

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.**

**UNIDAD LAGUNA.**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL.**



**PRODUCCIÓN LACTEA DE CABRAS ALPINAS SUPLEMENTADAS CON FVH  
DE CEBADA EN LA COMARCA LAGUNERA.**

**POR:**

**GERARDO FAVELA ESPARZA**

**TESIS.**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER**

**EL TÍTULO DE:**

**MÈDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.**

**TORREÓN COAHUILA, MÈXICO.**

**Junio 2014.**

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



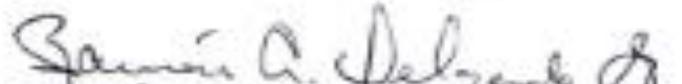
PRODUCCIÓN LÁCTEA DE CABRAS ALPINAS SUPLEMENTADAS CON  
FVH DE CEBADA EN LA COMARCA LAGUNERA

POR:  
GERARDO FAVELA ESPARZA

TESIS

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA.

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN,  
PRESIDENTE DEL JURADO.

  
MCV. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL.



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAH. MÉXICO.

JUNIO 2014



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



TESIS

POR:

GERARDO FAVELA ESPARZA

PRODUCCIÓN LÁCTEA DE CABRAS ALPINAS SUPLEMENTADAS CON FVH  
DE CEBADA EN LA COMARCA LAGUNERA

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE  
ASESORIAS Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN,  
PRESIDENTE DEL JURADO.

PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE,

VOCAL 1.

MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS,

VOCAL 2.

MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ,

VOCAL SUPLENTE.

TORREÓN, COAH. MÉXICO.

JUNIO 2014

## **DEDICATORIA.**

A mis señores padres ANGELICA MARIA ESPARZA BARRENO, JESUS GERARDO FAVELA CRUZ y mis hermanos. Por su apoyo incondicional en la toma de mis propias decisiones. Y a pesar de las adversidades nunca hubo señal de flaqueza y con sus buenos ejemplos supieron encaminarme

A mi esposa PERLA JUDITH LANDEROS MARTINEZ y a mi hija SOFIA ALENY FAVELA LANDEROS, ya que ellas son el pilar que me ha mantenido de pie, y por su apoyo que me han brindado durante todo este tiempo, por su todo su amor, paciencia y sacrificio, sobre todo a mi hija, ya que ella inconscientemente lo ha demostrado. Las amo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA CARRERA Y DE TODA LA VIDA, OSCAR Y ENEDINO. Por haber compartido momentos de dicha y tristeza, por haber sido una familia cuando me encontraba lejos de mi hogar, y brindarme todo su apoyo incondicionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

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

A MI ESPOSA E HIJA ya que sin su apoyo no hubiera llegado a estas instancias, y sobre todo por su gran sacrificio, sus esfuerzos y palabras de aliento en momentos difíciles.

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

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

## Contenido

## pagina

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	Página ..... V
I. RESUMEN .....	VII
II. INTRODUCCIÓN .....	1
III. JUSTIFICACIÓN .....	2
IV. OBJETIVOS .....	2
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	2
V. HIPÓTESIS.....	2
VI. HIDROPONIA .....	2
6.1 ANTECEDENTES.....	3
6.2 Generalidades del Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	3
6.3 Ventajas del Forraje Verde Hidropónico.....	3
6.4 Ahorro de agua.....	4
6.5 Eficiencia en el tiempo de producción .....	4
6.6 Calidad del forraje para los animales .....	4
6.7 Inocuidad.....	5
6.8 Costo de producción .....	5
6.9 Diversificación e intensificación de las actividades productivas.....	5
6.9.1 Alianzas y enfoque comercial.....	5
6.9.2 Desventajas.....	6
6.9.3 Costo de instalación elevado.....	6
6.9.4 Características de FVH de cebada.....	6
6.9.5 Sistema Digestivo.....	7
6.9.5.1 Microorganismos del rumen.....	8

6.9.6 Características del rumen .....	11
6.9.6.1 Fermentación de carbohidratos .....	11
6.9.6.2 Fermentación y síntesis de proteína.....	12
6.9.6.3 Fermentación de lípidos.....	12
6.9.7 Alimentación.....	12
6.9.8 Cabras lecheras.....	14
6.9.9 Promedio de producción láctea.....	15
6.9.10 Calidad de los forrajes y la producción.....	16
6.9.11 Avena.....	18
VII. Materiales y Métodos.....	19
7.1 Localización.....	19
7.2 Producción de forraje verde hidropónico.....	19
7.2.1 Elección de la semilla.....	19
7.2.2 Desinfección de la semilla.....	19
7.2.3 Enjuague del grano.....	20
7.2.4 Remojo del grano.....	21
7.2.7 Frecuencia de riegos.....	22
7.2.8 Alimentación de cultivos.....	23
7.2.9 Sanidad del cultivo.....	23
7.3 Cosecha del producto.....	24
7.4 Selección de los animales.....	24
7.5 Consumo de alimento.....	25
VIII. Resultados.....	26
8.1 Producción de leche.....	27

IX. Conclusiones.....	29
X. Bibliografía.....	30

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

## Página

Cuadro 1. Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias .....	7
Cuadro 2. Cantidades de alimento para las cabras lecheras de acuerdo con su producción.....	14
Cuadro 3.- componentes bromatológicos de la avena grano.....	18
Figura 1. Lavado y desinfección de semillas.....	20
Figura 2. Enjuague de la semilla de cebada, utilizando agua limpia.....	20
Figura 3. Inmersión total de la semilla previamente lavada.....	21
Figura 4. Semilla germinando en las charolas.....	21
Figura 5. Semilla sin acumulación de agua.....	22
Figura 6. Regado de semilla.....	23
Figura 7. Cultivo visiblemente sano.....	24
Figura 8. Cosecha y triturado del cultivo.....	24
Figura 9. Cabras experimentales.....	25
Figura 10. Aceptación del FVH.....	25
Tabla 1.- Consumo diario de alimento por cabra en Kg.....	26
Tabla 2. Producción láctea individual, durante los 17 días de muestreo antes de dar FVH.....	27

Tabla 3. Producción láctea individual, durante 21 días adicionando la dieta con FVH.....27

Grafica 1. Grafica de producción de leche grupal iniciando día 1 al 17 sin FVH, continuando el día 18 hasta el 37 con FVH.....28

## **I. RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fe Municipio de Torreón Coahuila, México.

Su objetivo principal fue evaluar el efecto que tiene el suplementar con Forraje Verde Hidropónico de Cebada, sobre la producción de leche en cabras alpinas bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

Los animales fueron ordeñados 17 días antes del tratamiento con FVH y se registró su producción, de tal manera que cada animal fuera su propio control una vez que se iniciara el tratamiento de suplementación con el FVH. Cuando terminó este período, los animales recibieron además de su alimentación normal, una ración de FVH y se registró su producción láctea de la manera en que se venía haciendo.

