

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Digestibilidad *in vitro* y valor nutritivo de tres variedades de alfalfa
(*Medicago sativa*) en hidroponía**

Por:

Néstor Cruz Contreras

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2008.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Digestibilidad *in vitro* y valor nutritivo de tres variedades de alfalfa
(Medicago sativa) en hidroponía**

Por:

Néstor Cruz Contreras

TESIS

Que somete a Consideración Del H. Jurado Examinador Como Requisito

Parcial Para Obtener El Titulo De:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Aprobada

Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Asesor principal

M. C. Manuel Torres Hernández

Asesor

Ing. José Ángel de la Cruz Bretón

Asesor

Ing. Rodolfo Peña Oranday
Coordinador De la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Febrero del 2008.

Agradecimientos

A dios por haberme dado el regalo de la vida y la capacidad de terminar una profesión para salir adelante en la vida y por haberme cuidado siempre.

A mi ALMA MATER por brindarme su abrigo en todo este tiempo y haberme formado académicamente y personalmente.

Al Ph.D. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por brindarme la confianza de esta tesis y su conocimiento dentro y fuera de clases y por el apoyo a este trabajo.

Al Ing. Manuel Torres Hernández, por su colaboración en este trabajo, por su tiempo y dedicación.

Al Ing., José Ángel de la cruz Bretón, por el apoyo en las instalaciones de invernaderos para la realización de este trabajo y todo el material prestado.

En general a todos los maestros que contribuyeron en mi formación académica.

Agradezco a la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara por su apoyo en el laboratorio de nutrición animal para la realización de este trabajo

Mi más sincero agradecimiento al T.L.Q: Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por su amistad y el apoyo en el laboratorio para el desarrollo de este trabajo.

"Ser BUITRE es cuestión de orgullo lo demás son puros lujos"

Dedicatorias

A mis padres:

Sra. Carmen Contreras Rebollo

Sr. José Cruz Jasso

Con mi más sincero cariño, respeto y amor por haberme cuidado y dado la vida y por ser la fuente de inspiración para salir adelante, por haber cumplido con sus responsabilidades como padres para la culminación de mis estudios y por todo su amor demostrado en todo momento. GRACIAS.

A mis hermanos:

Jesús Cruz Contreras †

Hugo Cruz Contreras

Patricia Cruz Contreras

María Isabel Cruz Contreras

Ana Rosa Cruz Contreras

Maricarmen Cruz Contreras

Por todo el apoyo brindado y su cariño, los quiero mucho.

A mi esposa e hijo:

Marcela P. Fermín Zavala

Néstor Daniel Cruz Fermín

A ti Marcela por ser mi esposa, por todo tu amor, por tenerme paciencia, comprensión, sacrificios y por todo tu apoyo y por regalarme a mi hijo, TE AMO.

A ti Néstor Daniel por ser el mejor regalo que dios me mando y por iluminar mi vida con tu presencia, con todo mi amor les dedico esta tesis.

A mis amigos:

Arturo Pineda Muñiz, por tu amistad sincera, siempre serás mi amigo.

Luís Fernando por el apoyo en este trabajo, gracias por tu paciencia y ayuda.

Sergio, Kiko, Silvia, Gilberto, Samuel, Elvia, Armando, Krilin, Luis, Leocadio, Duran, Porras, Felicísimo, Oseas, Paúl, Alermo, Leonel, Javier, María Elena, Juan Carlos, Freddy, Bemfor, Cutberto, Fidel, Hipólito, Lupe, Pona, Salvador, Luis Antonio, Fabio.

En general a todos mis compañeros de la generación CII, gracias por su amistad y apoyo siempre los llevare en mi corazón.

A mis amigos de dormitorio y la vida diaria:

Soto, Sague, Marvin, Jose, Tavo, René, Pollo, Bolas, Dago, Leet, Carlos Ibarra, Chuy, Chente, Oscar, Barrabas, Jorge, Pascual, Victor, Cesar, Tío, Sapo, Chelo, Cando, Marroquín, Gollo anteles, Calero, Cuervo, Temo, Ricardo, Gato, Charal, Virgilio, Zempa, Piter, Aurelio, Ruben.

A todos ellos por haber sido parte de mi familia estos años, por su amistad y por todos los ratos agradables que pasamos juntos, gracias y siempre los tendré presente.

"Alguien dijo: siembra un árbol, ten un hijo, escribe un libro y se feliz, en toda mi vida he sembrado muchos arboles, ya tengo a mi angelito y e aquí mi libro."

