



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales

Forraje Verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de  
semi desierto

Trabajo de titulación

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta:

MVZ. Xiao-Haitzi Daniel Puón Peláez

Dirigido por:

Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor.

Santiago de Querétaro, Qro.

Octubre 2015



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

Forraje Verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semi desierto

Presenta:

MVZ. Xiao-Haitzi Daniel Puón Peláez

Dirigido por:

Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor

Sinodales

DR. HÉCTOR MARIO ANDRADE MONTEMAYOR

Presidente

DRA. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA

Secretario

DR. JORGE KAWAS GARZA

Vocal

DR. RICARDO BASURTO GUTIÉRREZ

Suplente

MNH. ULISSES MORENO CELIS

Suplente

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca

Directora de la Facultad de Ciencias Naturales

Firma  
  
Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Directora de Investigación y Posgrado



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

Forraje Verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semi desierto

Presenta:

MVZ. Xiao-Haitzi Daniel Puón Peláez

Dirigido por:

Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor

Sinodales

DR. HÉCTOR MARIO ANDRADE MONTEMAYOR

Presidente

\_\_\_\_\_

Firma

DRA. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA

Secretario

\_\_\_\_\_

Firma

DR. JORGE KAWAS GARZA

Vocal

\_\_\_\_\_

Firma

DR. RICARDO BASURTO GUTIÉRREZ

Suplente

\_\_\_\_\_

Firma

MNH. ULISSES MORENO CELIS

Suplente

\_\_\_\_\_

Firma

\_\_\_\_\_

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca

Directora de la Facultad de Ciencias Naturales

\_\_\_\_\_

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Directora de Investigación y Posgrado

## Índice

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice de cuadros	v
Índice de anexos	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Situación agroambiental en México	4
2.2 Contaminación y escases de agua	4
2.3 El caso de la sequia	5
2.4 La Hidroponía y el Mundo	6
2.5 La Hidroponía y las civilizaciones antiguas	7
2.6 Forraje verde hidropónico y nutrición animal	9
2.7 Calidad nutricional del forraje verde hidropónico	10
2.8. Forraje verde hidropónico como suplementación en la alimentación de conejos	13
2.9. Bioimpedancia	15
III. OBJETIVO	17
3.1 Objetivo general	17
3.2 Objetivos específicos	17
IV. Metodología	18
3.1 Fase 1 Producción de forraje verde hidropónico	18
-Lugar	

-Selección de semilla	
-Lavado	
-Pre-germinación o imbibición	
-Germinación	
-Riego	
-Cosecha	
3.2 Fase 2. Análisis químico del forraje verde hidropónico	20
3.3 Fase 3. Cinética de degradación	21
3.4 Fase 4 Comportamiento <i>in vivo</i>	24
V. Resultados y discusión	27
4.1 Fase 1	
4.1.1 Rendimiento en base húmeda, producción de materia seca y proteína cruda de FHV cosechado a 15 días.	27
4.1.2 Contenido de fibra detergente neutro, fibra detergente acida y lignina de FVH cosechado a 15 días	28
4.1.3 Rendimiento en base húmeda, producción de materia seca y proteína cruda de FVH cosechado a 21 días.	30
4.1.4 Contenido de fibra detergente neutro, fibra detergente acida y lignina de FVH cosechado a 21 días	31
4.2 Fase 2	
4.2.1 Cinética de degradación	34
4.3 Fase 3	
4.3.1 Comparación de peso final a los 47 días, ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia	36
4.3.2 Consumo de proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y extracto etéreo de conejos de 47 días de engorda	37

4.3.3 Peso de canal caliente, peso de vísceras y peso de piel en gramos y la proporción del peso de la canal de conejos de 47 días de engorda.	39
4.3.4 Materia seca, proteína cruda y extracto etéreo por muestra pool de carne de conejos de 47 días de engorda	40
4.3.5 Bioimpedancia y Angulo de fase de canales de conejos de 47 días de engorda	42
4.4 Costo - Beneficio	43
V. Conclusiones	45
VI. Implicaciones Productivas	47
Anexos	48
Literatura citada	54

## RESUMEN

Las técnicas de producción en las que el impacto ambiental, en específico el uso del agua y la tierra para la producción de forraje deben ser cada vez menor y mayor eficiencia. Una de las técnicas que ha logrado un uso eficiente de estos recursos es la producción de Forraje Verde Hidropónico que es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales en un período de 15 a 21 días y con un sistema de riego con captación y recirculación de agua, también es una forma de suplementar producciones de conejos y pequeños rumiantes. En este trabajo se evaluó el contenido nutricional de tres forrajes (maíz, trigo y sorgo) cosechado en dos tiempos (15 y 21 días) y posteriormente se evaluó el efecto en el comportamiento productivo de la suplementación en la alimentación de conejos de 35 días de edad de la raza Nueva Zelanda con FVH con la mayor cantidad de materia seca y fibra detergente neutro y su efecto en las canales. Este trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Naturales Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, usando riegos de agua de pozo de 1min. cada 4hrs. por medio de un sistema de microaspersor con timer y cosechado a 15 y 21 días; se determinó la producción en base húmeda, materia seca, proteína cruda y fracciones de fibra, se obtuvo la cinética de degradación, se formularon 2 dietas isoprotéicas e isoenergéticas, en la Dieta 1 se usó alfalfa como fuente de fibra y en la Dieta 2 FVH de maíz cosechado a 21 días el cual se eligió por haber presentado el mejor contenido de fibra detergente neutro y producción de materia seca por kg de semilla sembrado; ambas dietas se evaluaron con diseño experimental totalmente al azar con 32 conejos de raza Nueva Zelanda de 35 días de edad en 2 grupos (Grupo 1= Dieta 1: alfalfa + concentrado y Grupo 2= Dieta 2: FVH de maíz + concentrado) con un peso promedio inicial de 646g; a 47 días de engorda se realizó la matanza y se procesaron las canales, vísceras y pieles. Se obtuvo la ganancia de peso diaria, materia seca consumida, la conversión alimenticia, peso final a los 47 días y la Bioimpedancia. El Grupo 2 presentó la mayor GDP, peso final a los 47 días, peso de canal caliente con valores de 31.38g de GDP, una conversión de 2.50 y un peso final de 2120.95g en contraste, el Grupo 1 obtuvo valores de 28.58g de GDP, una conversión de 3.01 y un peso final de 1754.88g. El mayor valor de impedancia lo obtuvo el Grupo 1 con un valor de 238.21 ohmios, el Grupo 2 obtuvo un valor de 204.24 ohmios, sugiriendo que las canales del Grupo 1 presenta mayor cantidad de grasa, aunque no se encontró una correlación entre dichos valores y lo observado en la determinación de extracto etéreo y proteína cruda del *Longissimus dorsi* de las canales. La producción de forraje verde hidropónico con el fin de la alimentación animal presenta parámetros que cubren las necesidades nutricias, sustituyendo el uso de fertilizantes por mas días de riego, también es importante una adecuada selección de la semilla a usar dependiendo de las necesidades alimenticias y las instalaciones para la producción. La suplementación de FHV de maíz cosechado a los 21 días en la alimentación de conejos tiene efectos significativamente más favorables en comparación a la dieta tradicional.

Palabras clave: Forraje Verde Hidropónico, Nutrición, Conejo

## SUMMARY

Production techniques in which the environmental impact, in particular the use of water and land for fodder production should be shrinking and increased efficiency. One technique that has made efficient use of these resources is the Green Forage Hydroponic production is the result of the germination of cereal grains over a period of 15-21 days with an irrigation system to capture and recycle Water is also a way of supplementing productions of rabbits and small ruminants. In this study the nutritional content of three forages (corn, wheat and sorghum) harvested twice (15 and 21 days) and then the effect on the productive performance of supplementation in the diet of rabbits was assessed 35 days of assessed New Zealand age FVH race with the largest amount of dry matter and neutral detergent fiber and its effect on the channels. This work was conducted at the Faculty of Natural Sciences Campus Amazcala of the Autonomous University of Queretaro, using well water irrigation 1min. every 4hrs. by a system timer microaspor and harvested 15 and 21 days; production on wet basis, dry matter, crude protein and fiber fractions, the degradation kinetics was obtained, 2 isoproteic and isocaloric diets were formulated in the Diet 1 was used alfalfa as a source of fiber and Diet 2 FVH determined corn harvested to 21 days which was chosen for presenting the best content of neutral detergent fiber and dry matter production per kg of seed planted; both diets were evaluated totally random experimental design with 32 New Zealand white rabbits of 35 days of age into 2 groups (Group 1 = Diet 1: Group concentrated alfalfa + 2 = Diet 2: FVH concentrate + corn) with a initial average weight of 646g; 47 days fattening and slaughter took place carcasses, offal and skins were processed. Daily weight gain, dry matter intake, feed conversion, final weight after 47 days and the bioimpedance was obtained. Group 2 had the highest GDP, final weight after 47 days of hot carcass weight with 31.38g of GDP values, a conversion of 2.50 and a final weight of 2120.95g in contrast, Group 1 scored values of 28.58g of GDP, a conversion of 3.01 and a final weight of 1754.88g. The greatest value of impedance was won Group 1 with a value of 238.21 ohms, Group 2 obtained a value of 204.24 ohms, suggesting that the channels in Group 1 has more fat, but a correlation between these values and was not found I observed in the determination of ether extract and crude protein carcass Longissimus dorsi. The hydroponic forage production in order to feed presents parameters that meet the needs nurturing, replacing the use of fertilizers by more watering days, it is also important to proper selection of seed to be used depending on the nutritional needs and production facilities. FHV supplementation of corn harvested at 21 days in rabbit feed have significantly more favorable effects compared to the traditional diet

Keywords: Hydroponic Green Forage, Nutrition, Rabbits

## **Dedicatorias**

**A mi madre**

**A mi padre**

**A mis comadres y compadres**

**A mis conejos**

## **Agradecimientos**

El presente proyecto no podría haberse realizado sin la participación de la Fundación Produce Querétaro por medio del apoyo para el proyecto “Alimentación alternativa a bajo costo para los caprinocultores de la región semiárida de Querétaro” (FVN201307).

De igual manera el presente proyecto agradece a FOMIX-CONACYT por su apoyo por medio del proyecto “Sistemas productivos orientados a la seguridad alimentaria de la población rural del estado de Querétaro” (192844).

También se agradece al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro y a todo el equipo que labora en él ya que sin su disposición y paciencia no hubiera sido posible el presente trabajo.

"Gracias totales"

## Índice de cuadros

Cuadro		Pagina
1	Comparación nutrimental de FVH, Alfalfa y Maíz grano	10
2	Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento	11
3	Comparación entre FVH de maíz y trigo en relación a la alfalfa fresca o seca	11
4	Aspectos a considerar en la alimentación con Forraje Verde Hidropónico	13
5	Componentes químicos de la solución amortiguadora	21
6	Ingredientes y porcentaje (%) de inclusión usados en las dietas (1 y 2)	24
7	Ingredientes usados para la elaboración de dietas de grupo (1 y 2) y contenido nutricional de las dietas	24
8	Comparación de la producción de FVH cosechado a 15 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada	29
9	Comparación de la producción de FVH cosechado a 21 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada.	32
10	Comparación de la producción de FVH cosechado a 15 y 21 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada.	33
11	Cinética de degradación de la materia seca de 3 FVH (trigo, maíz y sorgo) en 2 tiempos de cosecha (15 y 21 días)	35
12	Comparación de PF, GDP e ICA de conejos alimentados por 47 días con alfalfa + concentrado vs FVH de maíz + concentrado.	37
13	Consumo promedio jaula/grupo de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto etéreo (EE) en gramos por tratamiento.	38
14	Parámetros de las canales de conejos de 47 días de engorda del Grupo 1 y el Grupo 2. Peso final, peso de vísceras, peso de piel, peso de canal en gramos y la proporción del peso de cada producto.	40
15	Materia seca (MS), proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE) en gramos en base seca (BS) de carne de conejos de 47 días de edad suplementados con alfalfa + concentrado vs FVH de maíz + concentrado.	41
16	Comparación de Bioimpedancia y ángulo de fase promedio de canales de conejo de 47 días de edad alimentados con Dieta 1 y Dieta.	42
17	Correlación entre los parámetros de Bioimpedancia, EE y PC de la canal expresado en gramos.	43
18	Comparación de costo beneficio de la producción de carne de conejo de 47 días de engorda con 2 dietas diferentes.	44

## Índice de anexos

Anexo		Página
1	Diagrama de Producción de Forraje Verde Hidropónico en invernadero	48
2	Diagrama del análisis químico	49
3	Diagrama para la obtención de la cinética de degradación de la MS de FVH	50
4	Diagrama del experimento de comportamiento in vivo de dietas suplementadas con FVH de maíz	51
5	Diagrama de matanza y faena de conejos de 47 días de edad.	52
6	Diagrama de obtención de proteína cruda, extracto etéreo y materia seca por liofilización de muestras de musculo <i>Longuíssimus dorsi</i> de conejos de 47 días de edad.	53
7	VIII Foro de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales	54
8	Foro: "Desarrollo de la Investigación en la Facultad de Ciencias Naturales"	55
9	2° Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Querétaro	56
10	XXVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura	57

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, la escases y contaminación de agua, el crecimiento de las poblaciones humanas y la escases de alimento de buena calidad nutricional propone una situación en la cual la producción de alimentos no solo se centre en la calidad de los productos sino también en los impactos socio-ambientales que tienen los procesos de producción (Nelson, 2012).

Una de las soluciones que se ha propuesto a nivel mundial son los sistemas de producción sustentable con la característica de resiliencia, es decir sistemas en los cuales se minimiza el impacto ambiental, social y económico de la producción de alimento (Nelson, 2012).

Dichos sistemas no solo exigen un menor impacto al ambiente sino que su implementación no tenga un impacto negativo en el aspecto económico y social del productor, es decir que los costos de producción tanto en materia prima como en dinero sean menores y que su implementación no impacte de forma negativa el desarrollo de la sociedad.

Dentro de los sistemas antes mencionados se encuentran técnicas de producción en las que el impacto ambiental, en específico el uso del agua y la tierra para la producción de forraje sea cada vez menor y más eficiente. Sin olvidar que los costos sean viables para la sociedad y su impacto negativo al ambiente sea el menor posible. Una de las técnicas que ha logrado una eficiencia cercana al ideal en estos rubros es la producción de forraje verde hidropónico (López et al., 2012).

Aunque el concepto suene contradictorio, la producción de forraje verde con la técnica de producción hidropónica ha demostrado un uso muy eficiente del agua, y sin necesidad de usar tierra para cultivo nos da la posibilidad de implementarla en zonas donde el agua es escasa y por ende la tierra no es apta para una siembra intensiva (Gilsanz, 2007).

En el sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al compararlas con las pérdidas cuando se utiliza el sistema de producción convencional con especies forrajeras, las pérdidas varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Alternativamente, la producción de un kilo de FVH requiere entre 2 a 3 litros de agua resultando en un material que contiene entre un 12 a 18% de materia seca (FAO, 2001; Campo and Villar, 2012).

