de agua) sumergiendo la el maíz en un tiempo no menor a 30 segundos y no mayor a 3 minutos, posteriormente se retiró el cloro y se dejó remojando el grano en agua limpia por 12 horas; transcurridas las 12 horas se retiró el agua y se dejó reposar por 1 hora para que se oxigenara, y después se le agregó agua limpia y se dejó remojando durante 12 horas.

### **3.2.3 SIEMBRA EN LAS CHAROLAS.**

En la siembra se utilizaron charolas de 36 cm por 60 cm que fueron lavadas previamente con detergente Y agua, posteriormente se desinfectaron con cloro para evitar cualquier tipo de contaminación.

Transcurridas las últimas 12 horas del remojo de la semilla se pasó a las charolas colocando una capa uniforme de 1.5 cm de espesor. Se taparon con charolas por

48 horas para impedir que entrara la luz e inducir a la germinación uniforme del grano.

Pasado el tiempo indicado se destaparon las charolas y el grano se encontró germinado entre el 97 y 100 %.



Figura 1. Siembra de maíz en la charola de plástico.



Figura 2. Después de la siembra de maíz y otros granos.

#### 3.2.4 RIEGO DE LAS CHAROLAS.

Para el riego de las charolas se utilizaron dos contenedores de agua de 200 litros y una bomba de 1 HP para aplicar mayor presión, conectados a manguera de  $\frac{1}{2}$  pulgadas en la cual fueron repartidos los nebulizadores (conocidos como foggers) a 120 cm de separación; las charolas fueron perforadas por ambos extremos los más angostos, para el drenado adecuado de agua y evitar encharcamientos, los riegos se efectuaron cada hora y media por 1 minuto destapando las charolas en los dos primeros días únicamente durante el riego (nueve riegos por día).



Figura 3. Riego por aspersión del maíz.

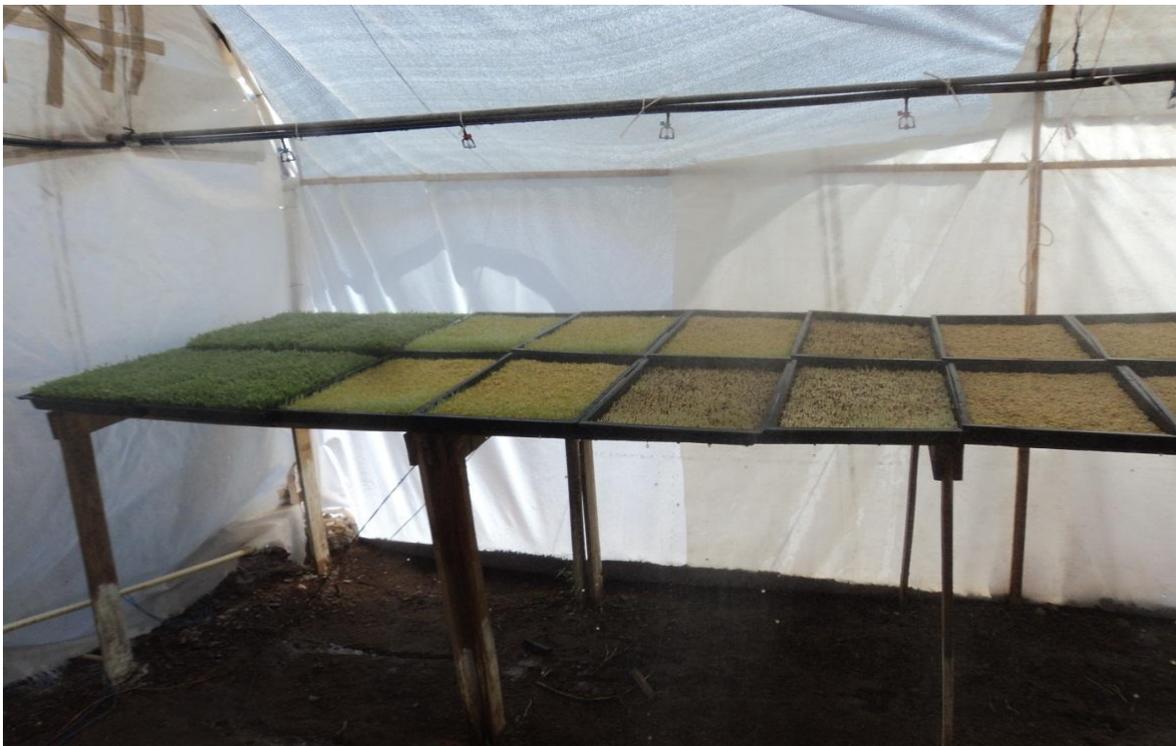


Figura 4. Riego por aspersión del maíz y otros granos.