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
AGRADECIMIENTOS-----	iii
DEDICATORIAS-----	iv
INDICE GENERAL-----	vi
INDICE DE CUADROS-----	x
INDICE DE FIGURAS-----	xi
RESUMEN-----	xii
INTRODUCCION-----	1
Justificación-----	3
Objetivos-----	3
Hipótesis-----	3
REVISION DE LITERATURA-----	4
Concepto, historia e importancia de la hidroponía-----	4
El forraje hidropónico-----	5
Definición de hierba hidropónica-----	5
Ventajas de la hidroponía-----	7
Desventajas de la hidroponía-----	9
Ventajas de la calidad del alimento-----	10
Variedades de alfalfa estudiadas-----	10
Atlixco-----	10
San miguelito-----	10
Valenciana-----	10
Descripción general de la planta-----	11
Morfología general-----	11
Raíz-----	11
Tallo-----	11
Hojas-----	11
Flores-----	12
Frutos-----	12
Semillas-----	12
Clasificación taxonómica de la alfalfa-----	12

Diferentes técnicas de cultivo en hidroponía-----	13
Cultivo en agua-----	13
Cultivo con flujo laminar de nutrientes (NFT)-----	13
Cultivo en grava-----	13
Cultivo en arena-----	14
Cultivo en aserrín-----	14
Cultivo en lana de roca-----	14
Cultivo en perlita-----	15
Cultivo en vermiculita-----	15
Cultivo con cascarilla de arroz-----	15
Cultivo en gravilla-----	16
Requerimientos de la planta-----	16
Agua-----	16
Luz -----	16
Ph-----	17
Temperatura-----	17
Oxigenación-----	17
Procedimiento para obtener forraje verde hidropónico-----	18
Limpieza y desinfección de la semilla-----	18
Pre germinación-----	19
Siembra-----	19
Diferentes tipos de riego-----	20
Riego localizado por goteo-----	20
Riego por aspersión-----	20
Riego por subirrigación-----	20
La solución nutritiva-----	21
Elementos necesarios que se ocupan en mayor cantidad-----	21
Elementos necesarios que se ocupan en menor cantidad-----	21
Formulas recomendadas-----	23
La cosecha-----	24
Fitosanidad del cultivo-----	25
Principales estados productores en México-----	28
Comparación con otros autores-----	29

Consumo por especie -----	33
Animales y efectos del uso de FVH en su alimentación-----	33
Ventajas de animales alimentados con FVH-----	34
Vacas lecheras-----	34
Caballos-----	35
Consumo por animales en kilogramos-----	35
Ganado lechero-----	35
Ganado de engorda-----	35
Conejos-----	36
Caprinos-----	36
Ovinos-----	36
Equinos-----	36
Cerdos-----	37
Aprovechamiento de la alfalfa-----	37
En verde-----	37
Ensilado-----	37
Henificado-----	37
Deshidratado-----	38
Acondicionamientos-----	38
Rollos compactados-----	39
Cubos de alfalfa-----	39
Pellets-----	40
Análisis Bromatológico-----	40
Alimento-----	40
Nutriente-----	40
Ración-----	41
Digestibilidad-----	41
Proteína Cruda-----	42
Extracto Etéreo-----	43
Cenizas-----	43
Fibra Cruda-----	43
Extracto Libre de Nitrógeno-----	43
Fibra Detergente Neutra-----	43

Fibra Detergente Acida-----	44
MATERIALES Y METODOS-----	45
Descripción del área de estudio-----	45
Pruebas de germinación de los materiales utilizados-----	45
Densidad de siembra-----	46
Características del invernadero-----	46
Preparación de la semilla-----	46
VARIABLES ANALIZADAS-----	47
Peso-----	47
Altura-----	47
VARIABLES REGISTRADAS-----	47
Gasto de agua-----	47
Temperatura-----	47
Diseño experimental-----	47
RESULTADOS Y DISCUSION-----	48
CONCLUSIONES-----	51
LITERATURA-----	52
APENDICE -----	56

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro 1.-	Valores deseables de cada elemento en la solución nutritiva ---	23
Cuadro 2.-	Diferencia entre hidroponía y Cultivo en tierra-----	26
Cuadro 3.-	Producción Agrícola en México-----	29
Cuadro 4.-	Características del FVH-----	30
Cuadro 5.-	Comparación de forrajes-----	30
Cuadro 6.-	Análisis proximal de la alfalfa-----	31
Cuadro 7.-	Análisis proximal de FVH-----	32
Cuadro 8.-	Variación de pesos promedio en kilogramos por animal en terneros bajo el uso de FVH-----	34
Cuadro 9.-	Análisis proximal y digestibilidad <i>in vitro</i> de las tres variedades estudiadas de alfalfa cultivadas en hidroponía-----	50