El grupo experimental incremento inmediatamente su producción láctea al iniciar la suplementación con FVH, observándose un efecto positivo de esta sobre la producción de leche. Antes de iniciar la suplementación con FVH, EL promedio diario de producción por cabra antes de suplementar fue de 1.81 litros y al suplementar con FVH se observó un aumento a 2.04 litros, registrando un aumento de 221ml y un promedio de producción de 12.2%.

Estadísticamente, se observó una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en producción antes y después de la suplementación.

**Palabras Claves: Forraje Verde Hidropónico, Cabras alpinas, Producción de leche, Uso eficiente del agua, Producción sustentable.**

## **II.INTRODUCCIÓN**

Cuando se plantea producir alimentos para el ganado en condiciones intensivas, por lo general se piensa en grandes inversiones en infraestructura productiva y en el acopio de tecnología que solo se puede manejar en ambientes controlados, sin embargo, la producción de biomasa a partir del germinado de granos para obtener Forraje Verde Hidropónico o FVH, es una técnica tan sencilla que no requiere de inversiones adicionales a las que ya existen en las explotaciones productivas de la Laguna.

En la última década, y tal vez como una consecuencia del cambio climático, se ha tenido carencia de forraje convencional. Ha habido presencia de sequías y heladas, lo cual ha afectado negativamente la producción agropecuaria.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal. Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequias prolongadas.

Es requerido un planteamiento de alternativas de producción de forrajes para prevenir pérdidas productivas, que permitan la disponibilidad de alimento para los animales durante todo el año, a la vez que minimice el uso del agua y de agroquímicos en la producción.

El sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal a partir de plántulas en estado de germinación y crecimiento temprano, en periodos de 9 a 15 días. Este proceso permite producir forraje de forma intensiva en cualquier época del año y cualquier localidad geográfica, si se establecen las condiciones adecuadas. Permite también paliar la carencia de alimentos en épocas críticas del año con una fuente natural de proteína de buena calidad.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una técnica de producción de alimento, que puede resolver eventualidades en épocas críticas de la producción ganadera, como son la escasez de agua y heladas que ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas.

El FVH posee suficiente valor nutricional para poder considerarlo como un suplemento ideal para mantener al ganado vivo en temporadas de sequía severa. Permite prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche); y ayudar especialmente a los pequeños productores.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Explorar alternativas de alimentación animal que sostengan o incrementen la producción de leche en caprinos.

#### **4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

Evaluar la producción de leche en cabras suplementadas con dietas que incluyan forraje verde hidropónico de cebada.

### **V. HIPÓTESIS**

Cuando se suplementan cabras lecheras con FVH y por su alto valor nutritivo, se asume que debe haber un aumento de la producción láctea.

### **VI. HIDROPONIA**

Tiene su origen en las palabras griegas (Hidro: *agua*; ponos: *trabajo*: trabajar con agua, es decir, sin necesidad de tierra).

Se define como el cultivo sin suelo sobre sustratos inertes, con el uso de soluciones nutritivas que abastecen ópticamente los requerimientos nutricionales de las plantas (Resh, 2011).

## **6.1 ANTECEDENTES**

La producción de FVH es solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua.

Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes orígenes y concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1960); (Ñíguez, 1998).

En la práctica, el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. (FAO 2001)

## **6.2 Generalidades del Forraje Verde Hidropónico (FVH).**

El forraje hidropónico es el resultado del proceso de germinación de grano que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días. Pretendiendo que el grano germinado alcance una altura promedio de 25 centímetros (Chang et al, 2002). No obstante Henríquez, citado por (Müller et al 2006), menciona que la edad de cosecha adecuada del cultivo puede estar entre 16 y 21 días de acuerdo a las necesidades del productor, sin pasar ese periodo de tiempo. Durante el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de cambios que le permitan a la plántula en pocos días captar energía luminosa y a través de un proceso de crecimiento acelerado desarrollar su parte radicular y aérea con un poco contenido de fibra y altos contenidos de aminoácidos en forma libre y que se aprovechan fácilmente por los animales (Valdivia, 1997).

## **6.3 Ventajas del Forraje Verde Hidropónico.**

Permite un suministro constante durante todo el año, se pueden emplear terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa

de valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, se puede dar un aumento de la fertilidad y la producción de leche (Arano , 1998).

#### **6.4 Ahorro de agua**

En el sistema de producción de FVH la pérdida de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas, cuando se compara con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Para la producción de FVH no requiere más de 2 a 3 litros de agua por Kg de forraje verde. Considerando un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Z, 2000; Rodríguez, S., 2000), entonces se requieren de 16 a 24 litros de agua por Kg de materia seca.

#### **6.5 Eficiencia en el tiempo de producción**

La producción de FVH apto para la alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un mercado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961, Koller, 1962; Simon y Meaney, 1965, Fordham et al, 1975).

#### **6.6 Calidad del forraje para los animales**

Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Arano, 1976).

En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300kcal/kg) que el FVH (3,200 kcal/kg) (Pérez, 1987).

## **6.7 Inocuidad**

El FVH producido debe estar sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido, los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente “cornezuelo” que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras induce el aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre (Sánchez, 1997).