Esto se traduce en un gasto que va entre 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida producida en 16 días. La producción de FVH apto para la alimentación animal tiene un ciclo de 12 a 21 días (FAO, 2001).

A demás de las ventajas productivas antes mencionadas el FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura y de plena aptitud comestible para los animales (Salas et al., 2010; Salas et al., 2012). Su alto valor nutritivo puede ser atribuido a que en el momento de la ingesta, el animal consume la hoja, la raíz germinada de la planta e incluso la cascarilla del grano. En general el contenido de energía digestible se encuentra alrededor de 3300 Kcal ED/kg de MS, mientras que el FVH contiene 3200 Kcal ED/kg de MS. Sin embargo los valores reportados de energía digestible en este último son altamente variables (FAO, 2001).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una forma de suplementar a pequeños rumiantes en los sistemas de producción, así como de fermentadores cecales como son los conejos. El FVH tiene una versatilidad y flexibilidad para la implementación en producciones de escasos recursos tanto ambientales como económicos (Nava et al., 2004; Nava et al., 2005; Auristela et al., 2013).

En la alimentación caprina se conocen resultados de un aumento en la producción láctea cuando son alimentadas con dietas que incluyen 30% de FVH (Carrillo et al., 2013). En el caso de la producción cunícola uno de los obstáculos más grandes al que se enfrenta es el elevado precio del alimento comercial. Por lo que la cunicultura nacional busca depender cada vez menos del alimento

comercial pero sin sacrificar la productividad. Se conoce que el FVH puede sustituir hasta 75% del concentrado utilizando para alimentar conejos(Zambrano, 2007; Demera, 2010; Carmona et al., 2011). Sin embargo la dependencia de otros sistemas convencionales para la producción de semilla determina la mayor desventaja del sistema hidropónico, por lo que es de suma importancia tomarlo en cuenta al momento de implementar dicho sistema de producción.

## **II REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1 Situación agroambiental en México.**

México actual no es autosuficiente en la producción de insumos y alimentos ya que depende en un 35% de los granos y 22% de los insumos cárnicos importados de los Estados Unidos de América. Pero el problema no solo es externo ya que el alto porcentaje de la población que se dedica a la actividad agropecuaria, se encuentra en situación de marginación socio-económica, y el uso desmedido del suelo y agua han provocado problemas como, la erosión y pérdida de fertilidad del suelo, la contaminación y sobreexplotación de los acuíferos y la reducción de la diversidad biológica que ha acercado peligrosamente al agotamiento de los recursos agrícolas y naturales (SEMARNAT, 2012).

Este fenómeno se presenta en varias regiones de nuestro país; es decir en el norte del país la disponibilidad de agua dulce es cada vez menor y la contaminación de la misma en el centro es cada vez mayor, y en algunos casos estas aguas son utilizadas para el riego de cultivos. Los tres problemas agroambientales más importantes en México se relacionan con la erosión del suelo, la contaminación y reducción del agua y la pérdida de biodiversidad (SEMARNAT, 2012).

### **1.2 Contaminación y escasez del agua**

La contaminación y el uso desmedido del agua es uno de los grandes retos a enfrentar, el agua ya es un tema de discusión entre ejidatarios y productores, vislumbrando un futuro en el que este preciado elemento sea motivo de guerra entre países (Rockström et al., 2009).

La disponibilidad del agua de una región o país depende de su balance, esto es, del volumen que se recibe por precipitación y de lo que se pierde por la evaporación de los cuerpos de agua y por la evapotranspiración de la vegetación. El volumen restante puede dirigirse hacia la recarga de los acuíferos o escurrir superficialmente. Debido a que la distribución de la precipitación y de la

evapotranspiración varía notablemente, la disponibilidad de recursos hídricos muestra diferencias muy importantes entre las regiones del planeta. En México, el volumen promedio de agua que se obtiene por precipitación cada año es de 1489 kilómetros cúbicos; no obstante, la mayor parte, alrededor de 1 089 kilómetros cúbicos (73.1%), regresa a la atmósfera por evapotranspiración (Rockström et al., 2009).

Además del agua que ingresa por precipitación, México recibe alrededor de 50 kilómetros cúbicos por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur y exporta 0.432 kilómetros cúbicos del río Bravo a los Estados Unidos de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales firmado en 1944. De esta forma, el balance general muestra que la reservas de agua dulce en México es de 460 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año, valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con el de Estados Unidos (3 051 km<sup>3</sup>), Canadá (2 902 km<sup>3</sup>) o Brasil (8 233 km<sup>3</sup>) (FAO, 2007).

El agua contaminada pierde su utilidad para las actividades que se realizan en la sociedad y al no darle un tratamiento adecuado representa un peligro para la vida a nivel mundial. En el agua se encuentran contaminantes muy dañinos y tóxicos entre los que se puede mencionar, bacterias virus, protozoarios, desechos, sustancias químicas orgánicas como petróleo, gasolina, plaguicidas, detergentes y sustancias inorgánicas como ácidos, metales tóxicos, sales. La agricultura es una de las actividades que más contamina el agua ya que se utilizan grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas que se escurren a las aguas superficiales y se infiltran a los acuíferos un ejemplo es la zona que se encuentra afectada en el Golfo de México por los escurrimientos de fertilizantes desde la zona del cinturón de maíz en los EUA (SEMARNAT, 2012).

### **1.3 El caso de la sequía**

En México, durante el siglo XX se presentaron cuatro grandes periodos de sequía: 1948-1954, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996, así como una sequía severa en 1998, las cuales afectaron principalmente a los estados del norte del país. Recientemente se han registrado severos periodos de sequía entre 2000 y 2003, en 2009, y entre 2011 y 2012 (CENAPRED, 2006).

Entre los años 2000 y 2003, 18 estados sufrieron por la sequía, de los cuales Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, Veracruz y Sonora fueron los más afectados (CENAPRED, 2006).

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres, se estima que las pérdidas económicas a nivel nacional ascendieron a más de 1800 millones de pesos, además de que casi un millón de hectáreas de cultivo fueron afectadas y se perdieron más de 13 mil cabezas de ganado. En 2009, la sequía fue el segundo fenómeno hidrometeorológico que causó mayores pérdidas en el país, los daños ascendieron a 3081 millones de pesos y la superficie afectada de cultivos y pastizales fue de 384 540 hectáreas. Las entidades con mayor superficie afectada fueron Baja California, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán. Desde el 2011 el país enfrenta una fuerte sequía, cuya afectación ha sido de 130 millones de hectáreas (más del 60% del territorio nacional), de las cuales 77 millones fueron clasificadas como de sequía extrema. Las entidades más afectadas han sido Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Guanajuato, Michoacán y Distrito Federal (CENAPRED, 2006).

## **2. La Hidroponía y el Mundo**

Al escuchar la palabra hidroponía la imagen más común que tenemos es la producción en invernaderos y de forma tecnificada, pero lejos de la realidad, la hidroponía es una técnica que estuvo presente en las civilizaciones antiguas como China, India y Babilonia (Garduño, 2011).

Hay muchos ejemplos como éste; los Jardines Colgantes de Babilonia eran hidropónicos porque se alimentaban de agua que fluía por unos canales. Esta técnica existía en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba, y hoy en día tenemos como referencia a una tribu asentada en el lago Titicaca; es igualmente utilizada comercialmente, desarrollándose a niveles muy elevados, en países con limitaciones serias de suelo y agua (Garduño, 2011).

## **2.1 Hidroponía en las civilizaciones antigua**

Las plantas han crecido en nuestro planeta desde que ríos, lagos, y otros espejos de agua aparecieron en el mismo. Esto es, precediendo el asentamiento del hombre en la Tierra (Arano, 2007).

Las plantas han crecido en esos espejos acuosos antes de que empezaran a hacerlo en el suelo.

Los historiadores comienzan el rastreo de la información útil para el desarrollo de las ciencias agrícolas desde la primitiva teoría atómica de Demócrito (460-360 AC) y el concepto de materia de Aristóteles (384-322 AC) (Beltrano and Gimenez, 2015). Los seres humanos, en su propio beneficio, comenzaron a mejorar las condiciones naturales para el crecimiento de las plantas. El mismo Aristóteles y su discípulo Teofrasto (372-287 AC) expresaron sus ideas sobre el control del crecimiento de estas y los factores que lo inducían. Este último llegó a proponer algunas “curas” para mejorar los cultivos (Arano, 2007).

Los antecedentes más importantes de estas técnicas se dieron en tres lugares claves: los lagos de Kashmir, donde las poblaciones indias cultivaban vegetales en algunos de sus sectores arenosos y secos utilizando la irrigación de sus aguas mezcladas con estiércol, los Jardines Colgantes de Babilonia y las chinampas de los aztecas en el lago Xochimilco de México. También algunos autores mencionan los jardines flotantes de China descritos por Marco Polo (Arano, 2007).

En Babilonia cuando el Rey Nabucodonosor II, hacia el Siglo VI a. d. C., quiso complacer a su esposa Amytis, recreando en su ciudad montes y colinas de exuberante vegetación, nunca imaginó que estaba construyendo una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo y mucho menos que los Jardines Colgantes de Babilonia, serían considerados miles de años más tarde como el primer cultivo hidropónico del que la humanidad tenga conocimiento (Arano, 2007; Beltrano and Gimenez, 2015)

La antigua Babilonia, localizada a orilla del Río Éufrates, poseía el más extraordinario jardín en terrazas de piedra, colocadas en forma escalonada, en las que se plantaron árboles, flores y arbustos, los que eran regados a través de una especie de noria que llevaba el agua desde un pozo hasta el lugar más alto del jardín. La vegetación era tan desarrollada que se alcanzaba a observar desde afuera a pesar de las dobles murallas de la ciudad (Salazar, 2001).

En China inició la siembra de arroz por lo menos 3.000 a 4.000 años atrás. En la década de 1970, las semillas de grano largo de arroz no glutinoso fueron desenterradas de las ruinas del Neolítico en el Hemudu de Yuyao, provincia de Zhejiang, los primeros registros de la plantación de arroz en China, y el mundo (Salazar, 2001).

El arroz se cultivaba tradicionalmente con técnicas de inundación permanente, las cuales se caracterizan por tener una serie de ventajas ambientales, como la percolación del agua y alimentación de los mantos subterráneos, además ayudan a controlar las inundaciones en la época de lluvias muy intensas y evita el crecimiento de malezas en los sembradíos de arroz (Salazar, 2001; Beltrano and Gimenez, 2015).

Las llamadas chinampas usadas por los pueblos mesoamericanos como los Aztecas, se construyeron en el más eficiente sistema de producción en agua conocido hasta entonces; surgió como respuesta creativa ante la presión que causaba la falta de terreno para cultivar y la cercanía los cuerpos de agua como lagos (Salazar, 2001).

Las chinampas eran balsas construidas con cañas y bejucos, que flotaban en el lago de Tenochtitlán, se llenaban con lodo del fondo poco profundo del lago, las raíces se traspasaban al fondo de la balsa y el agua requerida se tomaba directamente del lago. Entre las chinampas había canales por los que circulaba el agua. Mediante este sistema los Aztecas ganaron terreno al lago; hoy en la zona de Xochimilco se pueden observar estas chinampas (Salazar, 2001; Arano, 2007).

## **2.2 Forraje verde hidropónico y la nutrición animal**

La producción de Forraje Verde Hidropónico (hidro=agua; ponos=trabajo: trabajo en agua, es decir, sin necesidad de tierra) para alimentación animal es una alternativa sencilla de entender y fácil de manejar y altamente efectiva en la alimentación del ganado. El principio de esta tecnología es la capacidad que tienen los granos de germinar y crecer durante las primeras etapas de su desarrollo, sin demandar grandes volúmenes de agua y de nutrientes y de ser muy resistentes a las condiciones del ambiente. La producción de Forraje Verde Hidropónico, se da como resultado de la germinación de granos como el maíz, el trigo, el sorgo, la avena, etc., en un medio carente de tierra durante 10 a 12 días y en donde sus tallos logran crecer hasta 25 centímetros dentro de una charola de plástico. El FVH es consumible en el 100 %, incluyendo raíces y tiene una digestibilidad aparente que puede rebasar el 80 % (Cuesta and Machado, 2009).

En diferentes estudios se ha reportado una gran variación en la producción base húmeda que puede ir de 10 a 18 kg de FVH por kilogramo de semilla usada dependiendo del tipo de solución nutritiva y horas luz (Fazaeli et al., 2012). Un kilogramo de grano de trigo gana en promedio un kilogramo de peso en base húmeda y crece a razón un máximo de 30 milímetros por día. Esto multiplica el contenido de fibra y la presencia de minerales que están ausentes en el grano de trigo, pero presentes en los cultivos en crecimiento cuando se usan soluciones nutritivas (Rodríguez de La Rocha, 2003). El Forraje Verde Hidropónico (FVH), es nutricionalmente competitivo (Cuesta and Machado, 2009) cuando se compara con los alimentos que son los de mayor consumo en la región como es la alfalfa henificada y el maíz grano, (Cuadro 1).

*Cuadro 1. Comparación nutrimental de FVH, Alfalfa y Maíz grano en base seca.*

	F.V.H.	Alfalfa	Maíz grano
Proteína %	16 - 22	17 - 21	7 - 9
Energía TDN %	70 - 80	60 - 65	65 -72
Grasa %	2.5 - 5.0	1.8 – 2.2	1.8 – 2.0
Digestibilidad %	80 - 90	65 – 70	60 – 70
Se Fumiga	No	Si	Si

(Cuesta and Machado, 2009)

Adicionalmente, y contrario a como sucede con otros cultivos, el FVH se produce constantemente durante todo el año, siempre y cuando se sostengan las condiciones adecuadas para su crecimiento, es decir, que el rango de temperatura no rebase los 30°C ni sea menor a los 0 °C. En todo caso, se recomienda hacer uso de algunas instalaciones como invernaderos o cuartos de clima controlado que elevan el costo de producción, pero garantizan una mejor y mayor producción. Los invernaderos o espacios de ambiente controlado protegen a los cultivos de los rayos directos del sol, del viento y la lluvia y de plagas y depredadores y ayudan a mantener las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del cultivo (Rodríguez de La Rocha, 2003).

### **2.3 Calidad nutrimental del forraje verde hidropónico**

El FVH proveniente de trigo y cultivado durante 10 días es un alimento de alto grado de aceptación por el ganado, y de fácil manejo para su suplementación. Tiene un contenido de materia seca de entre 12 y 15 %, una digestibilidad de 80 - 92 %, ELN de 46 a 67%, NDT del orden de 65 a 85 %, y una proteína cruda de entre 15 y 20 % esto se puede deber a la transformación de almidón en carbohidratos estructurales lo que ocasiona una concentración de la cantidad de nitrógeno en comparación con el presente en la semilla sin embargo la cantidad de nitrógeno en forrajes jóvenes no es un indicador de proteína verdadera. además de presentar una excelente palatabilidad (Cuadro 2) (Corona, 2011).