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Figura 1.-	Alfalfa en hidroponía-----	1
Figura 2.-	Charolas de producción-----	2
Figura 3.-	Forraje hidropónico-----	5
Figura 4.-	Producción de forraje verde hidropónico-----	6
Figura 5.-	Forraje de alta calidad nutritiva-----	8
Figura 6.-	Cosecha de forraje-----	25
Figura 7.-	Forraje listo para consumo animal-----	33
Figura 8.-	Forraje para análisis bromatológico-----	41
Figura 9.-	Alfombra de forraje-----	50

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar las propiedades bromatológicas y la digestibilidad *in vitro* de tres variedades de alfalfa cultivadas en hidroponía.

Para este trabajo se sembró la alfalfa en charolas de 30 cm. por 90 cm. con una densidad de 1.0 Kg. por charola, teniendo previamente todo el proceso de lavado, desinfección, limpieza y pruebas de germinación, que fueron para la Atlixco 66.8%, San Miguelito 67.0 % y Valenciana 67.6%.

Se aplicaron riegos en la mañana y en la tarde con una cantidad de 1 – 4 litros diarios.

Se registraron peso y altura los días 5, 10 y 15 de sembrado en cada charola y se observó la cantidad de semilla germinada de cada charola así como la pudrición de las mismas.

La altura obtenida para los materiales estudiados fue de 12.5 cm. para la variedad Atlixco, 12.3 cm. para la variedad San Miguelito y 12.0 cm. para la variedad Valenciana.

En cuanto al rendimiento en la producción de forraje se observaron rendimientos de, 8.51 Kg. para la variedad Atlixco, 7.90 Kg. para la variedad San Miguelito y 8.85 Kg. para la variedad Valenciana.

Posteriormente se realizó un análisis proximal y una prueba de digestibilidad *in vitro* de cada variedad.

Los resultados del análisis proximal arrojaron que la variedad San Miguelito obtuvo los valores más altos para MS 96.00%, FC 34.82%, FDA, 51.77% FDN, 7.46% Lignina y 26.11% Celulosa. La variedad Valenciana obtuvo los valores más altos en PC con 34.24% y Cenizas con 10.97%. Por último la variedad Atlixco con 7.62 % EE y 37.12 % ELN.

Para la digestibilidad de la materia seca fue mayor la variedad Valenciana con 58.29%, seguida de la variedad Atlixco con 56.46 % y por último la variedad San Miguelito con 50.94 %.

La digestibilidad de la materia orgánica fue mejor para la variedad San Miguelito con 97.30 %, seguida de la variedad Atlixco con 96.62 % y por último la variedad Valenciana con 96.29 %.

Los resultados productivos encontrados con estas variedades de alfalfa señalan que son buenas productoras de forraje en la técnica de hidroponía, ya que los nutrientes son aprovechados al máximo por el animal, como lo indican los resultados de la prueba de digestibilidad

Estos resultados permiten concluir que la técnica de la hidroponía permite tener mayor producción de forraje en poco espacio y todo el año sin importar las inclemencias del clima y tipo de suelo. Además la utilización por el animal es alta.

INTRODUCCION

Uno de los problemas fundamentales que impiden el desarrollo de la industria ganadera nacional es la escasez de forraje, esta se acentúa en las zonas áridas y semiáridas de México y el mundo. Estas representan el 52% de la superficie del territorio nacional.

La alfalfa se utiliza principalmente para la alimentación del ganado bovino productor de leche, de ovinos y caprinos, además se utiliza para la elaboración de alimentos concentrados incluidos en las dietas de aves, equinos, cerdos, conejos entre otros.

Medicago es el género mas estudiado de las leguminosas forrajeras y esta conformado por dos especies *Medicago sativa* y *Medicago falcata*, así como un grupo intermedio *Medicago media* o alfalfa variegada, que proviene del cruzamiento de estas dos especies.



Figura 1. Alfalfa en Hidroponía

El Forraje Verde Hidropónico (Fig. 1) es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales y leguminosas, como la cebada, alfalfa, trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

El proceso de producción del forraje verde hidropónico esta comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se requieren grandes extensiones de tierra, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento.