## **6.8 Costo de producción**

Las inversiones necesarias para producir forraje verde dependerán del nivel y de la escala de producción. En este sistema de producción por su significativo bajo el nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.

## **6.9 Diversificación e intensificación de las actividades productivas**

El sistema FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales posibilitando compactar lotes de animales para asistir a exposiciones o remates. No intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

### **6.9.1 Alianzas y enfoque comercial**

Ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer en forma urgente un complemento nutricional. En la actualidad existen empresas comercializadoras de FVH en distintos países y todas ellas gozan de un nivel aparente de ventas.

### **6.9.2 Desventajas**

Desinformación y sobrevaloración de la tecnología:

Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimiento de nutrientes y agua, óptimas condiciones de luz, temperatura y medio ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO<sub>2</sub>.

Se debe tener presente que para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica el compromiso concreto de productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo. 1993).

### **6.9.3 Costo de instalación elevado**

Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo se ha demostrado, (Sánchez, 1997) que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados, la práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

### **6.9.4 Características de FVH de cebada.**

La cebada es una gramínea que se encuentra bien distribuida en todo el mundo, la razón se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones así como a que no es muy exigente en cuanto a calidad de suelos pues se desarrolla mejor en suelos mediocres.(Navarrete F. R. O. 2008)

Cuadro 1. Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias. (FAO 2001).

Parámetro	FVH (cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1,680	1,392
Proteína Cruda (%)	25	30,0	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47,0	39,0
Kcal Digestible/kg	488	2,160	400	466
Kg Proteína Digestible/Tm	46,5	216	35,75	12,41

### 6.9.5 Sistema Digestivo.

En los animales adultos alimentados en condiciones normales, no funciona la gotera esofágica, los alimentos y el agua llegan al retículo y rumen. Los alimentos se mezclan con abundantes cantidades de saliva, en primer lugar durante la digestión, y posteriormente durante la rumia. La cantidad de saliva producida al día es del orden de 150 l en el ganado vacuno y 10 l en el ganado ovino.

Por término medio, el contenido del rumen incluyen 850-930g de agua/kg, suele encontrarse en dos fases: una inferior, líquida, en la que se encuentran en suspensión las partículas de menor tamaño de los alimentos, y otra superior, menos acuosa, en que se sitúan los productos sólidos más groseros.

La degradación química del retículo-rumen se lleva a cabo por las enzimas segregadas, no por el propio animal si no por los microorganismos.

Los alimentos y el agua llegan al rumen, donde aquellos son particularmente fermentados, dando lugar, principalmente a ácidos grasos volátiles, células microbianas, y los gases de metano y dióxido de carbono. Los gases se eliminan por eructación, y los ácidos grasos volátiles se absorben, en su mayor parte, a través de la pared ruminal. Las células microbianas, pasan al abomaso e intestino delgado, acompañando a los alimentos no la degradados; allí, son digeridas por las enzimas segregadas por el animal hospedador, absorbiéndose lo productos de la digestión (Shimada, M. 2009).

#### **6.9.5.1 Microorganismos del rumen.**

La población bacteriana en el contenido ruminal, es del orden de  $10^9$  - $10^{10}$  por ml. Se indica que el ácido succínico es un producto importante, se convierte en ácido propiónico por otras bacterias como las *Selemonas ruminantium*.

Las interacciones entre microorganismos incluyen una característica importante de la fermentación del rumen.

La población total de bacterias, así como la población relativa de cada especie en particular, varía con la ración consumida por el animal. (Relling, 2002).

Las bacterias halladas en el contenido ruminal no siempre corresponden a la flora habitual; pueden proceder de la dieta o del medio ambiente que rodea el animal. Las condiciones que prevalecen en el rumen dadas las características de anaerobiosis y contante dilución de su contenido, permiten únicamente el crecimiento microorganismos para los cuales los sustratos y el PH en el rumen son óptimos.

Bacterias Celulolíticas.

Confieren al rumiante la capacidad de sobrevivir a base de forrajes fibrosos de baja calidad.

Bacterias amilolíticas.

Fermentan el almidón y generalmente son menos sensibles a los cambios en el PH ruminal que las bacterias celulolíticas.

Muchas de las bacterias que fermentan el almidón actúan también sobre los azúcares sencillos.

Bacterias proteolíticas.

Las bacterias ruminales exclusivamente proteolíticas y las cepas aisladas, parecen utilizar otras bacterias como fuente de nutrientes.

Protozoos ruminales.

No parecen ser tan importantes como las bacterias, simplemente por el hecho de que los animales pueden sobrevivir perfectamente y los procesos de fermentación ruminal pueden continuar normalmente sin su presencia.

Hongos anaerobios.

Con toda probabilidad son celulolíticos. (Orskov, 1988)

Los pre-estómagos son cámaras de fermentación. La fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno y le brinda a los rumiantes las siguientes ventajas:

-Permite el consumo de alimentos muy fibrosos.

-Permite la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de:

- Proteína vegetal de bajo valor biológico.

- Nitrógeno no proteico de la dieta.
- Reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea)
- Provee todas las vitaminas del complejo B.

Sin embargo, la fermentación también tiene desventajas para el animal:

- Cerca de 8 horas al día deben dedicarse a la rumia
- Debe haber acceso a alimento adecuado a intervalos regulares.

Mecanismos para mantener el rumen trabajando:

- Adición regular de grandes cantidades de saliva.
- Movimientos de mezclado poderosos en los comportamientos pregástricos.
- Mecanismos para:
  - La eliminación de los gases de la fermentación (eructo)
  - La regurgitación (rumia).
  - La absorción de los productos finales de la fermentación.
  - El paso hacia el omaso de partículas no digeridas.
- Las rutas de metabolismo intermediario deben ser capaces de utilizar a los productos finales de la fermentación: los ácidos grasos volátiles (AGV).
- La fermentación pre gástrica no es un proceso eficiente energéticamente porque la energía que las bacteria gastan para su mantenimiento aparece como calor y es energía que el animal pierde. (Relling, 2002).