*Cuadro 2. Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento.*

Nutriente	Grano	FVH
Materia seca (%)	91.0	15.0
Cenizas (%)	2.3	2.0
Proteína Bruta (%)	8.7	15.0
Proteína Verdadera (%)	6.5	10.8
Fibra Detergente Ácido (%)	17.9	27.9

Sepúlveda, R. 1994., citado por Corona 2011.

La calidad nutritiva de los forrajes cambia de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo. A la alfalfa se le conoce como la reina de los forrajes por la calidad de sus nutrientes, principalmente por su contenido de proteína, es el forraje utilizado como referencia de calidad y disponibilidad, por lo que, cualquier cultivo alternativo debe tomar en cuenta a la alfalfa como un comparativo obligado. (Carmona et al., 2011).

En estudios previos se hizo una comparación de la calidad nutricional de la alfalfa y el FVH producido a partir de trigo y de maíz, se determinó que el FVH, particularmente el proveniente de trigo es competitivo en su composición nutrimental (Rodríguez de La Rocha, 2003). En cuanto al nivel de proteína cuando se comparó con la alfalfa, se observó una mayor cantidad de proteína cruda aunque el contenido de materia seca del FVH es menor (Cuadro 3) (Romero and Rodríguez, 2009).

*Cuadro 3. Comparación entre FVH de maíz y trigo en relación a la alfalfa fresca o seca*

Contenidos	Alfalfa seca	Alfalfa fresca	FVH Maíz	FVH Trigo
Materia seca %	93.3	23.4	24.5	25
Proteína Cruda %	18.4	18.9	14.8	22
Fibra Det. Neutro %	45.0	38.0	37.6	39
Fibra Det. Ácido %	36.9	28.6	12.2	16

(Romero and Rodríguez, 2009)

En otro estudio sobre las cualidades nutricionales de el Forraje Verde Hidropónico (Rodríguez de La Rocha, 2003), se revisó los efectos del uso del FVH en la alimentación animal, donde se remarca que la principal carencia estriba en la materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componente que no sólo es de fácil de encontrar, sino que también es económico aunque presenta una baja calidad nutricional y una baja digestibilidad, esto puede también ayudar a un correcto proceso de rumia, sin embargo lo hace dependiente de otros sistemas de producción de forraje. Aquí mismo enumera una serie de casos exitosos derivados de la alimentación de diferentes tipos de animales con FVH. (Sánchez, et al 2003) menciona que no sólo los rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos) pueden ser alimentados con FVH, también cerdos, gallinas, caballos y pavos.

En otro ensayo, se destaca que hay incrementos mayores de 1.4 Kg de peso diario en ganado de carne, cuando se suministran de 7-8 Kg en base seca de FVH y 7 Kg de concentrados (Rodríguez de La Rocha, 2003). Además se mejora la asimilación del concentrado, bajan costos y disminuye el tiempo de engorda. En el ganado lechero, además de bajar costos se ha incrementado la producción lechera en un 7.2% en vacas con una producción mayor de 28 L leche/día, y en vacas de baja producción 14 L leche/día, el incremento ha sido del 53% (López et al., 2012).

Es claro que la alimentación de ganado solo con FVH no rinde los resultados adecuados a la demanda por la limitación de algunos nutrientes, sin embargo, cuando este producto se utiliza como un complemento a la alimentación o sirve para apoyar las carencias derivadas de la sequía, entonces este forraje ofrece un apoyo importante para el productor (Cuadro 5) (Perez et al., 2013).

*Cuadro 4. Aspectos a considerar en la alimentación con Forraje Verde Hidropónico*

<b>Especie animal</b>	<b>Kg de FVH en base seca por cada 10 kg de Peso Vivo.</b>	<b>Observaciones</b>
Vaca lechera	1 - 2	Suplementar con rastrojos y otras fibras como de maíz y sorgo
Vacas secas	0.5	Suplementar con fibras de calidad.
Bovinos de carne	0.5 - 2	Suplementar con fibras normales
	2	Crecen más rápido e incrementa la fertilidad
Aves	25 kg de FVH / 100 Kg de alimento seco	Mejora la conversión alimenticia.
Caballos	1	Agregar fibra y comida completa. Mejoran la figura en caballos de carrera, paso y tiro.
Ovejas y cabras	1 - 2	Agregar fibra.
Conejos	0.5 - 2	Suplementar con fibra y balanceados.

(Perez et al., 2013)

### **3. Forraje verde hidropónico como suplementación en la alimentación de conejos**

La producción de conejos ofrece la oportunidad de entrar en la producción animal comercial, disponiendo de escasos recursos financieros y poco terreno. Existe interés creciente de la población urbana en producir parte de sus alimentos, el conejo puede mantenerse en poco espacio y consumir subproductos vegetales, por lo que se ajusta a tales condiciones. Los conejos se pueden mantener en jaulas con producciones de hasta 8 gazapos para engorda.

El sistema de producción de FVH, presenta grandes alternativas para la producción animal, debido al gran rendimiento y bajo costo que representa su producción, tanto de materia verde como seca, así como los kilogramos de proteína producidos en pequeñas áreas y sin necesidad de suelo, maquinaria agrícola o grandes cantidades de agua (Rodríguez de La Rocha, 2003; Ortiz, 2007; Demera, 2010).

La forma de suministrar el alimento en las producciones cunícolas varía desde dar forrajes combinados con alimentos balanceados o dar solamente estos

últimos, así como el de ofrecerlos en forma racionada a libre consumo a libre acceso. La utilización de dietas altas en forraje no hidropónico, como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Alfalfa (*Medicago sativa*) en conejos destetados, señalan que la alfalfa puede incluirse en altos porcentajes en dietas sin afectar la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia o incrementar la mortalidad. En contraste el uso de zacate kikuyo en niveles elevados, disminuye la ganancia de peso y afecta la conversión alimenticia (Nava et al., 2004).

Además, las utilidades parecen incrementarse al utilizar dietas forrajes para sustituir una parte de la materia seca requerida en las dietas ya que en comparación con el alimento comercial, ya el costo del mismo es mayor en contraste con el forraje, por lo tanto si se considera únicamente los costos por concepto de alimentación los cuales serán menores y la ganancia será la misma (Demera, 2010).

Las dietas con diferentes niveles de energía y fibra presentan efecto sobre la ganancia en peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de conejos en crecimiento, lo que se ve reflejado en el producto final así como en la ganancia al momento de la venta del mismo ya que se recomienda que las dietas para conejos deberán contener 2200 kcal de energía digestible (ED) y 14% de fibra cruda (FC) (Demera, 2010).

La producción cunícola basada en la utilización de FVH, es más económica en contraste con las producciones que usan solamente alimento balanceado (León, 2005). Una de las formas posibles para aumentar la eficiencia económica está en enfocar en una mejora en el índice de conversión alimenticia (Carmona et al., 2011).

Otro estudio midió la sustitución hasta en un 75% del concentrado utilizando FVH producido a partir de semillas de maíz para alimentar conejos. Los resultados que se obtuvieron en el estudio, mostraron un peso promedio de 1.872 Kg en 90 días en comparación con una dieta de concentrado mas alfalfa la cual obtuvo un peso de 1.845 kg sin una diferencia significativa entre los tratamientos, reduciendo costos ya que el consumo fue menor para llegar a peso de finalización

es decir por cada \$1.17 se ganan \$1.45 en comparación con dietas con alfalfa que presentan un costo de \$1.42 y una ganancia de \$1.45 (León, 2005).

Es posible utilizar dietas con 89% de FVH, ya que no se afecta la ganancia diaria en peso, ni la conversión alimenticia. Además, no se presentan muertes por enteritis y no hubo diferencia en el rendimiento en canal con respecto a los resultados obtenidos con alimento comercial (Demera, 2010).

En contraste podemos observar que existen casos en los que el reemplazo de hasta 50% de la dieta base de una producción cunícola con FVH, no afectó el consumo de alimento, tiempo de peso vivo a matanza, peso vivo final y rendimiento de canal, siendo posible su utilización para la etapa de engorda en condiciones de semidesierto (Carmona et al., 2011).

Se ha demostrado que la sustitución de dietas comerciales de engorda de conejos con FVH, no afecta los parámetros productivos ni la calidad de la canal cuando se usa entre el 30% al 75% de sustitución, y destaca la ventaja de poder producirlo a un muy bajo costo. En ambos estudios se hace hincapié en el uso de semillas disponibles en la región, o de fácil acceso para la producción del forraje verde hidropónico (Morales et al., 2009; Medinilla et al., 2010).

#### **4. Bioimpedancia**

La comparación de canales es el método más utilizado en conejos para valorar la condición corporal y rendimiento de canal. Sin embargo este método resulta muy caro, porque se necesita dar eutanasia de los individuos en experimento, y además impide el seguimiento de los animales en diferentes ciclos productivos, por lo que es necesario buscar técnicas alternativas que permitan hacer mediciones repetidas sin necesidad de realizar la eutanasia a los animales (Xiccato et al., 2005).

La utilización de la espectroscopia del infrarrojo cercano y la resonancia magnética, son opciones que pueden ser consideradas pero, resultan demasiado caras (Corchado et al., 2006).

Otro método que existe es la impedancia (BIA) la cual permite conocer la reducción de voltaje que se produce en un cuerpo, cuando este es atravesado por

una corriente eléctrica. Esta reducción depende de la geometría y volumen del cuerpo, además de la intensidad y frecuencia de la corriente. Se ha comprobado que la conductividad depende de la composición del cuerpo. Así, debido a la reducida conductividad de los lípidos, en comparación con los otros compuestos del organismo, un animal con mayor cantidad de grasa tiene un valor más elevado de impedancia que un animal con menos grasa. La técnica de BIA es sencilla, no invasiva, rápida, indolora y no necesita de una preparación previa del conejo (Carchado et al ., 2006).

Para ello se mide la reactancia y la resistencia que sufre la corriente eléctrica cuando pasa a través del cuerpo del animal mediante un aparato, un lector y cuatro electrodos conectados a la superficie corporal con la ayuda de una aguja pinchada a través de la piel. Mediante las ecuaciones de (Pereda et al., 2007) se calcula la composición corporal y la impedancia según la ecuación que se describe a continuación:

$$\text{Impedancia} = (\text{resistencia}^2 + \text{reactancia}^2)^{1/2}$$

### **III. OBJETIVO**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento *in vivo* de la suplementación con forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos de raza Nueva Zelanda, midiendo parámetros productivos, a los 47 días de engorda.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Comparar 3 semillas: sorgo, maíz y trigo, así como el forraje producido en un sistema hidropónico a los 15 y 21 días evaluando el contenido de proteína cruda, materia seca, fibra detergente neutra, fibra acida detergente y lignina así como los respectivos rendimientos productivos.

Evaluar la digestibilidad *in vitro* de los forrajes producidos de las 3 semillas en los 2 tiempos de cosecha.

Evaluar la eficacia de la suplementación con FVH en la alimentación de conejos recién destetados de raza Nueva Zelanda, midiendo los parámetros de: peso final a los 47 días, diferencia de pesos, ganancia de peso diaria, MS consumida, MS rechazada, peso piel,, peso viseras, peso de canal, rendimiento de canal y proporción grasa - proteína cruda en la canal.

## IV. METODOLOGÍA.

### Localización

El presente trabajo se realizó en el campus Amazcala el cual pertenece a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. El campus está ubicado en el municipio El Marqués, Querétaro y a una altura de 1920 msnm, con una latitud de 20° 70' y una longitud de -100° 26'. El clima es clasificado como semiseco, semicálido, con lluvias en verano y un porcentaje del 5% de lluvia invernal, la precipitación anual es de 520mm con una temperatura de 17°C en promedio (CONAGUA, 2000).

### Fase 1. Producción de forraje verde hidropónico.

#### Invernadero

Se construyó un módulo de producción de forraje verde hidropónico tipo invernadero (5m x 2.5m x 6m), en el cual se produjo forraje verde hidropónico. El invernadero cerrado contó con 100 charolas (62cm x 46cm), con riego por aspersion tal como se muestra en el Anexo 1 (FAO, 2001; Garduño, 2011).



Foto 1. Invernadero de producción de FVH instalado en el Campus de Amazcala de FCN de la UAQ

#### Selección de semilla

Se evaluó el rendimiento de las siguientes semillas: maíz forrajero (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) y sorgo (*Sorghum vulgare*).

Se utilizó semilla sin malezas, libres de plagas o enfermedades. La semilla provenía de lotes sin tratamiento insecticidas o fungicidas. La semilla tenía una humedad de máximo 12% y se dejó reposar para cumplir con los requisitos de madurez fisiológica (FAO, 2001).

### **Lavado**

De cada tipo de semilla se utilizaron 25 kilos. En cada charola se colocó un kilo de semilla se sumergió en una solución de 5% de SolVet®. La solución se preparó como sigue: diluir 50 ml de SolVet®/l de agua. La similla se sumergió en botes plásticos (20 l), colocado 10 kilos por 10 litros de solución durante un minuto (FAO, 2001).

Después de este periodo se drenó de nuevo, se realizó un lavado rápido con agua de toma domiciliaria y se pasó a la pre-germinación.

### **Pre-germinación o imbibición**

Una vez terminado el lavado de las semillas, se sumergieron por 24 h, en agua, y protegidas de la luz solar. A las 12 h se procedió a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante una hora. Acto seguido se sumergieron nuevamente por 12 h al finalizar este periodo se orearon nuevamente por hora.

### **Germinación**

Transcurrido este lapso de tiempo se colocó 1.700 kilos de semilla húmeda lo equivalente a 1 kilo de semilla seca por charola, y se extendió hasta que cubriera toda la superficie. Posteriormente se cubrió con plástico negro para mantener la humedad y se dejó transcurrir un lapso de 48h (FAO, 2001).

Una vez transcurrido este tiempo se retiró la cobertura plástica y se comenzó el riego por aspersión.



Foto 2. Semilla de maíz germinada 48 h en charola

### **Riego**

El sistema de riego constó de un tanque de capacidad de 1000 litros de agua, tuberías de conducción de agua, goteros y aspersores. Se utilizó 300L de agua de pozo divididos en 6 riegos cada 4 h con una duración de un minuto por medio de micro aspersores (Foto 3).

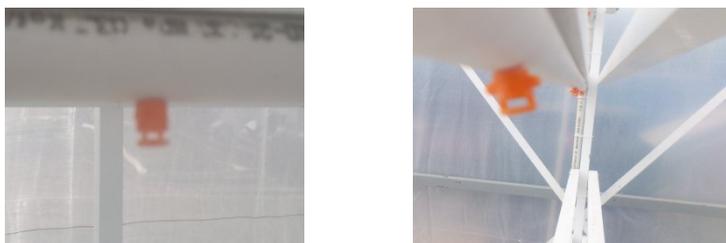


Foto 3. Micro-aspersores colocados en lineal para riego de las charolas del invernadero.

Se proporcionó un ambiente de con una temperatura entre los 10 a 28°C y una humedad relativa de entre 75 y 85% por medio de cortinas. Se utilizó un higrómetro y termómetro electrónico para mantener los valores establecidos (Garduño, 2011).