El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de cueros, vacas lecheras, caballos de paso y de carreras, ovinos, conejos, etc. y cualquier otro animal que requiera forraje (Rodríguez, 2003)

El Forraje Verde Hidropónico se produce en bandejas de plástico (Fig.2) colocados en estantes de fierro, en cada bandeja se coloca semilla de alfalfa (también se puede trabajar con avena, trigo y maíz) al cabo de 10 a 12 días cada kilo de semilla se habrá convertido en una masa forrajera de 6 a 8 kilos, consumible en su totalidad (raíces, tallos, hojas y restos de semillas) lo que constituye una fórmula completa de proteína, energía, vitaminas y minerales (Resh, 1997)



Figura 2. Charolas de Producción

Justificación

El valor nutritivo y la digestibilidad de la alfalfa (*medicago sativa*) es importante conocerlos y determinarlos para su utilización como fuente de alimento para el ganado, ya que permitirá aprovechar mejor sus nutrientes.

Objetivo

- Determinar el valor nutritivo y digestibilidad *In-vitro* de tres variedades de alfalfa (Atlixco, San Miguelito y Valenciana) en condiciones de hidroponía.

Hipótesis

- Existe diferencia en el valor nutritivo de cada una de las tres variedades de alfalfa estudiadas.
- Existe diferencia en la digestibilidad *In-vitro* de la MS y la MO en las tres variedades de alfalfa.
- Las tres variedades estudiadas se comportan igual nutricionalmente hablando.

REVISION DE LITERATURA

Concepto, historia e importancia de la hidroponía

El término “hidroponía” procede de las palabras griegas *hidros* (agua) y *ponos* (cultivo o labor) o puede ser el cultivo de plantas en soluciones acuosas, por lo general con algún sustrato como, arena, grava, etc.

Se tienen estudios que indican que desde hace más de 1,000 años se practicaba la hidroponía empíricamente en China y en la India.

Pero no sería sino hasta mediados del siglo XVII cuando, gracias a las investigaciones del francés A. de Lavoisier (que sentó las bases de la química moderna) se logró demostrar científicamente que las plantas pueden crecer y fructificar en una solución de nutrientes que contenga una mezcla bien determinada de sales (Samperio, 1997)

Se trata de un cultivo muy extendido en los países de clima templado, donde

la ganadería intensiva es la que ha demandado de forma regular los alimentos que ha tenido que proveer la industria, dando lugar al cultivo de la alfalfa, cuya finalidad es abastecer a la industria de forrajes.

La Importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte.

Por ser una especie pratense y perenne, su cultivo aporta elementos de interés como limitador y reductor de la erosión y de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación.



Figura 3. Forraje hidropónico

El forraje hidropónico

Fue creado para eliminarle al productor ganadero la dependencia y limitación que generan la pobreza de suelo y condiciones climatológicas adversas, tales como nieve, falta de lluvia, etc.; posibilitando que el ganadero cuente con un forraje verde en la cantidad deseada, de alta calidad y a un valor sustancialmente más económico que el forraje convencional; sustituyendo así los grandes espacios de terreno que son imprescindibles para obtener forraje, creando granjas competitivas de reducidas dimensiones y altas producciones en las zonas donde el suelo y el clima son adversos.

El forraje hidropónico (Fig. 3) aparte de ser un elemento vital para la creación y el desarrollo ganadero en zonas donde el suelo y el clima no son apropiados, también contribuye a reducir el éxodo rural.

Definición de hierba hidropónica

La hierba hidropónica, también se puede llamar forraje (de cereal), es un grupo de plantas herbáceas, obtenidas de granos de cereales y destinadas para alimentos de animales.

Esta hierba será utilizada como tal (sin modificación) por algunos animales como bovinos, ovinos, caprinos, conejos, camélidos, etc., o después de algunas modificaciones (picado, triturado y/o secado, etc.) para la producción de aves.

El termino hidropónico, significa que el cultivo de estas plantas se basa en el agua (cultivo en agua), en contraposición de geopónico, cultivo que tiene lugar en la tierra, la principal característica de la obtención de este alimento es la rapidez del cultivo.

El forraje verde hidropónico (FVH) (Fig. 4) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El producto final es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (Samperio, 1997)



Figura 4. Producción de FVH

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

La tecnología es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional

El FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de: corderos, cabras, terneros, vacas de ordeña, caballos de carrera; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante periodos de escasez de forraje verde. En la práctica, el sistema 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, sorgo y alfalfa. (<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/forraje.htm>).

Ventajas de la hidroponía

Mejora la salud del animal por los siguientes aspectos mejora la asimilación de la ración alimenticia, mayores efectos nutritivos y estimulantes. (Samperio, 1997)

Un alto contenido de vitaminas: B caroteno, vitamina B, vitamina C, vitamina B₁ y B₁₂

Estimula la actividad secretoria de la mucosa digestiva.

Influencia tónica de las funciones de reproducción: eleva la tasa de fecundidad y estimula la secreción láctea.

Influencia visible sobre el estado general del animal: mejora la resistencia a las condiciones climáticas, sensible reducción de gastos veterinarios

Costo: sustancialmente más económico que el forraje convencional.