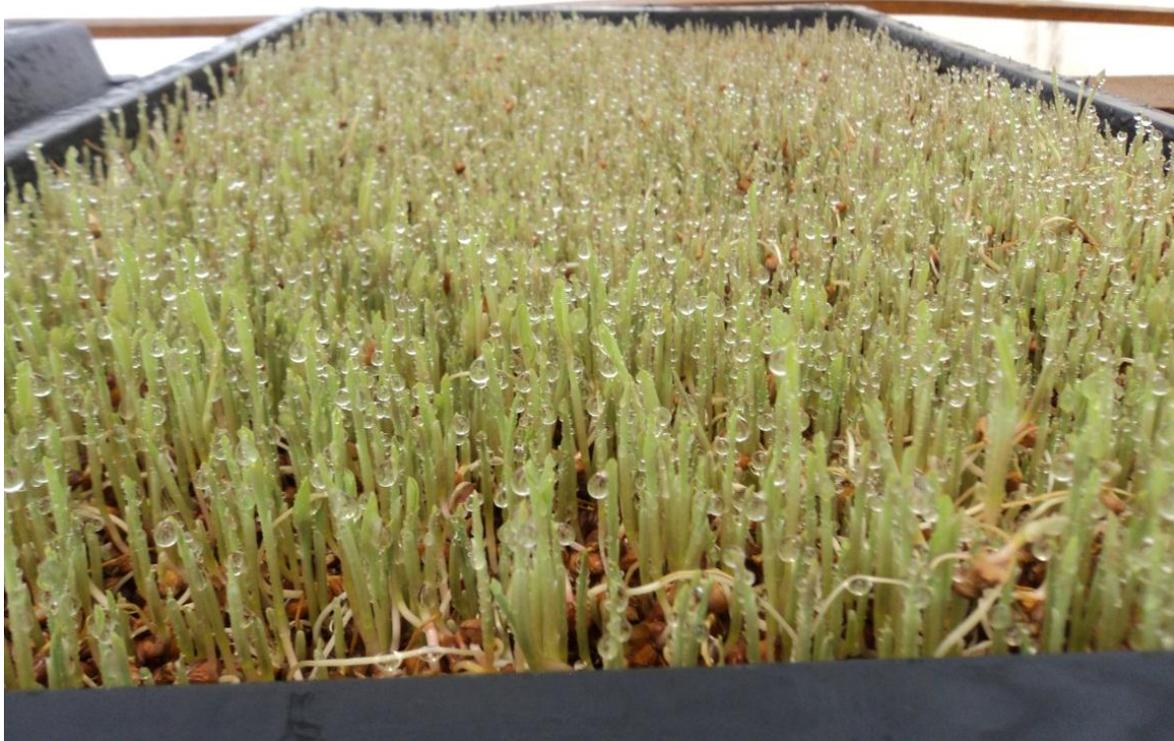


Figura 5. Después del riego por aspersion del forraje verde hidropónico.

### 3.2.5 COSECHA.

Se realizó la cosecha entre el día 6 y el día 14 obteniendo 6.5 a 9 kilos de forraje por charola, en este periodo el forraje se encuentra en sus mejores niveles de nutrientes.



Figura 6. Forraje verde hidropónico de maíz listo para ser cosechado.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 HIDROPONIA

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

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o de 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 Woodward 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 del forraje resultante (Huterwal, 1960, Ñiguez, 1988).

### 4.2 FORRAJE VERDE HIDROPONICO

El forraje verde hidropónico es un pienso o forraje vivo para alimento de animales de engorda para producción de carne o de leche. 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).

#### 4.3 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).

#### 4.4 JUSTIFICACIÓN

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Chen, 1975; Less, 1983; Níguez, 1988; Santos, 1987; y Dosal, 1987).

El sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico, 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 (Carballido, 2002).

El proceso de producción de Forraje Verde Hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se requiere grandes extensiones de tierra, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento. El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de vacas, caballos, ovinos, conejos, cerdos (Sánchez, 2001).

No obstante los sistemas de producción de forraje convencional han venido experimentando serias dificultades marcadas para la situación actual del sector agropecuario, intenso crecimiento de la tasa de urbanización y el aumento en el valor de las tierras centrales se han encargado de desplazar las explotaciones especuarias hacia sectores donde se reduce el potencial de producción forrajera

(Bravo, 1998).

La sustitución en conejos, de hasta el 75% del concentrado por F.V.H. no afecta la eficiencia en la ganancia de peso alcanzándose el peso de faena (2,1 a 2,3 kg de peso vivo) a los 72 días. Estos resultados han tenido un alto impacto técnico, posibilitando la generación de ingresos, la alimentación familiar y el mantenimiento de la producción a mini productores cunícolas afectados por los altos costos de los concentrados (Sánchez, 1997 y 1998).

La producción cunícola basada en la utilización de FVH, es más económica que cuando se usa solamente alimento balanceado (Reynoso, 1994).

La forma en que se suministra el alimento en las explotaciones cunícolas ha sido causa de polémica, tanto en el aspecto de dar forrajes combinados con

alimentos balanceados o dar solamente estos últimos, así como el de ofrecerlos en forma racionada o propiciar el consumo a libre acceso (Mena, 1999).

#### 4.5 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 en 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).

-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, 1997 y 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 corteque pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o pararotación de largo plazo (Melipilla, 1998).

-Alianzas y enfoque comercial. El F.V.H. ha demostrado ser una alternativaaceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidadactual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sincostos de iniciación para proveer en forma urgente complemento nutricional.

También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitangenerar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de laproducción de forraje tales como las empresas semilleristas, cabañas dereproductores, tambos, locales de invernada, ferias, locales de remates, aras decaballos, cuerpos de caballería.

#### 4.6 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 conocerexactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, sucomportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes yde 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 invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados.

#### 4.7 OBJETIVOS DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.

"Obtener rápidamente, a bajo costo y en forma sostenible, una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para alimentación animal"

- 1) Ofrecer al productor "un seguro alimentario". El F.V.H. es una estupenda herramienta de lucha contra la sequía, inundaciones o suelos anegados por las lluvias.
- 2) Convertirse en un eficiente y eficaz insumo tal que pueda sustituir todo o una buena parte del alimento concentrado ofrecido a los animales.
- 3) Bajar significativamente nuestros costos de alimentación animal.
- 4) Aumentar la producción de carne y de leche en los animales alimentados con F.V.H.
- 5) Aumentar la fertilidad de los animales debido a los aportes de factores nutricionales presentes en el FVH (Vitamina "E").

- 6) Aumentar la rentabilidad de predios de escasa a muy escasa extensión.
- 7) Maximizar nuestro espacio de producción (Santos, citado por Ñíguez, 1988).

#### 4.8 EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DEL FVH EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

Los usos del F.V.H. son diversos pudiéndose utilizar como alimento de vacaslecheras; caballos; ganado de carne; terneros; gallinas ponedoras; pollos; cerdos; conejos y cuyes. El cuadro 1 brinda información indicativa de las dosis en que puede ser usado el F.V.H. en diversas especies de animales, siendo necesario aún mayor investigación para ajustar los consumos diarios en función del peso vivo del animal, raza, y estado fisiológico o reproductivo.

En el caso de conejos, ensayos de campo realizados por grupos de productores de la localidad de Rincón de la Bolsa (Uruguay), indicaron que los conejos en etapa de engorda aceptan sin dificultad entre 280 y 400 gramos de F.V.H./día y obtienen el peso de faena a los 72 o 75 días en forma similar a los conejos alimentados exclusivamente con ración balanceada. Las madres en lactancia y los reproductores pueden llegar a ingerir un promedio de 500 gramos por día lo que indica que en la especie cunícola se puede suministrar hasta un 8 a 10 % de peso vivo en F.V.H. sin consecuencias negativas.

CUADRO 1. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS (CARBALLIDO, C. 2002).