### **Cosecha**

El forraje se cosechó a 15 y 21 días post germinación. A los 15 días la altura del forraje era aprox. 25 cm. Se obtuvieron tapetes radiculares, ya que las raíces se entrecruzaron unas con otras por la alta densidad de siembra (Garduño, 2011).

El tapete radicular cosechado de cada charola se pesó de manera individual, posteriormente se tomó una muestra de 300g de cada tapete y se colocó en charolas metálicas individuales para su secado en una estufa de aire caliente forzado a 65°C por 48h.

## **Fase 2. Análisis químico del forraje verde hidropónico**

### **Para evaluar**

El FVH obtenido se pesó y se comparó con el peso de la semilla utilizada por cada charola.

### **Análisis químico**

Se determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) (AOAC, 1990) del FVH.

y el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest et al., 1991).

Lo anterior se muestra en el Anexo 2.

### **Modelo estadístico**

Se usó un diseño de completamente aleatorizado, el modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde  $y_{ij}$  sería el valor observado (variable dependiente), y  $\tau_i$  es el efecto del tratamiento  $i$ .

$\mu$  es la constante que en la recta de regresión equivale al promedio de los dos tratamientos,

$\tau_i$  es una variable que varía de tratamiento a tratamiento.

$\epsilon_{ij}$  Error experimental.

### Fase 3. Cinética de degradación del Forraje Verde Hidropónico

#### Prueba de degradabilidad *in vitro*

En esta etapa se estudió la degradabilidad *in vitro* del FVH para cada tipo de semilla. La metodología que se utilizó fue la recomendada por (Mehrez and Orskov, 1977) para la evaluación de la degradación aparente de la materia seca *in vitro*.

Las muestras, molidas a través de una criba de 1 mm, fueron colocadas en bolsas porosas (F57 ANKON Technology®) e incubadas en un digestor (DaisyII<sup>200/220</sup> ANKON Technology®) a 39,5°C durante 0, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 48 y 72 horas. El medio de incubación estuvo compuesto por:

- Líquido de rumen (400 ml) procedente de cabras alimentadas con heno de alfalfa.
- Solución amortiguadora de saliva artificial (1600 ml), mezcla de solución A y solución B, ajustada a un pH de 6.8 (Cuadro 6).

Cuadro 5. Componentes químicos de la solución amortiguadora

Solución A	g/l	Solución B	g/l
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10,0	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	15,0
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,5	Na <sub>2</sub> S.9H <sub>2</sub> O	1,0
NaCl	0,5		
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,1		
Urea	0,5		

Transcurrido el tiempo de incubación correspondiente, las bolsas fueron sacadas del digestor, lavadas con agua destilada, secadas a 60°C durante 48 horas y pesadas. A continuación, se determinó el contenido en proteína bruta y almidón del residuo.

Se realizaron tres tandas de incubaciones, con dos repeticiones por semilla, tratamiento y hora en cada tanda, y un blanco por tiempo.

### **Cinética de degradación.**

Se determinó la cinética de degradación de acuerdo al modelo de degradación aparente de materia seca (Mehrez and Orskov, 1977), estimando el contenido de la fracción soluble o de rápida degradación, la fracción potencialmente degradable (b) y tasa fraccional de degradación (c) en el tiempo (t).

$$Dg = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde:

- Dg = Degradación del nutriente en el tiempo de incubación t (%)
- a = Fracción soluble o rápidamente degradable (%)
- b = Fracción potencialmente degradable (%)
- c = Velocidad o ritmo de degradación de la fracción b (tasa/h)
- t = Tiempo (h)

Calculándose a partir de estos parámetros el potencial de degradación y la degradación efectiva, y considerando una tasa fraccional de paso de 0.04/h, 0.06/h y 0.08/h.

$$(a + b [c / c + k p])$$

Donde:

- a + b = degradación potencial
- a + b (c + k p /kp) = degradación efectiva
- kp = tasa fraccional de paso (0.04/h, 0.06/h y 0.08/h)

### **Modelo estadístico**

Se usó un diseño de regresión no lineal con el siguiente modelo:

$$y = f(x; \theta) + \varepsilon$$

Donde  $x$ ,  $y$ , son datos multidimensionales y  $f$  es la función no lineal respecto a los parámetros desconocidos  $\theta$

Se usó el software StatGrafics Centurion para la estimación de las ecuaciones de digestibilidad, cuyo modelo es:

$$Dg = a + b(1 - e^{-ct})$$

(Mehrez and Orskov, 1977).

## Fase 4. Comportamiento in vivo

### Conejos

En este experimento se contemplaron 30 conejos de la raza Nueva Zelanda variedad blanco, de 35 días de edad, de recién destete, los cuales fueron identificados con números consecutivos, y divididos en dos grupos de 15 animales cada uno.

Se formularon dos dietas isoprotéicas e isoenergéticas. Las dietas fueron balanceadas para contener 17%, y 2.4 Mcal de energía metabolizable/kg de alimento. Se usaron los siguientes ingredientes (Cuadro 6) y se obtuvieron dos alimentos con características nutricionales similares (Cuadro 7).

*Cuadro 6. Ingredientes y porcentaje (%) de inclusión usados en las dietas (1 y 2).*

Ingredientes de la dieta 1 Alfalfa	% de inclusión (BS)	Ingredientes de la dieta 2 FVH de maíz	% de inclusión (BS)
Alfalfa	42.50%	FVH de maíz	39.20%
Maíz molido	24%	Maíz molido	19%
Soya	15%	Soya	24%
Mezcla de minerales	2%	Mezcla de minerales	2%
Melaza	6%	Melaza	6%

*Cuadro. 7. Ingredientes usados para la elaboración de dietas de grupo (1 y 2) y contenido nutricional de las dietas.*

Dieta 1 Alfalfa		Dieta 2 FVH maíz	
Ingredientes: Alfalfa henificada, maíz molido, soya, mezcla de minerales y melaza		Ingredientes: Forraje Verde Hidropónico de maíz, maíz molido, soya, mezcla de minerales y melaza	
Materia seca	89.50%	Materia seca	90.20%
Proteína cruda	17.10%	Proteína cruda	16.90%
Fibra detergente neutro	30.86%	Fibra detergente neutro	32.45%
Fibra detergente ácida	21.43%	Fibra detergente ácida	15.85%
Extracto etéreo	2.16%	Extracto etéreo	2.18%
Cenizas	9.31%	Cenizas	9.40%

Se tomó un periodo de 7 días de adaptación al alimento y posteriormente se continuo con un sistema semi-intensivo con engorda de 47 días, durante los cuales se peso de forma diaria cada conejo de cada grupo para obtener la ganancia de peso individual, de la misma forma se pesó el alimento ofrecido y rechazado, peso inicial y peso final a los 47 días.

Una vez terminado el proceso de ceba, se realizó el pesaje *in vivo* previo a la insensibilización correspondiente a cada individuo de cada grupo y fue registrado.

Una vez trasladados al rastro se llevó a cabo el proceso de insensibilización el cual se realizó en presencia del Médico Veterinario responsable siguiendo el método mencionado en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, "Especificaciones técnicas para la producción cuidado y uso de los animales de laboratorio".

Una vez terminado el proceso de insensibilización se realizó la carnización según lo mencionado en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, "Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres", posteriormente se identificó y pesó cada uno de los productos resultantes de la faena a excepción de la sangre.

Se tomaron muestras de carne de las piezas denominada lomo (*Longuissimus dorsi*) de cada individuo de cada grupo los cuales se identificaron y trasladaron al Laboratorio de Nutrición Animal donde se determinó la cantidad de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo usando como método de secado la liofilización de las muestras y procesando conforme a las técnicas descritas en Official Methods of Analysis (AOAC, 1990).

### **Modelo estadístico**

Se usó un diseño de completamente aleatorizado, el modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde  $y_{ij}$  sería el valor observado (variable dependiente), y  $\tau_i$  es el efecto del tratamiento  $i$ .

$\mu$  sería una constante que en la recta de regresión equivale a la ordenada en el origen,

$\tau_i$  es una variable que varía de Dieta(1) a Dieta(2) es decir la variación entre los efectos de la suplementación con FVH de maíz o el uso de alfalfa..

$\epsilon_{ij}$  es una variable aleatoria que añade a la función cierto error que desvía la puntuación observada de la puntuación pronosticada.

El programa empleado para realizar este diseño fue SPSS Statistical Product and Service Solutions®.

## IV. Resultados y discusión

### Fase 1

#### 1.1 Rendimiento en base húmeda, producción de materia seca y proteína cruda de FVH cosechado a 15 días.

El mayor rendimiento productivo en base húmeda (BH) lo obtuvo el FVH trigo y los FVH maíz y de sorgo no presentaron diferencia entre ellos. Se observó una disminución en la cantidad de MS producida en comparación con la cantidad sembrada con los tres tipos de semillas.

Respecto al valor de proteína cruda (PC) el más alto lo presentó ( $p < 0.05$ ) el FVH trigo, pero se observó una disminución en la cantidad de PC del FVH trigo en comparación con la cantidad en la semilla, mientras que con el FVH maíz y el FVH sorgo no se observó diferencia entre ellos y ni en comparación con las semillas precursoras. Los datos de muestran en el Cuadro 8.

En estudios donde se utilizaron soluciones nutritivas, se reportan valores superiores de rendimiento en base húmeda a tiempos similares de cosecha excepto en el FVH de trigo: a 14 días se reporta 430g de FHV por cada 100g de maíz sembrado y 545g FVH por cada 100g de semilla (Vargas, 2008a). En otro estudio se reportaron a los 15 días rendimientos de 630g de FVH por cada 100g de trigo, 570g de FVH por cada 100g de maíz y 550g de FVH por cada 100g de sorgo (Perez et al., 2013). En el caso de FVH de maíz se reportan valores de 530g de FVH por cada 100g de semilla a los 12 días y 456g de FVH por cada 100g de semilla a los 8 días (Morales et al., 2012). En el caso del trigo se obtuvieron rendimientos de 415g de FVH por cada 100g de semilla a 10 días de cosecha y 500g de FVH por cada 100g de semilla a los 12 días (Cerrillo et al., 2012).

En cuanto a la cantidad de MS producida con este sistema se obtuvieron valores menores en contraste con los valores reportados, 16.4g, 16.9g y 17.6g de MS de FVH de trigo por cada 100g de semilla a los 15, 10 y 12 días respectivamente (Sinchiguano, 2008; Cerrillo et al., 2012), a los 14 días de cosecha se reportan 21.48g de MS de FVH de sorgo por cada 100g de semilla y

21.54g a 15g de MS de FVH de maíz por cada 100g (Herrera et al., 2007; Vargas, 2008a) hasta poder llegar a valores de 20g de MS de FVH de maíz por cada 100g de semilla a los 17 días (Sinchiguano, 2008).

Los valores obtenidos en este estudio en cuanto a la cantidad de PC obtenida del FVH en base seca son inferiores a lo que se reporta, con valores de 14.1g de PC de FVH de trigo por cada 100g de semilla, 12.7g de PC de FVH de sorgo y 14.7g de PC de FVH de maíz a los 15 días (Perez et al., 2013), con 8, 10 y 12 días de cosecha en el caso de FVH de trigo se reportan 13.4g., 12.7g y 17.2g de PC respectivamente (Herrera et al., 2010; Cerrillo et al., 2012), a los 14 días se reportan valores de 9.61g a 16.28g de PC de FVH de maíz y 10.47g de PC de FVH de sorgo por cada 100g de semilla (Herrera et al., 2007; Vargas, 2008), a los 15 días obtuvieron 12.2g de PC de FVH de trigo y a los 17 días 11.3g de PC de FVH de maíz (Sinchiguano, 2008).

### **1.2 Contenido de fibra detergente neutro, fibra detergente acida y lignina de FVH cosechado a los 15 días.**

El valor más alto de FDN y lignina (Lig) lo obtuvo el FVH trigo, seguido por el FVH sorgo y el menor el FVH maíz; el FVH sorgo obtuvo el valor más alto en FDA, seguido por el FVH trigo y el FVH maíz con el valor más bajo. Cuadro 8.

Los valores reportados en este estudio son similares a lo que se reporta en otros estudios: a la producción de FDN en base seca por cada 100g de semilla se reportan valores de 28.65g a 35.80g y de 23.30g a 25.50g de FVH de trigo a los 10 y 12 días respectivamente (Herrera et al., 2010; Cerrillo et al., 2012), a los 14 días se reportan cantidades de 33.30g en FVH de sorgo y 21.70g a en FVH de maíz, esto se explica por el uso de soluciones fertilizadas y los diferentes tiempos de cosecha ya que de esto depende el cambio de azúcares solubles a carbohidratos estructurales como parte del desarrollo de la planta (Herrera et al., 2007; Vargas, 2008a).

En cuanto a lo que corresponde a la producción de FDA se han reportado valores de 12.30g en caso de FVH de sorgo y 13.89g en el caso de FVH de maíz

a los 14 días de cosecha por cada 100g de semilla sembrada (Vargas, 2008a), en otro caso los valores obtenidos a los 8, 10 y 12 días de cosecha fueron 11.00g, 15.20g y 21.20g de FDA de FVH de trigo por cada 100g de semilla con fertilización, el valor informado para FVH de maíz fue de 20.34g de FDA por cada 100g de semilla a 15 días de cosecha (Herrera et al., 2007; Herrera et al., 2010), a los 12, 14 y 16 días de cosecha con uso de fertilización a partir del día 10 se informan valores de 10.08g, 12.03g y 14.40g de FDA de FVH de maíz (Vargas, 2008b).

Cuadro 8. Comparación de la producción de FVH cosechado a 15 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada.

Variable	Semilla de trigo	Semilla de maíz	Semilla de sorgo	FVH de trigo a 15 días	FVH de maíz a 15 días	FVH de sorgo a 15 días	Error Estándar	P value
Peso BH (g).	100 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	685.29 <sub>b</sub>	377.11 <sub>c</sub>	350.57 <sub>c</sub>	12.46	0.01
MS (g).	86.83 <sub>a</sub>	83.01 <sub>a</sub>	88.61 <sub>a</sub>	62.53 <sub>b</sub>	61.43 <sub>c</sub>	69.44 <sub>d</sub>	1.41	0.01
PC (g).	14.43 <sub>a</sub>	7.20 <sub>b</sub>	7.05 <sub>b</sub>	11.50 <sub>c</sub>	7.27 <sub>bd</sub>	7.51 <sub>d</sub>	0.205	0.05
FDN (g).	28.65 <sub>a</sub>	15.10 <sub>b</sub>	20.17 <sub>c</sub>	29.42 <sub>a</sub>	24.92 <sub>d</sub>	26.44 <sub>e</sub>	0.623	0.05
FDA (g).	3.20 <sub>a</sub>	2.29 <sub>a</sub>	3.37 <sub>a</sub>	13.77 <sub>b</sub>	10.35 <sub>c</sub>	19.94 <sub>d</sub>	0.285	0.01
Lignina (g).	0.84 <sub>a</sub>	0.29 <sub>b</sub>	0.67 <sub>a</sub>	6.75 <sub>c</sub>	1.01 <sub>d</sub>	3.20 <sub>e</sub>	0.095	0.05

(FVH) forraje verde hidropónico, (BH) base húmeda, (MS) materia seca, (PC) proteína cruda, (FDN) fibra detergente neutro, (FDA) fibra detergente ácida,

a, b, c... Columnas con distinta literal, diferencia significativa

### **1.3 Rendimiento en base húmeda, producción de materia seca y proteína cruda de FVH cosechado a 21 días.**

El FHV trigo presentó el valor más alto en peso fresco cosechado a 21 días, seguido por el FHV maíz y con el menor valor el FHV sorgo, al igual que en el tiempo de cosecha de 15 días, se observa una disminución de la cantidad de MS en comparación a las sembradas, de igual manera se observa el mismo comportamiento de la cantidad de PC en el FVH trigo con el valor más alto, seguido por el FVH maíz y con el menor valor el FVH sorgo  $P < 0.05$  Cuadro 9.