### **6.9.6 Características del rumen**

El rumen es un sistema de fermentación más o menos continuo, que requiere de un equilibrio entre las sustancias que entren vía dieta o saliva y las que se producen por fermentación. Un buen ambiente ruminal debe reunir las siguientes características:

-Potencial de óxido-reducción bajo.

-pH entre 5.5 y 7.0.

-Osmolaridad dentro de límites estrechos.

-Gases: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub> Y O<sub>2</sub>.

-Población mixta e interdependiente de bacterias, protozooario y levaduras:

a.- Bacterias primarias: celulolíticas y amilolíticas.

b.- Bacterias secundarias: utilizadoras de lactato y metanogénicas.

c.- Protozoarios, que se alimentan de las bacterias, de gránulos de almidón y ácidos grasos poliinsaturados. (Relling, 2002).

#### **6.9.6.1 Fermentación de carbohidratos**

La fermentación de celulosa, hemicelulosa, fructosanos y pectinas la realizan las bacterias celulolíticas y es lenta porque las bacterias celulolíticas tienen una tasa metabólica baja (sus números se duplican cada 18 horas). La fermentación de almidón y azúcares simples la realizan las bacterias amilolíticas y es más rápida porque estas bacterias se duplican cada 15 min a 4 horas.

Los productos de esta actividad fermentativa son ácidos orgánicos de cadena corta, CO<sub>2</sub>, metano e hidrógeno. Los principales ácidos orgánicos son acético, propiónico y butírico, cuya concentración total varía entre 60 y 120 mmol/l.

Los AGVs se absorben a través del epitelio ruminal. El ácido butírico se metaboliza en el epitelio ruminal o en el hígado transformándose en  $\beta$ -hidroxibutirato. Cerca del 30% de ácido propiónico se transforma en ácido láctico en la pared ruminal; el resto es metabolizado a glucosa en el hígado. La mayor parte del ácido acético llega al hígado y de ahí a los tejidos, que lo utilizan para formar Acetil CoA. (Relling, 2002).

#### **6.9.6.2 Fermentación y síntesis de proteína.**

Las bacterias proteolíticas representan de 12 a 38.5 % de las bacterias ruminales totales. Pueden convertir a la proteína y a los compuestos no proteicos en proteína microbiana y este proceso permite la conservación de nitrógeno y del agua que se hubiera necesitado para la excreción urinaria de urea. Sin embargo, el exceso de proteína en la dieta puede conducir a una sobreproducción de amoníaco, lo que aumenta el riesgo de una intoxicación. (Relling, 2002).

#### **6.9.6.3 Fermentación de lípidos.**

Los microorganismos ruminales rápidamente hidrolizan a los lípidos en la dieta, saturando en gran medida a los ácidos grasos insaturados. Valores por arriba de 5% de lípidos en la dieta afectan de manera adversa la palatabilidad del alimento y la actividad celulítica. (Relling, 2002).

#### **6.9.7 Alimentación.**

La cabra es muy versátil en cuanto a su alimentación, razón por la cual se domesticó con rapidez. El ganado caprino utiliza los forrajes de una forma mucho más eficiente que otros animales.

En general los animales de zonas áridas son los que utilizan el agua en forma más eficiente. La cantidad y calidad de agua tienen gran incidencia en el consumo del alimento, dependiendo de la época del año los caprinos consumen diariamente entre un 5 a un 10% de su peso. Las variaciones de consumo se producen ya sea por la temperatura y la humedad del ambiente, como por la condición fisiológica en que se encuentre el animal, llegando a su máximo durante la lactancia.

Se utilizan los forrajes de una manera más eficiente, su alimentación debe alcanzar un buen balance de proteínas y de energía para permitir un nivel deseable de producción. Este balance se obtiene de las praderas de pastoreo. La lactancia requiere una cuidadosa alimentación para permitir niveles de producción adecuados y evitar que la cabra sufra mal nutrición. En este caso es necesario aumentar la cantidad de proteínas usando bloques de urea, sales minerales y vitaminas para que el animal pueda utilizar eficientemente el heno y desechos de cosecha. (FAO).

Las cabras alimentadas tienen mayor capacidad de adaptación, debido a varios factores:

- Poseen mayor capacidad de aceptación de los sabores amargos.
- Casi el 50% de su dieta se compone de arbustos y hierbas, deciduas o perennes, los ovinos que consumen más zacates; esto les permite tener una mejor nutrición a través del año, ya que muchas de estas plantas son leguminosas que contienen más proteínas y vitaminas.
- Ingieren grandes cantidades de flores, tanto de los pastos como de las hierbas.
- Tienen mayor capacidad de digerir alimentos de baja calidad.
- Consumen mayores cantidades de plantas que contienen taninos.
- En situaciones de subalimentación prolongada, son capaces de adaptar su metabolismo para reducir hasta un 40% sus necesidades de mantenimiento.

Las cabras también emplean para el control de plantas indeseables, habiéndose demostrado si están de sabor aceptable y se sobre pastorean en forma intencional, llegan a erradicarse totalmente.

Los animales que se explotan en agostadero ingieren regularmente sustancias tóxicas que contienen las plantas, como son los aceites esenciales y taninos. Los primeros son perjudiciales para el crecimiento normal de la microbiota del rumen, mientras que los taninos atan o inhiben la actividad de algunas enzimas, con lo que se reduce su digestibilidad de las plantas que contienen compuesto. Cuando están presentes en niveles de 2 a 3% de la materia seca, por una parte se unen a las proteínas alimenticias con lo que inhiben su degradación microbiana y favorecen el sobrepaso ruminal, y reducen la posibilidad de aparición de timpanismo.

#### **6.9.8 Cabras lecheras.**

Las cabras producen más en relación con su peso y el alimento que consumen. Se acepta que la cantidad de alimento proporcionado debe tener relación con su producción láctea.

Cuadro 2. Cantidades de alimento para las cabras lecheras de acuerdo con su producción. (Shimada, 2009).