No depende de los fenómenos meteorológicos.

Solución al problema de producción en zonas áridas o frías.

Mayor producción por unidad de superficie en un área pequeña, en comparación con los campos destinados para tal fin

Se requiere menos agua para su producción.

Las cantidades requeridas para la manutención de los animales se programan con facilidad.

Se puede producir todo el año.

Menor empleo de mano de obra.

Obtención de un forraje de alta calidad nutritiva, ya que suministra una proteína barata y de alta calidad.

De alto valor nutritivo superior a otros forrajes. El F.V.H. es un forraje de alta calidad superior a otros forrajes, el cual se suministra al ganado en forma completa (hojas, tallos, semillas y raíces) constituyendo una completa formula de carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y vitaminas. Su aspecto, sabor, color y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumenta la asimilación de otros alimentos (Fig. 5).



Figura 5. Forraje de Alta Calidad Nutritiva

Mazuelos (1996) en su trabajo encontró que se produce en reducido espacio por ejemplo en un invernadero con 480 bandejas, donde se logran producciones de 500 k/día, requiere un área total de 75 m², esto equivale a 182 500 Kg. de forraje fresco al año, si se compara esta área a la requerida para producir alfalfa en un campo agrícola y considerando un rendimiento de 60 000 Kg. /has de alfalfa al año.

Requiere poca agua. En un sistema de producción de F.V.H. el agua utilizada es recirculada bajo un sistema de riego automatizado, realizando riegos de solo 3 minutos diarios. Se estima que para producir, 1 Kg. de alfalfa, en campo abierto, se requiere de 300 litros de agua, y de 150 litros de agua para producir 1 Kg. de maíz forrajero, ya que las pérdidas se dan por percolación, escorrentía, evaporación y evapotranspiración. Mientras que para producir 1 Kg. de forraje verde hidropónico, se requiere solo 2 litros de agua (Rodríguez, 2001).

Tarrillo (1999) menciona que se logran mejoras muy significativas en alimentación, reproducción y sanidad animal. Las mejoras que se obtendrán con el uso del F.V.H. son: aumento en la producción de leche y mayor contenido de grasa y sólidos totales, rápida ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, reducción de días vacíos en vacas, menor incidencia de mastitis, menor retención de placenta, etc.

Todas la mejoras logradas por el F.V.H. se deben básicamente al alto contenido nutricional que posee, Sagi (1976) menciona que: este forraje contiene una cantidad de enzimas que lo hacen doblemente aprovechable, ya que evita un trabajo en el tracto digestivo del animal, además de estimular el sistema endocrino y aumentar la actividad metabólica, observándose un aumento en la fertilidad y de autodefensa contra enfermedades.

Desventajas de la hidroponía

Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica.

A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto.

Se requiere cuidado con los detalles.

Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.

Requiere de un abastecimiento continuo de agua.

Ventajas de la calidad del alimento

En cuanto a la calidad del forraje verde hidropónico (Rodríguez, 2003).este contiene todas las vitaminas libres y solubles, lo que las hace mas asimilables para los animales, y evita el gasto de suplementos alimenticios que se proporcionan al ganado lechero o de engorda

El uso del forraje verde hidropónico ha mostrado excelentes resultados en animales monogástricos y poligástricos, ya que estos animales consumen las primeras hojas verdes, los restos de las semillas y la zona radicular, todo lo cual constituye un alimento completo en carbohidratos, azucares y proteínas.

Con el consumo de FVH la insalivación es mucho más fácil puesto que la humedad del pasto facilita la masticación al animal, con lo que aumenta la digestibilidad y la asimilación de minerales que quedan como trazas en el colchón radicular. Así mismo, el FVH sirve de suero electrolítico, lo que evita la deshidratación del animal, haciéndolo mas productivo.

Al suministrar FVH en la dieta del animal, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos de origen vegetal.

Variedades de alfalfa

Atlixco: hábito erecto y arbustivo, a diferencia de otras variedades, esta es de mayor resistencia a bajas temperaturas; se viste desde la base del tallo y su color es verde claro. Su rendimiento supera a las variedades Americanas y casi siempre a la San Miguelito y Oaxaca. Su tallo es lleno, resistente a enfermedades del follaje y el suelo, y posee buena longevidad

San Miguelito: Es la mas diseminada de todas las variedades criollas, preferida por su rusticidad, resistente a la sequia y altos rendimientos de forraje.

Valenciana: Variedad española, esta variedad requiere terrenos profundos, bien fertilizados, así como las tierras limpias de malas hierbas y cultivos que le proporcionen buena aireación (Robles, 1985).