Los valores mostrados en el Cuadro 9. se asemeja a lo informado en estudios que evaluaron un menor tiempo de cosecha y uso de fertilizante, en el caso de peso BH se obtuvo 630g de FVH de trigo, 570g de FVH de maíz y 550g de FVH de sorgo por cada 100g de semilla a 14 días de cosecha (Perez et al., 2013), en otro estudio al mismo tiempo de cosecha se reportan pesos de 545g de FVH de sorgo y 430g de FVH de maíz (Vargas, 2008a), a 8 y 12 días de cosecha fertilizando se informan de pesos de 456g y 523g de FVH de maíz respectivamente (Morales et al., 2012).

La MS obtenida en este estudio (Cuadro 9), es superior a lo reportado en estudios con uso de fertilizante, a 14 días de cosecha se reporta 11.48g de MS de FVH de sorgo y 11.54g de MS de FVH de maíz por cada 100g de semilla (Vargas, 2008a; Vargas, 2008b), a los 15 días de cosecha 15g de MS de FVH de maíz (Herrera et al., 2007), a los 15 días se obtuvo 16.40g de MS de FVH de trigo y a los 17 días (Sinchiguano, 2008).

La PC reportada en este estudio (Cuadro 9), presenta resultados inferiores a lo reportado en estudios con uso de fertilizante, a los 15 días de cosecha se reportan 16.28g de PC de FVH de maíz (Herrera et al., 2007), a los 14 días los valores de PC que se reportan son 12.70g de FVH de maíz, 14.70g de FVH de sorgo y 24.10g FVH de trigo por cada 100g de semilla (Perez et al., 2013) en el caso del FVH de trigo cosechado a 8, 10 y 12 días se informan resultados de 13.40g, 21.50g y 12.60g de PC respectivamente (Herrera et al., 2010), otro

resultado de FVH de trigo reportado fue de 14.20g a los 15 días, en el caso del FVH de maíz a los 17 días se reporta un valor de 12.30g de PC, la marcada variabilidad entre los resultados de los estudios puede ser explicada por el uso de fertilizantes con diferente formulación y riegos mas intensivos. (Sinchiguano, 2008).

Lo anterior muestra que es posible alcanzar los parámetros productivos que se obtienen con el uso de fertilizante, proporcionando al FVH mas días de riego antes de la cosecha.

#### **1.4 Fibra detergente neutro, fibra detergente acida y lignina en cosecha a los 21 días.**

El valor más alto de FDN lo presentó el FVH maíz, seguido por el FVH sorgo y con el menor valor el FVH trigo, de manera contraria el mayor valor de FDA y lignina lo obtuvo el FVH trigo, seguido el FVH sorgo y con el menor valor el FVH maíz  $P < 0.05$  Cuadro 9.

Los valores reportados de los estudios consultados son mayores en todos los casos de fracciones de fibra, en el caso de la Fibra Detergente Neutro FDN, usando trigo cosechándolo a 10 y 12 días se reporta un valor promedio de 52.60g por cada 100g de semilla sembrada (Cerrillo Soto et al., 2012), en el caso de sorgo y maíz se reportan valores de 43.13g y 66.66g (Vargas, 2008b), y el maíz cosechado a 12, 14 y 16 se reportan valores de 38.26g, 41.34g y 43.52g por cada 100g de semilla sembrada (Salas et al., 2010), los datos anteriores pueden ser explicados por el uso de distintas sustancias fertilizantes, también concluyen que el tiempo de cosecha tiene una relación muy estrecha con la maduración de la planta y por lo tanto con su calidad nutricia (Sinchiguano, 2008; Vargas, 2008a; Herrera et al., 2010; Morales et al., 2012; Salas et al., 2012).

Cuadro 9. Comparación de la producción de FVH cosechado a 21 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada.

Variable	Semilla de trigo	Semilla de maíz	Semilla de sorgo	FVH de trigo a 21 días	FVH de maíz a 21 días	FVH de sorgo a 21 días	Error estándar	P value
Peso BH en g.	100 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	546.83 <sub>b</sub>	446.49 <sub>c</sub>	347.06 <sub>d</sub>	6.31	0.05
MS en g.	86.83 <sub>a</sub>	83.01 <sub>a</sub>	88.61 <sub>a</sub>	49.98 <sub>a</sub>	69.12 <sub>b</sub>	47.06 <sub>c</sub>	0.816	0.01
PC en g.	14.43 <sub>a</sub>	7.20 <sub>b</sub>	7.05 <sub>b</sub>	10.64 <sub>a</sub>	9.96 <sub>b</sub>	7.27 <sub>c</sub>	0.132	0.01
FDN en g.	28.65 <sub>a</sub>	15.10 <sub>b</sub>	20.17 <sub>c</sub>	15.34 <sub>a</sub>	34.36 <sub>b</sub>	20.26 <sub>c</sub>	0.407	0.05
FDA en g.	3.20 <sub>a</sub>	2.29 <sub>a</sub>	3.37 <sub>a</sub>	16.55 <sub>b</sub>	12.35 <sub>c</sub>	9.54 <sub>d</sub>	0.158	0.05
Lig en g.	0.84 <sub>a</sub>	0.29 <sub>b</sub>	0.67 <sub>a</sub>	9.01 <sub>b</sub>	6.01 <sub>d</sub>	6.31 <sub>e</sub>	0.103	0.05

(FVH) forraje verde hidropónico, (BH) base húmeda, (MS) materia seca, (PC) proteína cruda, (FDN) fibra detergente neutro, (FDA) fibra detergente ácida, (Lig.) lignina

a, b, c... Columnas con distinta literal, diferencia significativa ( $P > 0.05$ )

### 1.5 Comparación del FVH producido a partir de las 3 semillas y los 2 tiempos de cosecha.

Se presenta un aumento de proteína en relación de materia seca en los 2 tiempos de cosecha, a los 15 y 21 días y en los forrajes obtenidos de las 3 semillas evaluadas. Es decir este aumento es constante y se observa en todo el estudio.

La fibra producida es de gran calidad, lo que compensa su alta cantidad de humedad y lo hace una opción para la suplementación estratégica de alimento en la zona de semi desierto. El Forraje Verde Hidropónico de Maíz cosechado a 21 días tiene la mayor cantidad de fibra detergente neutro en relación con los otros FVH estudiados Cuadro 10.

Lo anterior concuerda con lo publicado por, donde se concluye que al aumentar el tiempo de cosecha se puede observar un aumento en la cantidad de fibra detergente neutro (FDN) y proteína cruda (PC) (Herrera et al., 2010). Otros

estudios concluyen que el forraje verde hidropónico de maíz presenta la mayor cantidad de fibra detergente neutro y materia seca cosechado a los 18 días (Vargas, 2008a).

Cabe destacar que en ninguno de los estudios consultados se llevo una cosecha mas allá de los 18 días

Cuadro 10. Comparación de la producción de FVH cosechado a 15 y 21 días en BS, MS, PC, FDN, FDA y lignina por cada 100 g. de semilla sembrada.

Variable	FVH de trigo a 15 días	FVH de maíz a 15 días	FVH de sorgo a 15 días	FVH de trigo a 21 días	FVH de maíz a 21 días	FVH de sorgo a 21 días	Error estándar	P Value
<b>Peso BH en g.</b>	685.29 <sub>a</sub>	377.11 <sub>b</sub>	350.57 <sub>c</sub>	546.83 <sub>d</sub>	446.49 <sub>e</sub>	347.06 <sub>c</sub>	9.88	0.01
<b>MS en g.</b>	62.53 <sub>a</sub>	61.43 <sub>a</sub>	69.44 <sub>b</sub>	49.98 <sub>c</sub>	69.12 <sub>b</sub>	47.06 <sub>d</sub>	1.40	0.05
<b>PC en g.</b>	11.50 <sub>a</sub>	7.27 <sub>b</sub>	7.51 <sub>b</sub>	10.64 <sub>a</sub>	9.96 <sub>c</sub>	7.27 <sub>b</sub>	0.204	0.01
<b>FDN en g.</b>	29.42 <sub>a</sub>	24.92 <sub>b</sub>	26.44 <sub>c</sub>	15.34 <sub>d</sub>	34.36 <sub>e</sub>	20.26 <sub>f</sub>	0.643	0.05
<b>FDA en g.</b>	13.77 <sub>a</sub>	10.35 <sub>b</sub>	19.94 <sub>c</sub>	16.55 <sub>d</sub>	12.35 <sub>e</sub>	9.54 <sub>b</sub>	0.284	0.01
<b>Lig en g.</b>	6.75 <sub>a</sub>	1.01 <sub>b</sub>	3.20 <sub>c</sub>	9.01 <sub>d</sub>	6.01 <sub>a</sub>	6.31 <sub>a</sub>	0.197	0.01

(FVH) forraje verde hidropónico, (BH) base húmeda, (MS) materia seca, (PC) proteína cruda, (FDN) fibra detergente neutro, (FDA) fibra detergente ácida, (Lig.) lignina

## 2. Fase 2

### 2.1 Cinética de degradación

El Cuadro 11 muestra una disminución en la fracción soluble (a) de todos los forrajes conforme el incremento en el tiempo de cosecha, y un aumento en la fracción parcialmente degradable (b), esto corresponde al desarrollo de la planta en el cual los azúcares solubles se transforman en carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa (León, 2005).

En estudios similares se reportan valores para el FVH de trigo de (a) 69.1, (b) 23.2 y un (a+b) de 87.2 a los 8 días de cosecha usando fertilizante (Herrera et

al., 2010). Se observa que en ambos tiempos de cosecha, el forraje verde hidropónico de maíz fue el que obtuvo el mayor porcentaje de degradación, lo que concuerda con lo obtenido con estudios de FVH de maíz cosechado a los 15 días y con riego fertilizado donde se reporta un 48.7% de materia seca degradada a las 48 hrs (Herrera et al., 2007).

Se presenta una baja en la degradación de la materia en relación con el tiempo de cosecha, esto se observa de manera constante y puede deberse a la lignificación de las fibras, lo que reduce su degradación potencial. También se puede atribuir a el crecimiento y el cambio de fibra detergente neutro a fibra detergente ácido conforme pasa el tiempo, es decir, más tiempo menos degradación.

En otro estudio donde se evaluó FVH de maíz y sorgo cosechado a los 14 días se informan de resultados de cinética de degradación de 67.18% en el caso del FVH de maíz y 60.74% de FVH de sorgo (Perez et al., 2013).

Cuadro 11. Cinética de degradación de la materia seca de 3 FVH (trigo, maíz y sorgo) en 2 tiempos de cosecha (15 y 21 días)

<b>FVH</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>a+b</b>	<b>e.e</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>trigo 15</b>	22.71	37.84	0.040	60.55	2.73	93.58
<b>maíz 15</b>	33.17	44.32	0.052	77.49	2.56	91.53
<b>sorgo 15</b>	25.19	43.19	0.054	68.38	3.06	93.27
<b>trigo 21</b>	17.35	41.10	0.026	58.45	2.12	94.69
<b>maíz 21</b>	25.03	51.15	0.037	76.18	2.94	93.45
<b>sorgo 21</b>	19.06	39.38	0.047	58.44	4.96	84.13

### 3. Fase 3

#### 3.1 Comparación de Peso final a los 47 días, ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia.

En el Cuadro 12 se muestran los resultados de los parámetros de peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP) y el índice de conversión alimenticia (ICA), que es la relación que existe entre la cantidad de alimento consumido y la diferencia entre el peso de inicio y el peso de finalización (Méndez, 2006). Se observa que en el caso de PF y GDP el mayor resultado fue en favor de la dieta con base en FVH de maíz en comparación con el grupo con dieta con base en alfalfa + concentrado, pero en la variable de conversión alimenticia no se encontró diferencia estadística. Lo anterior se asemeja a lo reportado en estudios previos donde se usó una dieta suplementada con 15% de FVH de maíz, con valores de 1635g de PF a los 35 días y una ICA de 4.72. La diferencia con los resultados del Cuadro 12 se pueden deber al tiempo de engorda ya que fue mayor en este estudio y la formulación del concentrado ya que en el estudio citado se usó agarrobo como fuente proteica (Demera, 2010). En otro estudio donde se usó FVH de cebada y tres porcentajes de inclusión (10, 20 y 30) reportan valores de 1260g, 1155g y 1090g de PF a los 35 días respectivamente y un ICA de 3.23, 3.26 y 3.22, nuevamente el valor reportado en este estudio en la variable de PF es mayor y se explica por la diferencia de días de engorda. Sin embargo en el caso del ICA la diferencia en los valores puede deberse al tipo de concentrado y el porcentaje de inclusión del FVH (Morales et al., 2009) y aunque en otro estudio con FVH de cebada con un 30% de inclusión se reporta un ICA de 2.35 (Guaila, 2005), otros datos publicados el peso vivo, la ganancia de peso y la conversión alimenticia no se vieron afectadas ( $P > 0.05$ ) por efecto de los tratamientos (Sánchez et al., 2011), en estudios donde se usó FVH de avena concluyen que su inclusión en 30% mejora la conversión alimenticia (León, 2005).

Cuadro 12. Comparación de PF, GDP e ICA de conejos alimentados por 47 días con alfalfa + concentrado vs FVH de maíz + concentrado

	Grupo 1 Alfalfa	Grupo 2 FVH de maíz	Diferencia	Error Estándar	P>
<b>Peso final a los 47 días (g).</b>	1754.88 <sup>a</sup>	2120.95 <sup>b</sup>	366.07	70.87	0.001
<b>Ganancia diaria de peso (g).</b>	23.58 <sup>a</sup>	31.38 <sup>b</sup>	7.8	1.51	0.01
<b>Conversión alimenticia*</b>	3.01 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	0.51	0.29	0.01

PF: peso final a los 47 días, GDP: ganancia diaria de peso, CA: Conversión alimenticia

\*kg de alimento consumido por 47 días/ Peso final en kg - Peso inicial en kg.