Litros de leche diarios.						
Ingrediente	Kg: 0-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	4.1 o más.
Ensilaje	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
Heno de alfalfa.	0.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0
Melaza de caña	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5
Concentrado	-----	-----	0.15	0.5	0.75	1.0

Debido a la diversidad de ingredientes que es capaz de consumir, debe aprovecharse su potencial. Hacen que se considere como rumiante del futuro para las regiones menos privilegiadas (Shimada, 2009).

La cabra requiere de 2 litros de agua por kg. De materia seca (MS) de alimento en adultos que no están en producción. Un consumo ineficiente de agua refleja en la producción de leche, ya que un litro de leche aproximadamente el 87% es agua, por lo que es importante que la cabra tenga agua disponible a libre acceso, ya que requiere hasta de 4lt/kg de MS (INIFAP, SAGARPA, 2009).

### **6.9.9 Promedio de producción láctea.**

La curva de lactancia en razas caprinas de aptitud lechera ha sido estudiada por diversos autores (Brady y col, 1931; Watkins y Knowles, 1946) observaciones:

- a) La máxima producción se alcanza entre la 8 y 12 semanas, o sea entre los 60 a 90 días después del parto.
- b) En la segunda semana de lactación se alcanza un 80% del valor máximo de producción.
- c) A la altura de las 21 semanas la producción ha disminuido en 25% y al 50% a partir de los 240 a 260 días de lactación.
- d) La maduración de la lactación fluctúa entre 28 a 48 semanas.
- e) La disminución de la producción se produce a razón de un 7% mensual.

Las características generales de producción se ven influenciadas por una serie de factores que alteran tanto su producción como su persistencia. Algunas como el clima, la época del parto, el número de ordeños, el número de lactación, la prolificidad y la alimentación. Un promedio es de 1-3 litros por día (FAO, 2001)

### **6.9.10 Calidad de los forrajes y la producción.**

Una de las metas principales de los productores de ganado caprino en el manejo del forraje, es mantener la calidad del mismo en un nivel que puedan mantener los parámetros deseados de ganancia de peso o de producción de leche.

Los forrajes participan, en la alimentación de los rumiantes entre un 40% y 60% del alimento total, que dependiendo de su calidad aportan los nutrientes comunes como los carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, además de la fibra.

La calidad desde el punto de vista nutricional es la relación que existe entre el valor nutritivo del forraje y la habilidad de los animales de convertirlos en leche, carne o grasa.

Los valores que proporcionan más información acerca del verdadero valor nutritivo de un forraje y por lo tanto su calidad son su digestibilidad y el efecto que provoca en el animal que lo consume, lo cual se mide en la producción de leche o en crecimiento (Herrera, 1999).

Valor nutritivo. Convencionalmente se clasifica por los nutriólogos en tres componentes generales: la digestibilidad, el consumo de alimento y la eficiencia energética.

Un forraje con un valor nutritivo de FDA de 41% y FDN de 53% tiene un índice de 100. Contra este valor se pueden comparar otros forrajes. Cuando un forraje tiene un valor arriba de 100%, no necesariamente es de calidad.

Van Soest y Robertson (1976) la definen como el material estructural en las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales, pero que pueden ser digeridas por los microorganismos del rumen. Hay una relación entre el rendimiento en materia seca, material digerible y etapa de crecimiento de la planta. La disminución de la digestibilidad al madurar la planta hace que la producción óptima de materia digestible se presente mucho antes que la producción máxima de materia seca. (Van Soest 1994).

El forraje de la alfalfa se compone de una cierta porción de hojas (alta calidad) y de tallos (baja calidad) (Piccioni, 1970; Del pozo, 1976). En lo que se refiere al contenido en carotenos el tallo es aproximadamente 8 veces inferior que las hojas (Morrison, 1969; Piccioni, 1970). Durante el transcurso de las diferentes fases de desarrollo de la planta, se produce un aumento de la celulosa bruta y un descenso de la digestibilidad y del valor nutritivo de la planta, ya que la celulosa bruta reduce la digestibilidad de los restantes componentes (Morrison, 1969; Piccioni, 1970, pozo, 1976).

Esto es debido a un aumento en el contenido de paredes celulares a medida que la planta madura, y una disminución en el contenido celular, (Arias, 1990).

Su proteína es altamente soluble y rica en aminoácidos esenciales en forma equilibrada, únicamente la metionina y la cistina se encuentran en proporciones muy limitadas (Piccioni 1970; Del Pozo, 1976). (Van Soest, 1994), desarrolló una alternativa para los análisis aproximados, es ampliamente usado para analizar forrajes.

Este método químico reconoce la distinción entre la pared celular y contenido celular, involucra la extracción de una muestra de forraje con una solución de detergente neutro: las solubles son primeramente los contenidos celulares, y los insolubles residuos (fibra detergente neutro NDF) es un excelente estimación de los constituyentes estructurales totales, o pared celular (celulosa, hemicelulosa, y lignina).

Fibra (medida por FDA o FND) en particular es un fuerte predictor de calidad de forraje, ya que es la porción pobremente digerible de la pared celular. Los componentes digeribles. Las pruebas estándar del heno incluyen PC, FDA, FDN, y MS

### 6.9.11 Avena.

El grupo forrajero denominado cereales inmaduros o cereales de invierno para forraje, comprende a todas aquellas plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas que se cultivan. Representan el 30% de la superficie total destinada a la producción forrajera. Constituyen un alimento de un valor energético alto (FEDNA, 2004).

El valor nutritivo depende, en alto grado, de la relación existente entre la cascarilla y el grano. La proporción de glumas en los granos enteros depende de la variedad, medio ambiente, y estación, la avena con alto contenido de alto contenido de cascarilla es más rica en fibra bruta y menor valor de energía metabolizable; La proteína de la avena es de baja calidad, siendo deficiente en los aminoácidos esenciales metionina, histidina y triptófano.

Cuadro 3.- componentes bromatológicos de la avena grano. (Jurguens, 1982).