Ganado Lechero

Baja	15 kg de fvh
Mediana Producción	20 kg de fvh
Alta Producción	22 kg de fvh
Vacas con producción de 30litros día	FVH solo Cebada hasta 18 kg

Caprinos

Cabras	1.5 kg de fvh
Lactación:	2.5 kg de fvh
Lecheras	3.5 kg de fvh
Carne	2.0 kg de fvh

Ovinos

Ovejas Gestación 50kg	2.5 kg de fvh
Lactación 1 cordero	3.5 kg de fvh
Lactación 2 cordero	4.0 kg de fvh
Carne	3.0 kg de fvh
Cordero	1.0 kg de fvh
Carnero	2.5 kg de fvh

Conejos

Gestación	402 gr de fvh
Lactación 6 gazapos	546 gr de fvh
Inicio gazapo	50 gr de fvh
Carne 30 días	120 gr de fvh
Carne 50 días	180 gr de fvh
Carne 70 días	250 gr de fvh
Carne 100 días	380 gr de fvh

### Cerdos

Reproductores	4 kg de fvh
Lactantes	2 kg de fvh
Gestantes	3 kg de fvh

### Equinos

Potrillos	4 Kg de fvh
Potros	8 Kg de fvh
Potrancas	4 Kg de fvh
Yeguas vacías	8 Kg de fvh
Gestación	4 Kg de fvh

## V. RESULTADOS

Se registró la concentración de proteína cruda en base a las pruebas de bromatología obteniendo como resultado que la concentración máxima de Proteína Cruda en el forraje verde hidropónico de grano de maíz sin fertilizar se presenta el día 14 de germinación con **17.75 % de proteína cruda** obteniendo en el forraje verde hidropónico de grano de maíz fertilizado una concentración de **proteína cruda de 17.79%** al mismo tiempo de germinación.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE PROTEÍNA CRUDA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ FERTILIZADO Y SIN FERTILIZAR DE ACUERDO AL DÍA DE GERMINACIÓN

DIA DE GERMINACIÓN	SIN FERTILIZANTE	CON FERTILIZANTE.
6	9.06	9.61
7	10.03	10.61
8	9.82	10.07
9	13.93	14.36
10	16.37	16.64
11	17.05	17.05
12	16.86	17.04
13	17.59	17.59
14	<b>17.75</b>	<b>17.79</b>

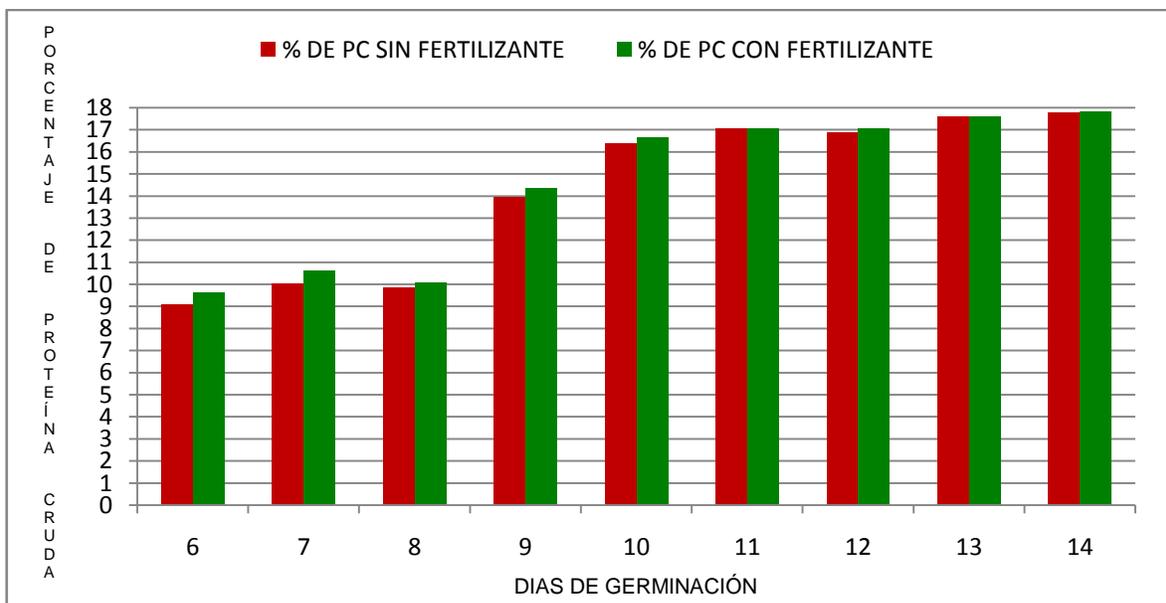


Figura7. Porcentaje de proteína cruda de forraje verde hidropónico de maíz fertilizado y sin fertilizar en base al día de germinación.