<sup>ab</sup>..Columnas con literal diferente presentan diferencia estadística

Grupo 1: Alimentado con Dieta 1 ( alfalfa + concentrado), Grupo 2: Alimentado con Dieta 2 (FVH de maíz + concentrado)

### **3.2 Consumo de proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto etéreo (EE).**

En el cuadro 13. se muestra la cantidad de materia seca (MS) consumida y rechazada así como proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) extracto etéreo (EE) por tratamiento. Se observa que en el grupo 2 con la dieta de FVH de maíz y concentrado hubo un mayor consumo de MS con una diferencia de 7.27g. Esto resultó que el consumo de todos los nutrientes fuera mayor, lo que se explica por 2 razones, la primera, la fibra de alfalfa al tener un mayor contenido de FDA (38.8%) resulta en una fibra de más lento paso por el tracto gastrointestinal (TGI), y en segundo lugar el estomago del conejo es dependiente del vaciamiento de los intestinos, repercutiendo en un menor consumo. En el caso del FVH de maíz resultó en un forraje de olor más dulce, por lo que fue más palatable para el conejo (Medinilla et al., 2010), aunado al bajo contenido de de FDA (12.35%) reduciendo su paso por el TGI y

umentando o reduciendo su consumo, en los estudios consultados los autores concluyen que la inclusión de FVH aumenta el consumo (Guaila, 2005; León, 2005; Morales et al., 2009; Demera, 2010).

Cuadro 13. Consumo promedio jaula/grupo de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto etéreo (EE) en gramos por tratamiento.

	<b>Grupo 1 Control</b>	<b>Grupo 2 FVH de maíz</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>P &gt;</b>
<b>MS consumida (g).</b>	71.21 <sup>a</sup>	78.48 <sup>b</sup>	7.27	2.59	0.01
<b>PC consumida (g).</b>	11.37 <sup>a</sup>	12.58 <sup>b</sup>	1.21	0.41	0.05
<b>FDN consumida (g).</b>	21.93 <sup>a</sup>	25.52 <sup>b</sup>	3.59	0.80	0.05
<b>FDA consumida (g).</b>	13.63 <sup>a</sup>	18.79 <sup>b</sup>	1.17	0.46	0.05
<b>E. E. consumido (g).</b>	7.97 <sup>a</sup>	9.14 <sup>b</sup>	1.17	0.29	0.05
<b>MS rechazada (g).</b>	27.09 <sup>a</sup>	20.27 <sup>b</sup>	6.82	2.05	0.05

<sup>ab</sup>Columnas con literal diferente presentan diferencia estadística

Grupo 1: Alimentado con Dieta 1 (alfalfa + concentrado), Grupo 2: Alimentado con Dieta 2 (FVH de maíz + concentrado)

### **3.3 Peso de canal caliente, peso de vísceras y peso de piel, en gramos y la proporción del peso de las canales de conejos de 47 días de engorda**

En el cuadro 14. se muestran parámetros de peso de canal caliente, peso de vísceras y peso de piel en gramos, de los conejos a los 47 días de engorda y la proporción del peso en porcentaje de cada producto. Lo que corresponde al peso de canal y el peso de la piel se observa que los valores más altos se presentan los conejos del Grupo 2 (Dieta 2: FVH de maíz + concentrado) y ninguna diferencia en el peso de vísceras, esto puede explicarse con lo anteriormente expuesto en el Cuadro 13. Sin embargo el rendimiento de canal no presentó diferencias entre grupos los datos coinciden con lo reportado por otros estudios que reportan valores entre 57.64 a 60.89%(León, 2005; Morales et al., 2009; Demera, 2010; Sánchez et al., 2011).

Con respecto al peso de vísceras y el peso de piel no se encontró ningún artículo que midiera estas variables en condiciones similares a las propuestas en este experimento.

Estos resultados son superiores a lo reportado en estudios donde evaluaron diferentes porcentajes de inclusión de forraje verde hidropónico obtuvo pesos finales entre el los 1000 y 1948 gramos tras 49 días de experimento, mientras que en el rendimiento de canal no reporta cambios (Nava et al., 2005).

Cuadro 14. Parámetros de las canales de conejos de 47 días de engorda del Grupo 1 y el Grupo 2. Peso final, peso de vísceras, peso de piel, peso de canal en gramos y la proporción del peso de cada producto.

	Grupo 1 Control	Grupo 2 FVH de maíz	Proporción del peso final Grupo 1 (%)	Proporción del peso final Grupo 2 (%)	Error Estándar	P Value
<b>Peso de canal en g.</b>	1046.59 <sup>a</sup>	1292.67 <sup>b</sup>	59.64 <sup>a</sup>	60.95 <sup>a</sup>	46.64	0.01
<b>Peso de viseras en g.</b>	330.96 <sup>a</sup>	360.35 <sup>a</sup>	18.84 <sup>a</sup>	16.99 <sup>b</sup>	110.53	0.05
<b>Peso de piel en g.</b>	303.56 <sup>a</sup>	372.47 <sup>b</sup>	17.30 <sup>a</sup>	17.56 <sup>a</sup>	17.00	0.01

<sup>ab</sup>Columnas con literal diferente presentan diferencia estadística.

Grupo 1: Alimentado con Dieta 1 (alfalfa + concentrado), Grupo 2: Alimentado con Dieta 2 (FVH de maíz + concentrado).

### 3.4 Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo por muestra pool de carne de conejos de 47 días de edad.

En el cuadro 15. se observa el promedio de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo en gramos del la muestra pool de musculo *Longissimus dorsi* de conejos alimentados con Dieta 1 (alfalfa + concentrado) por jaula y con Dieta 2 (FVH de maíz + concentrado). El tratamiento con FVH de maíz obtuvo los valores promedio más altos en las 3 variables. Estos resultados son superiores a los reportado en estudios similares donde se obtuvieron valores de 90.20g de PC y 6.48g de EE por cada 100g de muestra en base seca (Télles, 2004). En otro estudio se reportaron valores de 83. 36g de PC y 10.07g de EE por cada 100g de muestra en base seca (Malavé et al., 2013). Sin embargo en otros estudios donde suplementaron con FVH no encontraron diferencias con los valores que presentó el control siendo de 85.43g de PC y 6.94g de EE (Medinilla et al., 2010), también

se observa que la relación contenido de proteína cruda y extracto etéreo es inversamente proporcional es decir a mayor cantidad de proteína cruda menor cantidad de extracto etéreo, lo que coincide con lo reportado (Télles, 2004; Malavé et al., 2013).

Cuadro 15. Materia seca (MS), proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE) en gramos en base seca (BS) de carne de conejos de 47 días de edad suplementados con alfalfa + concentrado vs FVH de maíz + concentrado

	Conejos alimentados con dieta 1 Control			X	Conejos alimentados con dieta 2 FVH de maíz			X	Diferencia promedio entre grupos	E.E	P >
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3		Jaula 4	Jaula 5	Jaula 6				
<b>%PC</b>	89.91 <sup>a</sup>	88.95 <sup>a</sup>	87.85 <sup>a</sup>	88.90	78.94 <sup>b</sup>	75.50 <sup>b</sup>	77.18 <sup>b</sup>	77.21	11.69	0.33	0.01
<b>%EE</b>	6.31 <sup>a</sup>	6.21 <sup>a</sup>	6.25 <sup>a</sup>	6.26 <sup>a</sup>	15.90 <sup>b</sup>	13.49 <sup>b</sup>	14.76 <sup>b</sup>	14.72	8.46	0.42	0.01
<b>%MS</b>	22.46 <sup>a</sup>	23.40 <sup>a</sup>	24.56 <sup>a</sup>	23.47	25.99 <sup>b</sup>	29.61 <sup>b</sup>	24.23 <sup>a</sup>	26.61	3.14	0.27	0.01

<sup>ab</sup>..Columnas con literal diferente presentan diferencia estadística

Grupo 1: Alimentado con Dieta 1 ( alfalfa + concentrado), Grupo 2: Alimentado con Dieta 2 (FVH de maíz + concentrado).

### 3.5 Bioimpedancia y ángulo de fase de canales de conejo de 47 días de edad

Cuadro 16. Comparación de Bioimpedancia y ángulo de fase promedio de canales de conejo de 47 días de edad alimentados con Dieta 1 y Dieta.

	Conejos alimentados con dieta 1 Control			Conejos alimentados con dieta 2 FVH de maíz			E.E	P >
Variable	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3	Jaula 4	Jaula 5	Jaula 6		
<b>Impedancia</b>	206.92 <sup>a</sup>	230.12 <sup>a</sup>	275.96 <sup>b</sup>	270.32 <sup>b</sup>	167.89 <sup>c</sup>	157.99 <sup>c</sup>	34.31	0.001
<b>Media por tratamiento</b>	238.21 <sup>a</sup>			204.24 <sup>b</sup>			28.59	0.001
<b>Angulo de fase</b>	15.09 <sup>a</sup>	14.77 <sup>a</sup>	15.10 <sup>a</sup>	16.12 <sup>b</sup>	16.32 <sup>b</sup>	16.69 <sup>b</sup>	0.54	0.001
<b>Media por tratamiento</b>	15.00 <sup>a</sup>			16.36 <sup>b</sup>			0.66	0.001

<sup>ab</sup>..Columnas con literal diferente presentan diferencia estadística

Dieta 1: Alfalfa + concentrado, Dieta 2: FVH de maíz + concentrado

En el cuadro 16. se muestran los resultados de impedancia y ángulo de fase de canales de conejo de 47 días de edad, por tratamiento es decir conejos alimentados con Dieta1 (Alfalfa +concentrado) y alimentados con Dieta 2 (FVH de maíz +concentrado). Con estas medidas se estimó la relación que existe entre la resistencia y la cantidad de sólidos en la canal caliente, asociado a la cantidad de grasa y musculo en el cuerpo (Alvero et al., 2009). El Grupo 1 Control presentó el valor promedio mas alto de impedancia con 238.21 ohmios en contraste el Grupo 2 FVH de maíz registró un valor de 204.24 ohmios, en caso del ángulo de fase el mayor valor lo presentó el Grupo 2 FVH de maíz con 16.36 radianes en contraste el Grupo 1 registró 15.00 radianes, dichos valores sugieren que las canales del Grupo 1 contiene una mayor cantidad de tejido graso, en estudios similares donde se hizo uso de esta técnica con conejos vivos, no se reportaron diferencias

significativas entre conejos de diferentes pesos, dichos valores no concuerdan con lo reportado en la estimación química, lo que puede deberse a la baja cantidad de grasa intramuscular que presenta el músculo del conejo haciendo que la resistencia sea menor ya que el músculo es aproximadamente 80% agua (Corchado et al., 2006; García, 2009; Saiz et al., 2011).

En el cuadro 17 se muestra la correlación que existe entre los parámetros, mostrando que la Bioimpedancia tiene una correlación positiva con la cantidad de PC de las canales, pero no así con la cantidad de EE, por el contrario se observa que existe una correlación entre la cantidad de PC y EE en ambos tratamientos.

Cuadro 17. Correlación entre los parámetros de Bioimpedancia, EE y PC de la canal expresado en gramos

Correlaciones				
		Bioimpedancia	EE en la canal en g	PC en la canal en g
Bioimpedancia	Correlación de Pearson	1	-.316	-.811**
	Sig. (bilateral)		.108	.000
	N	32	32	32
EE en la canal en g	Correlación de Pearson	-.316	1	.729**
	Sig. (bilateral)	.108		.000
	N	32	32	32
PC en la canal en g	Correlación de Pearson	-.811	.729**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	
	N	32	32	32
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). EE. Extracto etéreo PC. Proteína cruda				

#### 4. Costo - Beneficio

En el Cuadro 18 se observa la comparación entre el costo de producción de carne de conejos alimentados con la Dieta 1 Control (Alfalfa + concentrado) y con la Dieta 2 FVH de maíz (FVH de maíz + concentrado) durante 47 días, el costo de

producción de un kilo de carne de conejo con la Dieta 2, presentó valores más altos que los reflejados por el costo con la Dieta 1. Esto se puede ver desde el costo de un kilo de alimento, por otra parte aunque el costo del alimento fue mayor, la cantidad de alimento que se requirió para producir un kilo de carne de conejo fue menor, lo que resultó en una menor diferencia en el costo, sin embargo el costo de producción de una canal finalizada a los 47 días fue menor con la Dieta 1, con una diferencia de 5.79%. En el caso de la ganancia proyectada con un precio de venta de \$75 por kilo de carne el valor que presentó el Grupo 2 fue el más alto con una ganancia de \$96.90 por canal en promedio superando al Grupo 1 por \$18.15, y al final la utilidad proyectada para la Dieta 2 fue la más alta con un valor de \$76.49, en comparación con la Dieta 1 con una diferencia de \$12.44, por el contrario en estudios similares se reporta un menor valor en los costos de producción de carne, por una baja en el costo del alimento suplementado con FVH (Demera, 2010; Morales et al., 2012; Cubas et al., 2013)

Cuadro 18. Comparación de costo beneficio de la producción de carne de conejo de 47 días de engorda con 2 dietas diferentes.

<b>Costos</b>	<b>Grupo 1 Dieta 1 Control</b>	<b>Grupo 2 Dieta 2 FVH de maíz</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Kilo de alimento</b>	\$4.92	\$6.34	\$1.42
<b>Producción de 1 kilo de carne</b>	\$14.81	\$15.85	\$1.04
<b>Costo promedio de canal finalizada a los 47 días</b>	\$14.70	\$20.49	\$5.79
<b>Ganancia por venta de canal (\$75)</b>	\$78.75	\$96.90	\$18.15
<b>Utilidad*</b>	\$64.05	\$76.49	\$12.44

Dieta 1: Alfalfa + concentrado, Dieta 2: FVH de maíz + concentrado

## V. Conclusiones

### Fase 1 y 2

La producción de Forraje Verde Hidropónico con tres tipos de semillas y dos tiempos de cosecha presenta valores importantes en cuanto a las fracciones fibrosas, es posible obtener valores similares a los registrados cuando se usa fertilizante sustituyéndolo con mas días de riego; sin embargo la elevada cantidad de humedad en dichos forrajes sigue representando una de las mayores debilidades de este sistema de producción.

La selección de semilla debe estar relacionada con las necesidades alimenticias y la disponibilidad de la misma en la región ya que como se demostró en este estudio los parámetros productivos y nutricios varían entre cada semilla y cada tiempo de cosecha, y el costo dependerá de la disponibilidad de la semilla en la región.

### Fase 3

La degradación aparente de la materia seca que presentan los forrajes jóvenes como es el caso del FVH es elevada y se puede ver disminuida a mayor edad tenga el forraje

### Fase 4

La suplementación de FHV de maíz cosechado a los 21 días en la alimentación de conejos tiene efectos significativamente más favorables en comparación a la dieta tradicional ya que presenta una mayor palatabilidad para el conejo y dada su elevado porcentaje de degradación aparente permite un vaciamiento del TGI más veloz lo cual permite y estimula un mayor consumo. Por lo que la suplementación de este forraje da una opción a los productores de conejo para dar una dieta de alta calidad nutritiva.