<b>Proteína.</b>	<b>5.5 %</b>
<b>Extracto etéreo</b>	27.4%
<b>Fibra cruda.</b>	27.8%
<b>Ceniza</b>	7.0%
<b>Calcio</b>	.22%

## **VII. Materiales y Métodos.**

### **7.1 Localización.**

El experimento se realizó en el Centro Caprino, del departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, localizadas en las coordenadas latitud Norte 26°23', longitud oeste 104°47'; ubicada en el Periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fe, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México.

El FVH se produjo en un invernadero de 3 x 6 m ubicado dentro de las mismas instalaciones.

Charolas de 60 x 40.

Para los corrales se utilizaron mallas metálicas valencia.

Semilla de cebada.

Hipoclorito de sodio.

Jabón detergente líquido.

### **7.2 Producción de forraje verde hidropónico.**

#### **7.2.1 Elección de la semilla.**

Se obtuvo semilla de Cebada en el municipio de Cuencamé, Dgo. Verificando que se encontrara en buenas condiciones de integridad, sin rebasar el 3 % de impurezas o grano quebrado.

#### **7.2.2 Desinfección de la semilla.**

Las semillas se lavaron y desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio al 1%( 10 ml por cada litro de agua). El tiempo de exposición de la semilla a la solución con hipoclorito no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres

minutos. Finalizando el lavado se procedió hacer un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.



Figura 1. Lavado y desinfección de semillas.

### 7.2.3 Enjuague del grano.

Al término de la desinfección enjuagamos la semilla con agua limpia, se recomienda enjuagar al menos de dos veces con un volumen de agua limpia 2 veces superior al volumen de la semilla y drenar a fondo.



Figura 2. Enjuague de la semilla de cebada, utilizando agua limpia.

#### **7.2.4 Remojo del grano.**

Después de la desinfección, es recomendable remojar la semilla en una inmersión total en agua durante 12 horas. Es recomendable que la inmersión se dé en un ambiente fresco y en condiciones de oscuridad, esto obliga al pequeño brote a buscar la luz y por lo mismo a forzar su crecimiento.



Figura 3. Inmersión total de la semilla previamente lavada.

#### **7.2.5 Germinación y crecimiento.**

El grano se deposita a razón de 2.2 a 2.4 kg de semilla por metro cuadrado de charola, es decir, en una charola de 60 x 35 cm se extendimos alrededor de un kilogramo de semilla. El cultivo deberá mantenerse en la oscuridad entre 3 y 5 días, cuando bota la tapa del recipiente que cubre la charola y mantiene las condiciones de oscuridad. A partir de ese momento se descubre el cultivo y se vigila su desarrollo.



Figura 4. Semilla germinando en las charolas.

### **7.2.6 Drenado del cultivo.**

Es importante que exista un buen drenaje de las charolas para evitar que se acumule agua y favorezca el desarrollo de microorganismos, particularmente de hongos. Para ello, se hicieron perforaciones en las charolas de crecimiento y darle una inclinación de 10%. Esto es, una charola de 60 cm de largo, debe inclinarse 6 cm. No es recomendable para las condiciones de la comarca lagunera que el agua que drena de un cultivo caiga en otro, particularmente si tiene menor nivel de desarrollo.



Figura 5. Semilla sin acumulación de agua.

### **7.2.7 Frecuencia de riegos.**

Usando un envase de plástico con la tapa perforada. Del día 1 al 3 de inicio el proceso, se regó el cultivo cada 4 horas, en este tiempo la charola está cubierta de la luz y hay poca evaporación. Dependiendo de la temperatura ambiental, es recomendable regar cada 2 o 4 horas. El día del primer riego se realizó a las 07:00 am y por la noche es suficiente regar después de la 21.00 hrs. el ultimo riego, lo más adecuado es regar cuando el cultivo lo requiera.

Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular (Sánchez, 1997, corona, 2011)



Figura 6. Regado de semilla.

### **7.2.8 Alimentación de cultivos.**

Durante su desarrollo, el FVH no necesita la aplicación de fertilizantes para completar el ciclo de los 10 días, sin embargo, los cultivos que reciben fertilizantes disueltos en agua de riego a partir del cuarto o quinto día de establecidos desarrollan alrededor de 20% más talla y peso que los que solo reciben agua para su crecimiento (100mg por litro de unidades; nitrógeno, fósforo y potasio) (Tania 2012).

Se disolvió una mezcla de fertilizante comercial consistente en 17% de nitrógeno, 17 de fósforo y 17 % de potasio a razón de 175 mg de cada elemento por litro de agua. La mezcla de fertilizante comercial acarreó también los microelementos.

### **7.2.9 Sanidad del cultivo.**

Un problema serio en la producción de FVH es la contaminación de los cultivos con hongos y bacterias que se actúa en la época de calor, se hace manifiesto alrededor del 5 y 7 día de cultivo. Los microorganismos aparecen en la zona de la raíz, hacen que el agua se torne lechosa, olor desagradable. Se genera principalmente por la mala calidad del agua, además de un drenado ineficiente, mala desinfección de la semilla, falta de ventilación.



Figura 7. Cultivo visiblemente sano.

### **7.3 Cosecha del producto.**

El cultivo se obtuvo mejor alrededor de día 8, pero en ese momento no alcanza su mejor desarrollo, por lo que haciendo un balance de peso y el crecimiento de nutrientes, es pertinente hasta el día 10 o 12 cuando el cultivo alcance un peso cercano a los 10 kg por charola, y no haya decaído su concentración de nutrientes.



Figura 8. Cosecha y triturado del cultivo.

### **7.4 Selección de los animales.**

Se seleccionaron para el experimento 5 cabras de raza alpina. Los animales fueron identificados y distribuidos en un corral, por otra parte, durante los 21 días previo al inicio del trabajo experimental los animales tuvieron acceso a una dieta de alfalfa y avena con gradual incorporación de forraje verde hidropónico para

facilitar su adaptación a las dietas, que consto de tres días. Las cuales tuvieron acceso al agua.