Descripción general de la planta

La alfalfa es una leguminosa herbácea perenne muy extendida. Sus flores pueden ser de varios tonos de púrpura o amarillas y hay algunos en que son blancas; se forman en racimos abiertos. Las vainas son retorcidas y tienen de una a cinco espirales. Cada vaina lleva varias semillas en forma arriñonada. Las hojas, dispuestas alternativamente sobre el tallo, son pinnadas y trifoliadas.

El sistema radicular tiene una raíz principal bien definida, que puede penetrar en el suelo hasta una profundidad de 7.5 a 9.0 metros. o más. Los tallos erectos, suelen alcanzar una altura de 60cm a 90 cm. Puede haber de 5 a 25 tallos o mas tallos por planta, que nacen de una corona leñosa (Hughes et al., 1984)

Morfología General (Barnes, 1969).

Es una planta herbácea perenne; su promedio de vida es de 5 a 7 años dependiendo la variedad y de los factores clima, agua y suelo

Raíz

La raíz de la alfalfa penetra más que la de ninguna otra herbácea cultivada. Las plantas nuevas desarrollan una raíz principal pivotante que penetra rápidamente, llegando a profundidades de 1.5 a 2.0 metros durante su primera estación de crecimiento.

Tallo

Tiene tallos herbáceos, erectos y muy ramificados, de 90cm a 60 cm. de altura.

Hojas

Las hojas son trifoliadas, de filotaxia alterna.

Flores

Estas son libres y pequeñas localizadas en densos racimos axilares.

Frutos

Al estar maduro es una vaina curvada de color café con 3 o 5 espirales, ligeramente pubescentes.

Semillas

Son muy pequeñas y aproximadamente ovaladas o de forma de riñón y combada en varias formas.

Clasificación taxonómica de la alfalfa (Cantú, 1989)

REINO _____ Vegetal

DIVISION _____ Tracheophita

SUBDIVISION _____ Pterosida

CLASE _____ Angiospermae

SUBCLASE _____ Dicotyledoneae

FAMILIA _____ Leguminosae

SUBFAMILIA _____ Papilionaceae

TRIBU _____ Trifoliada

GENERO _____ Medicago

ESPECIE _____ Sativa

Diferentes técnicas de cultivo en hidroponía

Cultivo en agua. Este es el autentico cultivo hidropónico. El cultivo en agua incluye también el cultivo aeropónico.

En los sistemas aeroponicos, las raíces de las plantas están suspendidas dentro de una cámara completamente oscura, en la cual se inyecta la solución de nutrientes periódicamente a través de toda ella, para de esta forma poder mantener el cien por ciento de la humedad relativa. En el cultivo en agua, las raíces de las plantas están suspendidas en un medio líquido (solución de nutrientes), mientras que a partir de la corona o cuello radicular, las plantas se mantienen en una cama muy fina de medio inerte.

Cultivo con flujo laminar de nutrientes (NFT)

El principio del sistema consiste en recircular continuamente la solución por una serie de canales de PVC de forma rectangular y de color blanco, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas sostenidas por pequeños vasos plásticos. Los canales están apoyados sobre mesas o caballetes, y tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución. Luego la solución es recolectada y almacenada en un tanque.

Cultivo en grava por subirrigacion

Casi todos los cultivos en grava utilizan un sistema de subirrigacion. Esto es, el agua se bombea en las bancadas y fluye algunas pulgadas por encima de la superficie, siguiendo la drenacion hacia el depósito de nutrientes. Este tipo de sistema suele denominarse “cerrado o reciclado”, puesto que la misma solución de nutrientes es utilizada en cada ciclo de bombeo durante un periodo de dos a seis semanas.

Después de éste periodo suele completarse la solución, o bien cambiarse por una nueva.

La frecuencia y duración de los ciclos de riego son muy importantes de cara al éxito del sistema. Cada ciclo de riego deberá proveer agua, nutrientes y aireación adecuada para las raíces de las plantas.

Cultivo en arena

Este fue el método hidropónico más comúnmente utilizado en zonas del mundo que tienen abundancia en arena, habiéndose adaptado particularmente bien a zonas desérticas como las existentes en el medio oriente y norte de África. Sin embargo actualmente los sistemas NFT y de cultivo en lana de roca están sustituyendo a los cultivos en arena, debido a su capacidad de recircular la solución nutritiva y poder controlar automáticamente la nutrición gracias al uso de ordenadores.

Cultivo en aserrín

Este medio es especialmente utilizado en las zonas que poseen una gran industria forestal, se utiliza por su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de virutas planas, suele ser el más adecuado, a causa de que la humedad se difunde lateralmente mejor con estos que con el aserrín grueso.