La proporción proteína cruda y extracto etéreo de las canales de los conejos suplementados con FVH de maíz cosechado a los 21 días es significativamente más alta en comparación con la dieta tradicional.

Al usar el FVH como suplementación en la alimentación de conejos se ve elevado el costo de la dieta, pero también se ve elevado el peso de los conejos finalizados en comparación con los alimentados con dieta tradicional lo que se puede traducir en una mayor ganancia al momento de la venta de la canal.

## **VI. Implicaciones productivas**

El éxito de un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico, esta basado en cuidar cada uno de los detalles de la técnica.

Es muy común que se presenten contaminaciones por hongos, sobre todo cuando las temperaturas son muy elevadas y la circulación del aire es deficiente o cuando los riegos son muy exagerados.

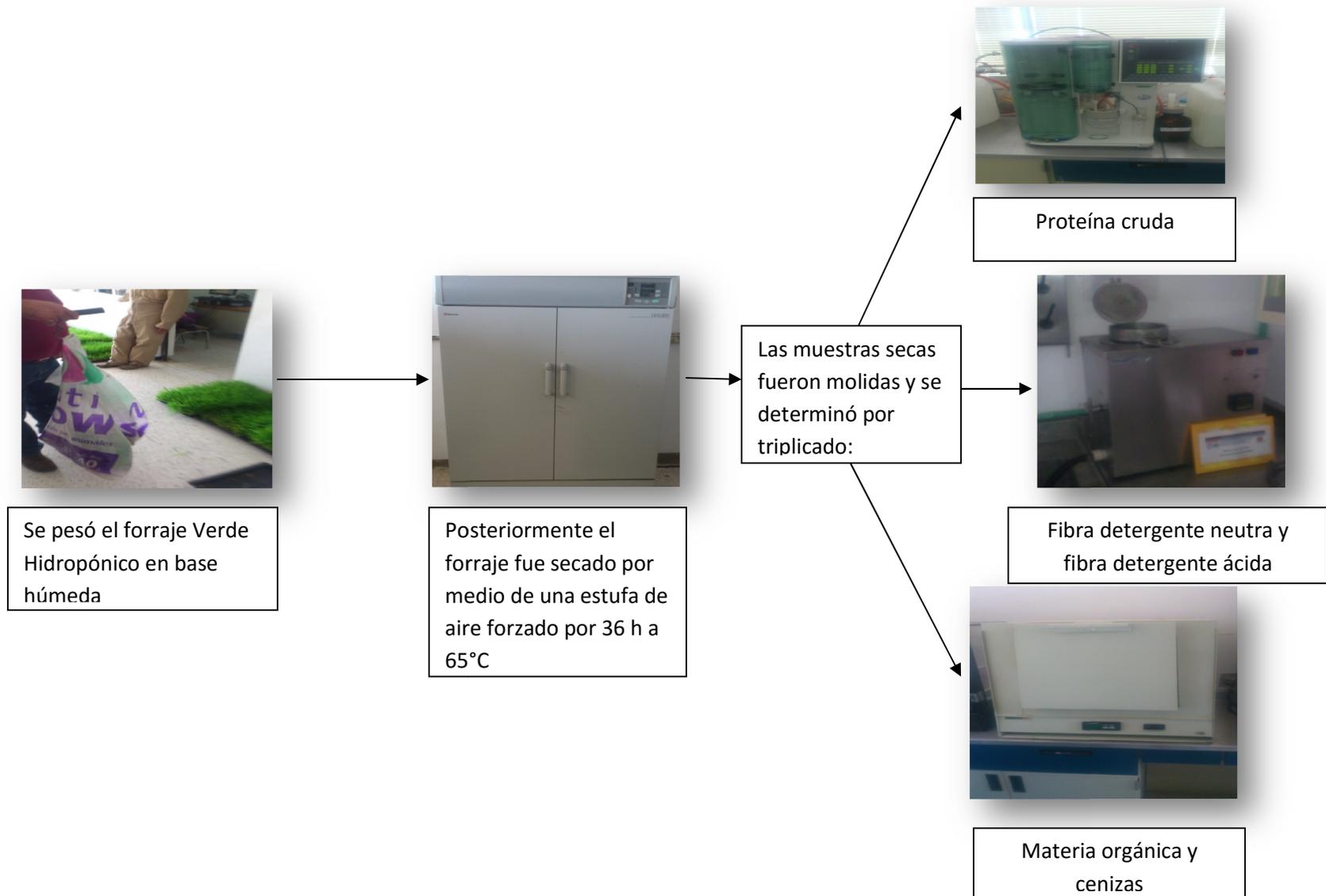
la importancia de identificar agentes desinfectantes y determinar cual es el mas eficaz para cada tipos de producción sin la necesidad de tener instalaciones tecnificadas de alto costo ya que es necesario mantener parámetros estables de humedad, temperatura y ventilación para así aumentar el éxito de la producción de FVH.

Está demostrado que la desinfección de las semillas con agua + ozono y riegos de agua + ozono mantienen el mejor índice de semillas libres de hongos durante todo el ciclo de cultivo con un 100% de efectividad con solo 15 minutos de tratamiento en el agua de hidratación además de darle un olor agradable a la semilla, resultados similares se reportan con el uso de agua + cal durante la hidratación y riegos con sorbato de potasio y benzoato de sodio.

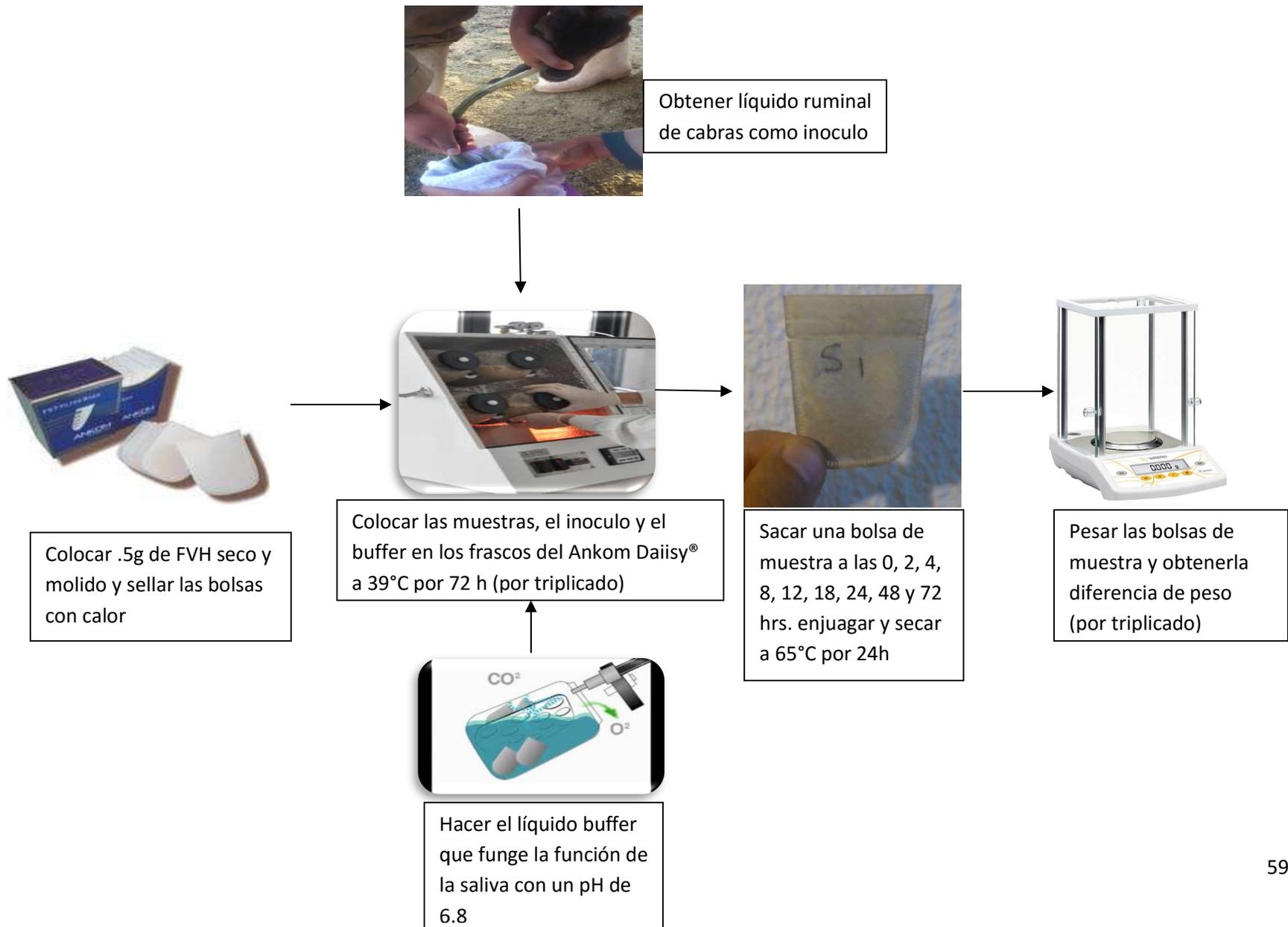
### Anexo 1. Diagrama de Producción de Forraje Verde Hidropónico en invernadero



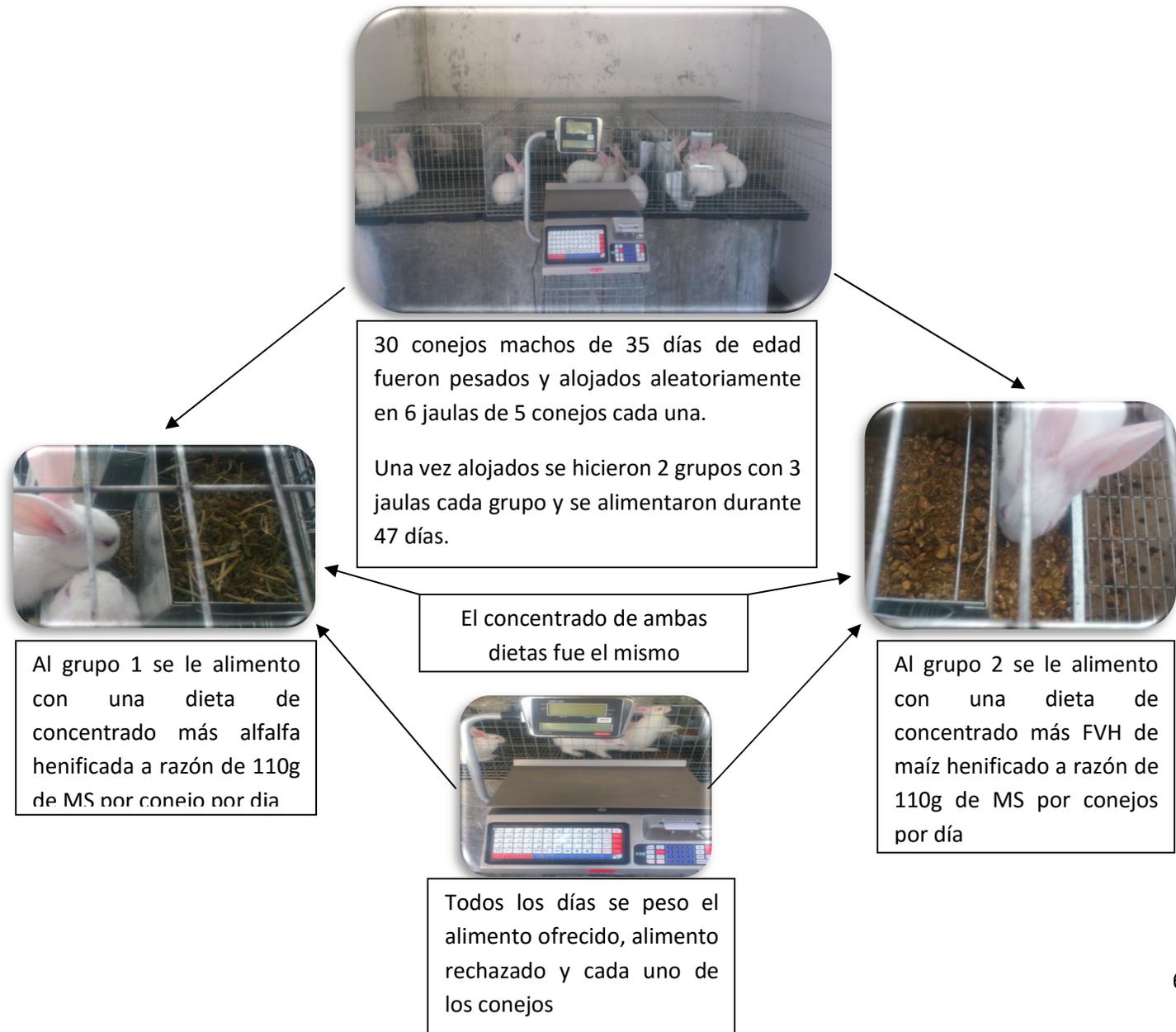
## Anexo 2. Diagrama del analisis químico



### Anexo 3. Diagrama para la obtención de la cinética de degradación de la MS de FVH



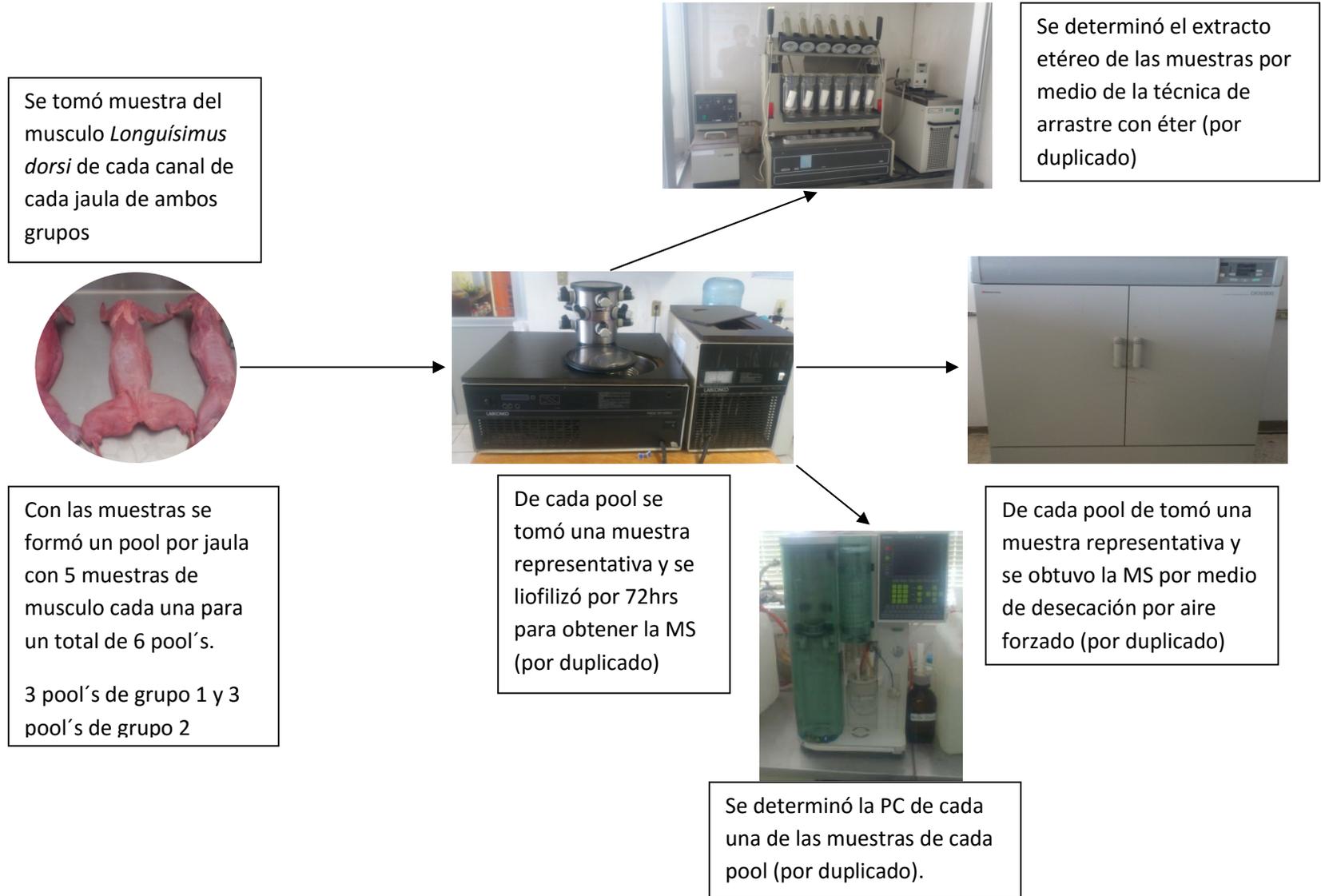
**Anexo 4. Diagrama del experimento de comportamiento *in vivo* de dietas suplementadas con FVH de maíz**



Anexo 5. Diagrama de matanza y faena de conejos de 47 días de edad.