Figura 9. Cabras experimentales.

### **7.5 Consumo de alimento.**

El FVH fue ofrecido 2 veces al día una mitad en la mañana (8:00 hrs.), y la otra por la tarde (17:00 hrs.), teniendo agua a su disposición agua a su disposición permanente



Figura 10. Aceptación del FVH.

### VIII. Resultados.

Grupo experimental.

Las cabras usadas en el experimento consumieron un total de 42.66 kg. de heno y 7.06 kg. de FVH de cebada. Con tres días de adaptabilidad, iniciando el 8 de julio.

Tabla 1.- Consumo diario de alimento por cabra en Kg.

T-1		T-2		T-3		T-4		T-5	
FVH	Heno								
62	800	62	800	62	800	62	800	62	800
50	768	50	768	50	768	50	768	50	768
41	2000	41	2000	41	2000	41	2000	41	2000
9	1000	9	1000	9	1000	9	1000	9	1000
0	800	0	800	0	800	0	800	0	800
0	2750	0	2750	0	2750	0	2750	0	2750
40	2600	40	2600	40	2600	40	2600	40	2600
140	2650	140	2650	140	2650	140	2650	140	2650
410	2200	410	2200	410	2200	410	2200	410	2200
830	2000	830	2000	830	2000	830	2000	830	2000
800	2000	800	2000	800	2000	800	2000	800	2000
770	2400	770	2400	770	2400	770	2400	770	2400
470	2400	470	2400	470	2400	470	2400	470	2400
410	2000	410	2000	410	2000	410	2000	410	2000
430	2400	430	2400	430	2400	430	2400	430	2400
400	2400	400	2400	400	2400	400	2400	400	2400
440	2400	440	2400	440	2400	440	2400	440	2400
510	1900	510	1900	510	1900	510	1900	510	1900
300	2400	300	2400	300	2400	300	2400	300	2400
560	2400	560	2400	560	2400	560	2400	560	2400
390	2400	390	2400	390	2400	390	2400	390	2400
<b>7062</b>	<b>42668</b>								

### 8.1 Producción de leche.

Tabla 2. Producción láctea individual, durante los 17 días de muestreo antes de dar FVH.

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
MEDIAS DIARIA POR ANIMAL	1.96	1.86	1.66	1.75	1.87
PRODUCCIÓN TOTAL	<b>33.3</b>	<b>31.6</b>	<b>28.25</b>	<b>29.75</b>	<b>31.75</b>

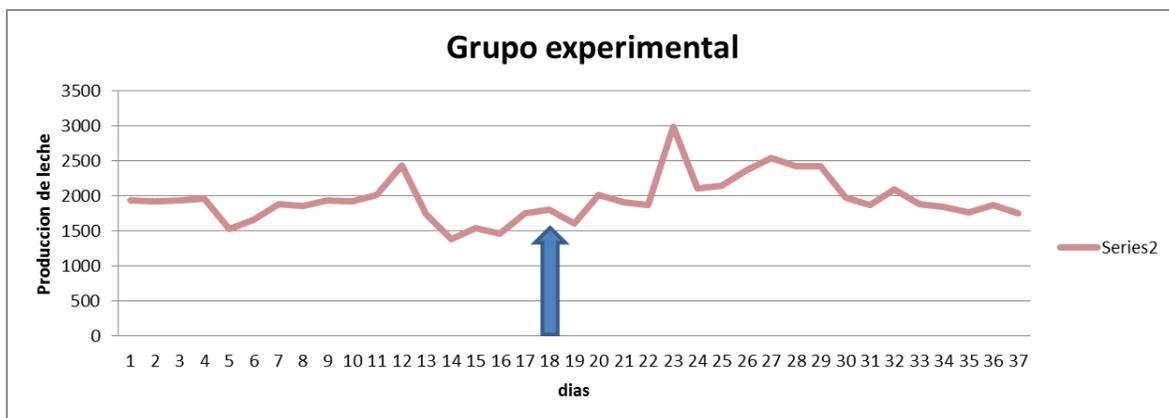
Tabla 3. Producción láctea individual, durante 21 días adicionando la dieta con FVH.

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
MEDIA DIARIA POR ANIMAL	1.88	2.33	1.94	2.17	1.88
PRODUCCIÓN TOTAL	<b>39.45</b>	<b>48.95</b>	<b>40.8</b>	<b>45.5</b>	<b>39.5</b>

La aceptación de FVH por lo obtenido, además el animal al verse en la posibilidad seleccionar y elegir el alimento ofrecido opta generalmente por aquel verde o fresco, por lo tanto, se señala que hay una relación directa entre los niveles de materia seca del FVH y el funcionamiento digestivo de los rumiantes, atribuyendo esto al menor contenido de fibras de forraje (Rodríguez,2003), que señala la calidad del FVH radica en su alto contenido de nutrientes tales como proteínas, minerales, vitaminas, y componentes enzimáticos.

El grupo incremento inmediatamente su producción láctea al iniciar la suplementación con FVH, observándose un efecto positivo de esta sobre la producción de leche. Antes de iniciar la suplementación con FVH, EL promedio diario de producción por cabra antes de suplementar fue de 1.81 litros y al suplementar con FVH se observó un aumento a 2.04 litros, registrando un aumento de 221ml y un promedio de producción de 12.2%.

Grafica 1. Grafica de producción de leche grupal iniciando día 1 al 17 sin FVH, continuando el día 18 hasta el 37 con FVH.



## **IX. Conclusiones.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, la producción de leche de las cabras del lote experimental se modificó significativamente cuando se alimentó con FVH.

Las cabras antes de dar el forraje verde hidropónico tuvo de producción de 30.93 litros y un promedio de 1.81 litros; una vez que se inició con la suplementación de FVH la producción se incrementa a 42.84 litros y un promedio de 2.04 litros.

Estos resultados confirman un incremento de 221ml al día y un promedio de 12.2%. Estos resultados coinciden con lo reportado por García, Salas y Romero (2013), quienes encontraron en un trabajo realizado en la Comarca Lagunera, que la suplementación con FVH en cabras lecheras, incrementa significativamente la producción láctea y mejora la calidad de la misma.