CUADRO 3. PESO DE LA BIOMASA EN GR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ CON Y SIN FERTILIZACIÓN A LOS DIFERENTES DÍAS DE GERMINACIÓN.

DÍAS DE GERMINACIÓN	PESO DEL FVH DE MAÍZ SIN FERTILIZANTE	PESO DEL VFH DE MAÍZ CON FERTILIZANTE
6	2220	2235
7	2348	2420
8	2484	2556
9	2538	2644
10	2430	2641
11	2527	2818
12	2520	2863
13	2694	2687
14	3660	4180

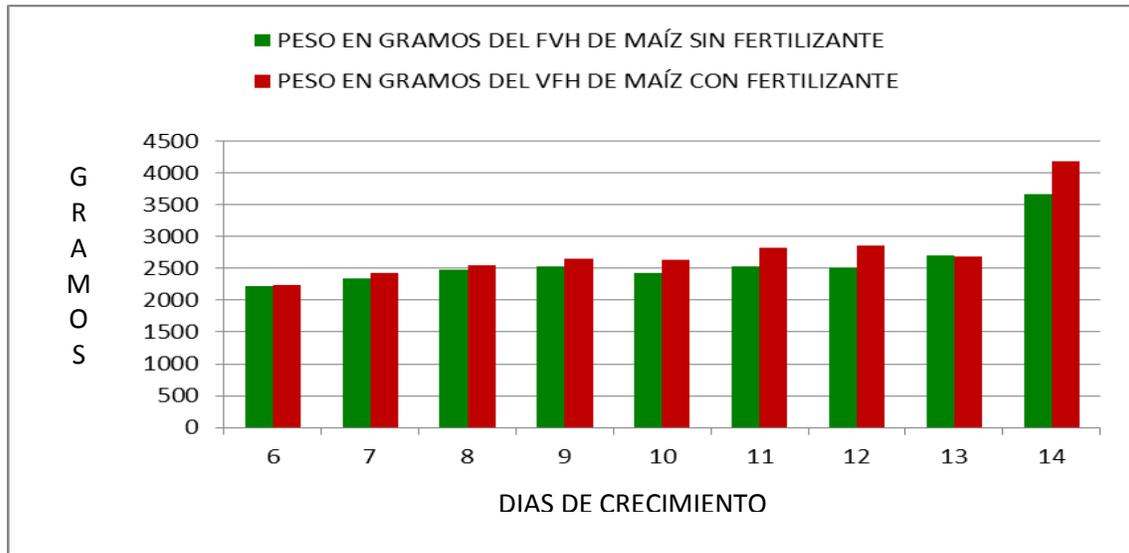


Figura 8. Peso en gr del forraje verde hidropónico de maíz con y sin fertilización a diferentes etapas de crecimiento.

CUADRO 4. TAMAÑO EN MM DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE GRANO DE MAÍZ CON Y SIN FERTILIZACIÓN A LOS DIFERENTES DÍAS DE CRECIMIENTO.

DIAS DE GERMINACIÓN	TAMAÑO DEL FVH DE MAÍZ SIN FERTILIZANTE	TAMAÑO DEL VFH DE MAÍZ CON FERTILIZANTE
6	60	60
7	66	65
8	100	95
9	120	135
10	150	170
11	170	205
12	190	260
13	210	270
14	210	280