**Anexo 6. Diagrama de obtención de proteína cruda, extracto etéreo y materia seca por liofilización de muestras de musculo *Longuissimus dorsi* de conejos de 47 días de edad.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

Otorgan la presente

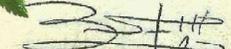
# CONSTANCIA

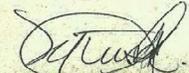
A: Puón-Peláez X.H., Franco-Gasca G., Andrade-Montemayor H.M.

Por su participación en el VIII Foro de Investigación y Posgrado de la facultad con "Forraje verde hidropónico: comparación de 2 tiempos de cosecha y 3 semillas (trigo, maíz y sorgo)."

Santiago de Querétaro, Qro. 24 y 25 de abril de 2015

**"Educo en la Verdad y en el Honor"**

  
Dra. Elizabeth Elton Puente  
SECRETARIA ACADÉMICA

  
Dra. Teresa Gasca Gasca  
DIRECTORA FCN

  
Dr. Germán J. Canto Alarcón  
JEFE DE INVESTIGACIÓN  
Y POSGRADO FCN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

Otorgan la presente

# CONSTANCIA

A:

X. Puón Peláez, G. Franco Gasca, H. M. Andrade Montemayor

Por su participación en el Foro: "Desarrollo de la Investigación en la Facultad de Ciencias Naturales" con el trabajo:

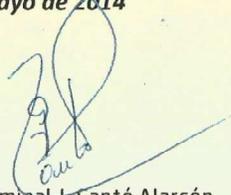
*"Forraje Verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semi desierto."*

Santiago de Querétaro, Qro., a 24 de mayo de 2014

*"Educo en la Verdad y en el Honor"*

  
Dra. Elizaberth Elton Puente  
SECRETARIA ACADEMICA

  
Dra. Teresa García Gasca  
DIRECTORA FCN

  
Dr. Germinal J. Cantó Alarcón  
JEFE DE INVESTIGACIÓN  
Y POSGRADO





UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO



**CONACYT**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

A TRAVÉS DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Otorgan la presente

# Constancia

A

Xiao-Haitzi Puón Peláez

POR SU PARTICIPACIÓN COMO PONENTE DEL TRABAJO TITULADO

Forraje verde hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semi desierto.

Dr. Gilberto Herrera Ruiz  
Rector de la Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Irineo Torres Pacheco  
Director de Investigación y Posgrado

Santiago de Querétaro, Qro., a 5 y 6 de Noviembre de 2014.

# XXVIII REUNIÓN NACIONAL SOBRE CAPRINOCULTURA



Asociación Mexicana de Profesionistas en Caprinos  
Comité Estatal del Sistema Producto Caprino de Oaxaca.



Otorgan la presente

## Constancia

A: Puón-Peláez X.H., Franco Gasca G., Andrade Montemayor H.M, Arista P.E.,  
Moreno C.U., Hershberger DAU. Martin PM.

Por su participación como ponente en la XXVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura  
llevada a cabo del 14 al 16 de Octubre del 2015 en Santiago Huajolotitlán, Oaxaca.

ATENTAMENTE

**Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor**  
Presidente de AMPCA

**MVZ. Lourdes Carmina Ricardi de la Cruz**  
Comité Organizador Local

**Ing. Jorge Carrasco Altamirano**  
Secretario de la SEDAPA



SAGARPA



**SEDAPA**  
Secretaría de Desarrollo Agropecuario,  
Pesca y Acuicultura  
2010-2018 OAXACA



**SIPECAV**  
Sistema Producto Especie  
Caprinos de Veracruz A.C.



## Literatura Citada

Alvero, J., L. Correas, M. Ronconi, R. Fernández, J. Porta. 2009. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deport.* 2:98–101.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist USA, Washinton.

Arano, C. R. 2007. Hidroponía : algunas páginas de su historia. *Hortic. Int.:*24–32.

Auristela, A., R. Luis, R. Arlene, N. Jesús. 2013. Composición bromatológica de la carne de conejos suplementados con mataratón y cachaza de palma aceitera. *Rev. MVZ Cordoba* 18:3452–3458.

Beltrano, J., and D. Gimenez. 2015. *Cultivo en hidroponia*. 1° ed. (U. N. de la Plata, editor.). Eitorial de la Universidad de la Plata, Argentina.

Campo, F., and J. Villar. 2012. Forraje Verde Hidropónico. *Agric. Orgánica:*32–34.

Carmona, F. F., P. E. Pérez, H. A. Pizarro. 2011. Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial del concentrado comercial. *Dep. Agric. del desierto y Biotecnol.:*185–187.

Carrillo, M., L. Salas, J. Esparza, P. Preciado, J. Romero. 2013. Porducción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agron. Mesoam.* 24:169–176.

CENAPRED. 2006. *Programa Especial de Prevención y Mitigación del riesgo de desastres*. 1st ed. (Secretaría de Gobernación, editor.). Secretaría de Gobernación, Mexico.

Cerrillo Soto, M. A., A. S. Juárez Reyes, J. A. Rivera Ahumada, M. Cervantes Guerrero, R. G. Ramírez Lozano, H. Bernal Barragán. 2012. Forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia* 37:906–913.

CONAGUA. 2000. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Valle de Amazcala, Estado de Querétaro*. Mexico.

Corchado, V., P. G. Rebollar, N. Pereda, M. P. Rosato, N. Iaffaldano, N. Nicodemus. 2006. Estimación de la composición corporal de las conejas reproductoras mediante impedancia bioeléctrica: primeros resultados. In: *Asociación Española de Cunicultura, editor. XXXI Symposium de Cunicultura*. Asociación Española de Cunicultura, España. p. 59–66.

- Corona, R. 2011. Producción de forraje verde en la mixteca poblana una alternativa nutricional para la época de sequía. Puebla México.
- Cubas, F., S. Rodríguez, E. Rodríguez. 2013. conejos neozelandeses : efecto de la alimentación con balanceado comercial y artesanal , sobre la ganancia de peso. *Compend. Ciencias Vet.* 03:24–27.
- Cuesta, T., R. Machado. 2009. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico ( FVH ) a base de maíz ( *Zea mays* ) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo , Chocó , Colombia. *Bioetnia* 6:127–134.
- Demera, C. 2010. Utilización de harinas de maíz hidropónico deshidratada y vaina de algarrobo en reemplazo parcial y total de la soya en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa de crecimiento y engorde. Universidad Técnica de Manabí Ecuador.
- FAO. 2001. Manual técnico Forraje Verde Hidropónico. 3rd ed. (FAO, editor.). FAO, Santiago Chile.
- FAO. 2007. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. 1st ed. (Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica, editor.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Fazaeli, H., H. a. Golmohammadi, S. N. Tabatabayee, M. Asghari-Tabrizi. 2012. Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. *World Appl. Sci. J.* 16:531–539.
- García, R. M. 2009. Estudio De La Influencia Del Tratamiento Nutricional Sobre El Peso Y La Condición Corporal En Conejas. *Rev. Complut. Ciencias Vet.* 3:192–197.
- Garduño, F. 2011. Modelo de Producción de Forraje Verde Mediante Hidroponía. Instituto Politécnico Nacional.
- Gilsanz, J. C. 2007. Hidroponía. 1st ed. (Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, editor.). INIA, Montevideo Uruguay.
- Guailla, P. 2005. Efecto de la utilización del Forraje Hidropónico de Cebada en la elaboración de balanceado para la alimentación de conejos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador.
- Herrera, A. M., L. A. Depablos, R. López, M. A. Benezra, L. Ríos de Álvarez. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. *Rev. Cient. la Fac. Ciencias Vet. la Univ. del Zulia* 17:372–379.

Herrera, E., M. A. Cerrillo, A. S. Juárez, M. Murillo, F. G. Rios, O. Reyes, H. Bernal. 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor protéico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*:284–289. Available from: [redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp??Cve=33913156008](http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp??Cve=33913156008)

León, S. K. 2005. Efecto del fotoperiodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz con diferentes soluciones nutritivas para alimentación de conejos en el periodo de engorde. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

López, R., B. Murillo, E. Troyo, G. Rodriguez. 2012. Forraje Verde Hidropónico, una alternativa para el ganado de zonas áridas. *Ciencia, Tecnol. e Innovación para el Desarro*. México:2008.

Malavé, A., L. Córdova, A. García, J. Méndez. 2013. Composición bromatológica de la carne de conejos suplementados con mataratón y cachaza de palma aceitera. *Rev. MVZ Cordoba* 18:3452–3458.

Medinilla, J., R. Vigil, C. Platero. 2010. Evaluacion bioeconómica del rendimiento en canal de conejos Neozelandes blanco alimentados con tres niveles de forraje verde hidropónico de maíz blanco. Universidad de El Salvador, El Salvador.

Mehrez, Z., E. R. Orskov. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.* 38:437–443.

Méndez, S. 2006. Conversión y eficiencia en la ganancia de peso con el uso de seis fuentes diferentes de ácido graso en conejos Nueva Zelanda. Universidad de La Salle, Bogotá Colombia.

Morales, H., A. Gómez-Danés, P. Juárez, L. Loya, A. Ley de Coss. 2012. Forraje Verde Hidropónico de maíz amarillo (zea maíz) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Vet.* 2:20–28.

Morales, M., B. Fuente, E. Ávila. 2009. Short communication: effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 17:207–212.

Nava, J., J. Nava, and A. Cordova. 2005. Alimento balanceado-forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos ( *oryctolagus cuniculus* ). *Rev. Electrónica Vet.* VI:0–5.

Nava, J., J. Sandoval, and J. Vargas. 2004. Slurry evaluation for the production of hydroponic fodder for rabbits *oryctolagus cuniculus* and vermicompost as substratum for *ficus* inoculated with arbuscular mycorrhizae *glomus nava*. In: Instituto de Investigación Científica Área Ciencias Naturales, editor. 8th World Rabbit Congress. Vol. 1. Universidad Autónoma de Guerrero, México. p. 1482–1487.

Nelson, S. 2012. La ganadería en la seguridad alimentaria. 1st ed. (L. McLeod, editor.). FAO, Roma.

Ortiz, S. 2007. Producción y calidad de forraje verde hidropónico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Perez, R., P. García, M. Ángel, R. Ortiz, M. Gonzales. 2013. Determinación de biomasa y calidad de forraje verde hidropónico en contenedores no convencionales. *Engormix*:25–27. Available from: [www.engormix.com/Articles/View.aspx?AREA=AGR&id=3073&pag=0](http://www.engormix.com/Articles/View.aspx?AREA=AGR&id=3073&pag=0)

Rockström, J., M. Falkenmark, L. Karlberg, H. Hoff, S. Rost, D. Gerten. 2009. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resour. Res.* 45:1–16.

Rodríguez de La Rocha, S. G. 2003. Forraje verde hidropónico. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Romero, N., J. Rodríguez. 2009. Evaluación de dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por Forraje Hidropónico de Maíz (*Zea mays* L.) para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado. Escuela Superior Politécnica del Litoral Ecuador.

Saiz, A., N. Nicodemus, D. Abelleira. 2011. Estimación de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In: *Cunicultura España*, editor. XXXVI Symposium de Cunicultura. Cunicultura España, España. p. 78–81.

Salas, L., J. R. Esparza, P. Preciado, V. D. P. Álvarez, J. A. Meza, J. R. Velázquez, M. Murillo. 2012. Rendimiento, Calidad Nutricional, Contenido Fenólico y Capacidad Antioxidante de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mays*) Producido en Invernadero Bajo Fertilización Orgánica. *Interciencia* 37:215–220.

Salas, L., P. Preciado, J. R. Esparza, V. D. P. Álvarez, A. Palomo, N. Rodríguez, C. Márquez. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoam.*:355–360.

Salazar, G. 2001. Historia de la Hidroponía y de la Nutrición Vegetal. DR. Calderón Publicaciones:1–14. Available from: [www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Historia\\_de\\_la\\_Hidroponia.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Historia_de_la_Hidroponia.htm)

Sánchez, A., A. Meza, A. Álvarez, L. Rizzo, Á. Guadalupe. 2011. Forraje verde hidropónico de maíz (*zea mays*) deshidratado en el engorde de conejos nueva zelanda (*Oryctolagus cuniculus*)  $\Delta$ Adolfo. *Cienc. y Tecnol.* 3:21–23.

SEMARNAT. 2012. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. 1st ed. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, editor.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Sinchiguano, M. M. 2008. Producción de Forraje Verde Hidropónico de diferentes cereales (avena, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de Cuyes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, B. a Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Télles, J. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento.

Vargas, C. 2008a. Comparación productiva de forraje verde hidropónico. *Agron. Mesoam.* 19:233–240.

Vargas, C. 2008b. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agron. Mesoam.* 19:233–240.

Zambrano, M. P. 2007. Engorde de conejos de raza Nueva Zelanda con forraje verde hidropónico de maíz, con varios sistemas de alimentación; durante diciembre del 2006 a mayo del 2007. Universidad Técnica de Manabí.