La aceptabilidad de Forraje Verde Hidropónico (FVH) adicionados a la dieta Produjeron mayor cantidad de leche. Estos resultados confirman la importancia de la aceptación de esta sobre el consumo de materia seca y rendimiento de las cabras lecheras. (Nunes, 2007). Una prueba que hicieron Romero, Córdova, Hernández (2009), donde nos habla que en definitiva el FVH es muy bien aceptado por ganado lechero.

En pruebas de crecimiento de conejos alimentados con FVH y comparados contra los alimentados con alimento balanceado comercial, no se encontraron diferencias significativas en ganancia de peso de conejos califonia durante 4 semanas (Torres, 2012).

En una prueba realizada en conejos suministrado FVH la dieta se obtuvo un aumento de peso de los animales por más tiempo (Nava, 2005).

## **X. Bibliografía.**

Adame de León, F. U. 2012. El Forraje Verde Hidropónico, una alternativa para la alimentación caprina. Memorias. Encuentro Nacional De Ganaderos Lecheros. (ENGALEC) 2012.

Arano, C.1998. Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Editado por el propio autor. Buenos aires, argentina.

Calsamiglia, A. Ferret, A. Bach, 2004, Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos, Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 p.

Corona R, L, A, 2011. Producción de forraje verde en la mixteca poblana una alternativa nutricional para el época de sequía. Sistema Estatal de Extensionismo Rural, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla (México)

FAO, 2001. Manual técnico, Forraje Verde Hidropónico, mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo. Oficina regional de la FAO para América latina y el caribe. 1 edición.

FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. 2004. S. Calsamiglia, A. Ferret, A. Bach. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 pp.

García .Salas P.L. Esparza R.J.R, Preciado R.P y Romero P.J, 2013, producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz, producción y calidad fisicoquímica de la leche de cabras suplementadas, UAAAN, APG, UJED, ISSN: 1021-7444, N DE PAG, 8.

García. C.M, Salas, P, L, Esparza, R, J, Preciado, R, P. Romero, P, J. 2013. Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con Forraje Verde Hidropónico de maíz. Agronomía mesoamericana.

García, E. El manejo del agua en la laguna, México. Instituto de Desarrollo del campo Recursos naturales.

Herrera, R y S.1999. La importancia de la calidad en los maíces y sorgos seleccionados para forraje y su efecto en la producción y costos de alimentación. V ciclo internacional de conferencias de nutrición y manejo. Grupo industrial LALA.

Hidalgo. M. L.R. Producción de forraje en condiciones de hidroponía y evaluaciones preliminares en avena y triticale. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la universidad de concepción, chile.

Huterwal, G 1992. Hidroponía. Edit. .Albatros, Buenos Aires, Argentina.

INIFAP, SAGARPA, 2009. Centro de investigación regional del noreste campo experimental todos santos. Guía para la alimentación de caprinos en baja california sur. Folleto para productores número 1.

Javanmardi, J. Stushnoff C, Locke, E, Vivanco, L, M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian ocimum accessions, J. Food Chem. 83:547-550

Lomelí, Z, H. 2000.Agrocultura. México.

Marulanda, C, Izquierdo, J. 1993. Manual Técnico "la huerta hidropónica popular". FAO-PNUD. Santiago, Chile.

Makkar HPS (2003) Chemical, protein precipitation and bioassays for tannins, tannin levels and activity in unconventional feeds, and effects and fate of tannin. En Quantification of tannins in Tree and shrub foliage. Kluwer. Dordrecht, Holanda.

Morales, O.A.F. 1987. Forraje Hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos destetados. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la universidad de concepción. Chile.

Müller L, Sousa dos S.O, Manfron P. A, Petter M. s. I, Haut V. Dourado N. D. Lemos de M. N, Camacho G, 2006. Forregem hidropónica de milho; produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. *Ciencia Rural* 36:1049-1099.

McDonald, P, Edwards, RA, Greenhalgh, JFD. Morgan, C, D. Nutrición animal. Granos de cereales y sus subproductos, Avena. 6ª edición. Editorial ACRIBIA, S.A. Pág., -487.

Nava, N, J; Nava, Z, J; Córdova, I, A. 2005. Alimento balanceado forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos. *Revista electrónica de veterinaria REDVERT*.

Navarrete, F. R. O. 2008. Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa (*Vicia sp.*) Para Forraje Verde Hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, SEDE-IBARRA. PUCE-SI.

Orskov, E. R. 1988. Nutrición Proteica de los rumiantes. Ed. ACRIBIAS. A.

Relling, A. E, Mattioli G. A, 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Fac. Cs. Veterinarias. UNLP. ED. EDULP. Argentina p. 34-38.

Rodríguez, S. 2000. Hidroponía. Una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín informativo de la red hidroponía N°9. Lima, Perú.

Rodríguez, S. 2000. Hidroponía Agricultura y bienestar. Colección de textos universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Rodríguez, S.A.C. 2003. Como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados forraje verde hidropónico. Ed. Diana. México. P. 69-70.

Romero, V, M, Córdova, G, Hernández G, E. 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en ganadero lechero.

Sánchez, A. 1996-1997. Informes técnicos de estadía. Informes internos de la dirección nacional del empleo (DINAE- Ministerio de trabajo y seguridad social) Montevideo, Uruguay.

Shimada, M, A.2009 Nutrición Animal, Alimentación de cabras. 2ª edición. Ed. Trillas. Pág.

Torres, R, J, E. 2012 Comportamiento de Conejos California alimentados con Forraje Verde Hidropónico proveniente de diferentes granos comparando contra alimento balanceado.

Van S. P. 1994. Nutrition ecology of the ruminant. Comstock, Cornell university prees. Second edition 373 p.

Valdivia, B, E. 1996. Producción de forraje verde hidropónico. Curso taller internacional de Hidroponía. Lima, Perú. 201-206 p.