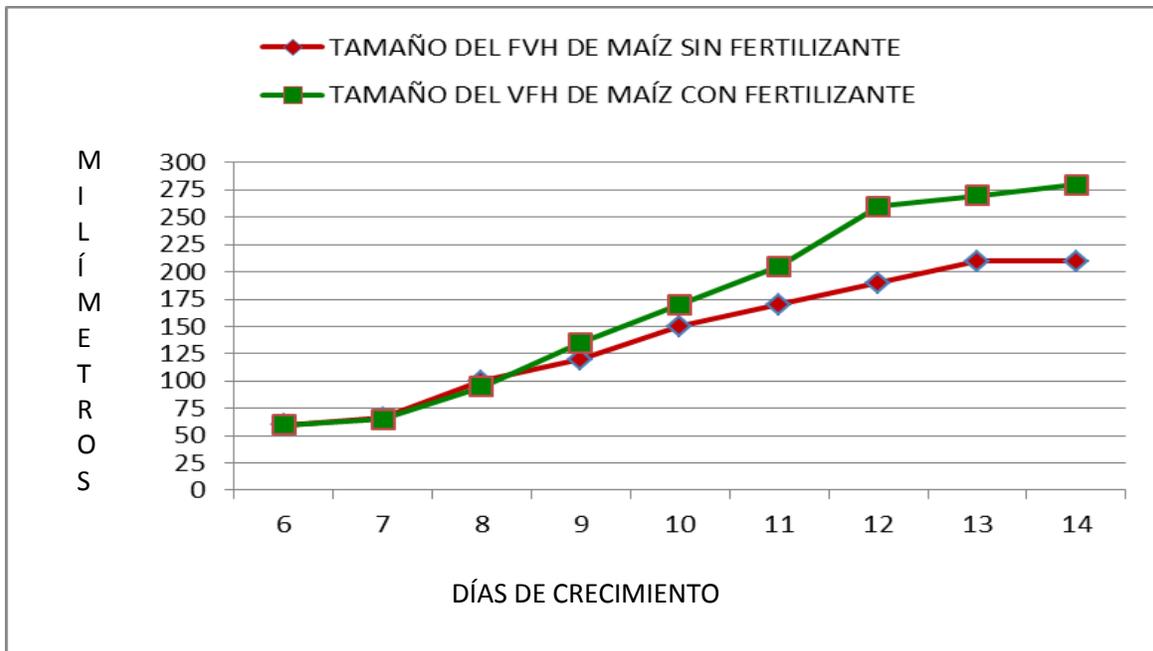


Figura 9. Tamaño en mm del forraje verde hidropónico de grano de maíz fertilizado y sin fertilizar a diferentes etapas de crecimiento.

## VI. DISCUSIÓN

El contenido de proteína cruda de forraje verde hidropónico proveniente de grano de maíz fertilizado y sin fertilizar del día 6 al 14 de germinación, presenta contenidos casi iguales de proteína cruda incluso siendo iguales en las muestras 6 y 8 correspondientes a los días 11 y 13 durante este periodo de crecimiento, teniendo una diferencia más significativa en el tamaño y peso del forraje, con una diferencia de 520 gr y 70mm de altura al día 14 de germinación, presentando un peso de 4180 gr y una altura de 280 mm en el forraje verde hidropónico de maíz fertilizado y 3360 gr y con una altura de 210 mm en el forraje verde hidropónico de grano de maíz sin fertilizar.

Durante las épocas tempranas de crecimiento, el sistema radicular es pequeño y muchas veces el suelo está frío, lo que limita la absorción de elementos minerales

Las cantidades de nutrientes absorbidos por las plántulas durante las etapas tempranas de desarrollo no son grandes, sin embargo, la concentración necesaria de nutrientes cerca de la planta joven debe estar disponible para un rápido crecimiento y desarrollo inicial. Esto último ayuda con un crecimiento vigoroso durante las primeras semanas de desarrollo. Aun cuando la cantidad de nutrientes absorbida es relativamente pequeña, el tamaño final de las hojas, tallo, mazorca y otras partes de la planta dependen en gran medida de la disponibilidad adecuada de nutrientes durante este periodo inicial del desarrollo de la planta (Lazcano, 2000).

## **VII. CONCLUSIÓN**

El forraje verde hidropónico de grano de maíz fertilizado y sin fertilizar presenta contenidos similares de proteína cruda durante su crecimiento, presentando su más alto nivel en su contenido de proteína cruda el día 14 de germinación en ambos casos, ofreciendo una mayor cantidad en la biomasa el forraje de grano de maíz con fertilizante debido a que la fertilización impulsa un mayor crecimiento marcando una diferencia en el tamaño de estos forrajes, por lo que en ambas situaciones se recomienda alimentar al ganado en este punto donde sus niveles nutricionales y la cantidad de forraje en el caso del forraje verde hidropónico de maíz fertilizado darán mayor rendimiento para complementar las necesidades nutricionales del animal.