Se deben de tomar en cuenta la fuente de que proviene, para eliminar patógenos o bacterias que puedan dañar al cultivo.

Cultivo en lana de roca

La lana de roca es un material fibroso inerte obtenido por la mezcla de roca volcánica, caliza y coke (es una clase de carbón mineral).

Durante los últimos veinte años el cultivo en lana de roca se ha convertido en una de las técnicas principales para la producción de cultivos entutorados, especialmente en tomates y pepinos.

En la actualidad el cultivo en lana de roca es el cultivo hidropónico mas extensamente usado en el mundo, con mas de 2,000 ha (Resh, 2001)

Cultivo en perlita

Es un tipo de vidrio volcánico amorfo con un alto contenido de agua. Para que este medio sea utilizable en hidroponía, se calienta hasta 900°C donde el agua contenida en la estructura cristalina se libera y se obtiene la perlita comercialmente conocida como perlita expandida. Este tipo de perlita tiene muy buena capacidad para retener el agua, dejando también suficiente espacio como para que el aire circule. Es un medio ideal para hidroponía y por lo tanto su utilización es muy común. El tamaño de partícula también brinda un soporte ideal para plantas grandes. La razón por la que se limita su uso es por la necesidad de ser importada en varios casos (Resh, 1997)

Cultivo en vermiculita

Es una arcilla que se expande de manera limitada con el calor. Una vez ha sido expandida, provee las condiciones ideales para ser usada en hidroponía. Sin embargo, la vermiculita también posee una alta capacidad de intercambio catiónico por lo que es capaz de alterar la concentración de cationes en la solución nutritiva. Esto puede ser positivo o negativo, dependiendo tanto de la formulación hidropónica como de la planta (Rodríguez, 2003).

Cultivo con cascarilla de arroz

Sustrato orgánico procedente de la planta de arroz. Tiene la ventaja de no descomponerse muy rápido debido a su muy alto contenido de silicio. Sin embargo, posee una alta resistencia al mojado por lo que no retiene el agua con facilidad, esto es compensado por su increíble capacidad de proveer aire a la planta ya que drena el agua muy fácilmente. Una mezcla entre cascarilla de arroz y arena es ideal para el cultivo hidropónico, variando la proporción según sea necesario para la planta que se quiere cultivar. Es necesario regar la cascarilla de arroz con agua antes de colocar plantas pues esto puede ocasionar que germinen o fermenten semillas de arroz, lo cual puede aumentar dramáticamente la temperatura de la solución, es recomendable mantener la cascarilla de arroz en agua por lo menos un día antes de utilizarla (Resh, 1997).

Cultivo en gravilla

Se refiere a cualquier mineral o roca que se encuentre dividido en un tamaño de partícula más o menos entre 5mm y 2cm. La gravilla provee excelente aeración y drenaje pero mala retención de agua. Combinada con la arena también provee un medio ideal para el cultivo (<http://danielfp.blogspot.com>).

Requerimientos de la planta (Rodríguez, 2003).

Agua

Este líquido esencial aparte de ser requerido por los vasos del vegetal, es el vehículo de los elementos nutrientes (de los alimentos), que no se le pueden aportar en su estado natural como minerales, sino disueltos.

Luz

La luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logran llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción, cuando carecen de luz, las plantas se inclinan hacia la fuente que lo produce (fototropismo), luego los tallos se debilitan, las hojas palidecen y se tornan quebradizas, detienen su crecimiento y pueden morir.

Luz directa: es la energía que en forma de rayos solares cae directamente sobre la planta.

Luz indirecta: es cuando los rayos no llegan directamente a la planta, si no que solo llega la luminosidad que produce estos rayos, que pueden ser del sol o de una fuente artificial.

Luz filtrada: es aquella que llega a los cultivos a través de paredes traslúcidas. Cuando es a través de un vidrio. Este no permite el paso de los rayos ultravioleta, pero si el paso de los rayos infrarrojos, lo que produce una luz desbalanceada.

ph

Para el caso de la alfalfa su valor óptimo es de 6.5 a 7.5.

Temperatura

Es otro de los factores que inciden de forma definitiva en la vida de las plantas; aunque estas, según su clase y variedad, presentan diferentes requerimientos de calor.

Generalmente las plantas se desarrollan bien entre los 18 y los 24 grados centígrados. Las plantas resisten los cambios de temperatura solo si son mínimos: si estos son bruscos, puede dañarlos severamente

Las plantas producen todo el año cuando están a una temperatura de 18.0 a 31.0 grados centígrados.