## VIII. LITERATURA CITADA

- AGRORED, A. 2003. Horticultura, Fruticultura, Fertilización y Cultivos Hidropónicos. (En línea). Consultado 14 Oct. 2008. Disponibles en: <http://www.Agrored.Com.Mx/agricultura/63-Forraje.html>.
- Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina
- Bautista, S; Nava, J. 2002. Producción de Forraje Verde Hidropónico de trigo Triticum, tesis de Licenciatura, Universal Autónoma de Guerrero (UAG).
- Beorlegui, 1989. Utilización del forraje verde hidropónico como suplemento para vacas lactantes durante la sequía. Hidroponía. Lo más cerca del futuro: 147-149.
- 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.
- Ceballos, C. J. y E. García, P. 1992. Cultivos hidropónicos. "Nuevas técnicas de producción". Mundi-prensa. Madrid. P.176-178.
- 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.
- E. F. Moreno-Ramos 2001. Evaluación de forraje verde hidropónico como complemento alimenticio para producción de conejos.
- FAO. 2001. Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Organización de las naciones para la agricultura y la alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile

Fox, R. 2000. Fábrica de Forraje. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 8. Lima, Perú.

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.

22

Howard M. 1992. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Mundi Prensa. Madrid.

Lazcano I. 2000. Informaciones agronómicas. Maximice la eficiencia de su fertilizante mediante curvas de absorción de N, P y K en maíz de grano.

León, S. 2005. Efecto del Fotoperiodo en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Maíz con diferentes soluciones nutritivas para alimentación de conejos en el período de engorde. Tesis de grado FCP ESPOCH. pp 51-59.

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

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.

Nava, J; Córdova, A. 2005. Alimento balanceado forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos (*Oryctolagus cuniculus*). Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VI, No 10. (En línea). Consultado 14 Oct. 2008. Disponible en.

Ñíguez Concha, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de

Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Palacios, M.F.; Nieri, F. 1995. Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.

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.

Ramos, C. 1999. El Uso de Aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.

Resh, H. 2001. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Versión española de José Santos Caffarena. Madrid, España, Ediciones Mundi- Prensa. 284p.

23

Rivera P. F de J., M. Hernández M., F. Galván C., L. G. García F. y R. Betancourt M. (Sf). Alternativas forrajeras para Guanajuato. Secretaria de Desarrollo Agropecuario.

Rodríguez Ramírez, H. E. C. Rodríguez M., A. Flores M., I. Sánchez E. y A. Grado A. 2003. Utilización del forraje verde hidropónico como suplemento para vacas lactantes durante la sequía. Hidroponía. Lo más cerca del futuro: 147-149.

Romero, V. M. E. 2009. Producción de forraje verde en Hidroponía. TecnoAgro.

Avances Tecnológicos y Agrícolas. [www.tecnoagro.com.mx](http://www.tecnoagro.com.mx). No. 51. Marzo Abril 2009.

Salazar, W. 2004. Utilización del Forraje Verde Hidropónico Henificado de Cebada en remplazo de la alfalfa en la alimentación de conejos, FCP – ESPOCH. Riobamba Ecuador. Pp 45-54.

Sánchez, A. 2000. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 7. Lima, Perú.

Sepúlveda, R. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.

Scheelje, R; Niehaus, H; Werner, K; Krüger, A. 1976. Conejos para Carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Schneider, A. 1991. Alternativas Para Lecheras y Engordes: Forraje Verde Hidropónico. Revista El Campesino (Julio 1991). Santiago. Chile. Staff, H. 1997. Hidroponía. SEBRAE. Cuiaba, Brasil

Tarrillo, O. H. (Sf). Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal.

Valdivia B. E. 1996. Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Curso taller internacional de Hidroponía. Lima Perú, 25-29 de marzo de 1996.

<http://www.tecnocampo.com.mx>

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html>

<http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n101005.html>.

<http://www.forrajehidroponico.com.mx>

<http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.net>