20 grados es la temperatura óptima en los cultivos tradicionales, pero si se cultiva cualquiera de estas plantas según el método hidropónico, y se eleva la temperatura a 27 grados, el tiempo de germinación se reduce sorprendentemente hasta en cincuenta por ciento o menos (Samperio 1997).

Oxigenación

A través de esta se realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno, al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular.

Para su correcto funcionamiento las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporten los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario o podría morir (Schubert, 1981).

Procedimiento para obtener forraje verde hidropónico

Limpieza y desinfección de la semilla

La semilla debe estar en buen estado, no debe ser semilla certificada porque su costo le llevaría a la ruina económica, además la semilla no debe haber sido tratada químicamente, ni mucho menos con fungicidas. Debe tener el grado de madurez necesario, estar bien desarrolladas e íntegras, significando con esto, que se deben haber cosechado en el momento oportuno y no hayan sido objeto de ningún deterioro o ataque de plagas. Es importante que la semilla no sea demasiado vieja, ya que con el paso del tiempo va perdiendo vitalidad, la forma más fácil de saber la calidad de una semilla es sacar muestras de todos los sacos donde están las semillas, vaciar en un balde con agua las semillas, no deben de flotar lo único que debe de flotar son las pajillas o alguna semilla, si se ve que más del 95% de las semillas se mantiene sumergida es señal de una semilla de buena calidad, pero si se observa que flota más del 50% de las semillas es preferible descartarla ya que la germinación será mala, para ello hay que encontrar proveedores serios que acepten las condiciones de pago en su centro de crianza previa evaluación, aquel que venda semilla de buena calidad lo aceptará (Rodríguez, 2003).

Las soluciones para desinfectar la semilla pueden ser: Hipoclorito de sodio, en su versión comercial tiene una concentración de 4% a 8% y este se usa en una proporción de 1 mililitro de cloro por dos litros de agua.

Hidróxido de sodio (sosa común), con esta es suficiente medio gramo por cada litro de agua para una buena desinfección.

Hidróxido de calcio (cal), se utiliza en una proporción de 1.0 gramo por cada litro de agua.

Independientemente de la semilla y la sustancia que se use para desinfectar, pasados de 10 a 15 minutos se debe retirar todo el material que flote; basuras, lanas, cualquier tipo de impureza o las semillas que floten (Rodríguez 2001).

Pregerminación

Luego, se deben colocar las semillas en bolsas de tela que no sea impermeable y se deben colocar en remojo durante 12 horas, luego se deben dejar airear por 2 horas. Esto asegura que las semillas tengan suficiente oxígeno y humedad. Al terminar las 2 horas de estar al aire se deben colocar nuevamente en la bolsa y remojar 12 horas más para luego airearlas dos horas más.

- 12 horas de remojo (1litro de agua por kilo de semilla)
- 2 horas al aire
- 12 horas más de remojo
- 2 horas más al aire

Este proceso se llama pre-germinación y asegura la estimulación de la semilla a que germine de forma rápida y fuerte (Sánchez, 2001).

Siembra

Después de la pregerminación, se debe hacer la verdadera germinación, que se realiza en bandejas de plástico o en bandejas de fibra de vidrio o en lo que se quiera con tal que tenga amplia superficie, baja profundidad (10cm) y pueda almacenar agua.

Hay muchas técnicas de germinación de las semillas para el forraje verde hidropónico, pero la que más se ha comprobado que es efectiva es la siguiente:

- Se esparce una fina capa de semillas ya germinadas del mismo cereal que se va a sembrar (de 1.0 a 1.5 cm.).
- Sobre esta capa se agregan las semillas recién salidas del proceso de pre-germinación con una densidad de 2.4 a 3.4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1.5 cm. de altura en la bandeja.
- Se cubren con periódicos humedecidos.

- Se Tapa con plástico negro para proveer un ambiente sin luz que estimula a las plántulas a brotar (buscando luz por supuesto), además que así se ahorra agua
- Riego: 6-9 veces, con aspersores, nebulizadores etc. Nunca por inundación para no crear estrés hídrico ni bajar la disponibilidad de oxígeno de las raíces. Las plantas literalmente se pueden "ahogar". solo con agua.
- A medida que se riegan y crecen las plántulas se pasa de 0.5 litros por metro cuadrado aumentando progresivamente hasta 1.5 litros por metro dependiendo de la especie (Valdivia, 1997).

Diferentes tipos de riego

a) Riego localizado o por goteo

El riego localizado consiste en aplicar agua a cada maceta mediante un microtubo provisto de una salida de bajo caudal. Es uno de los métodos mas utilizados.

b) Riego por aspersión

En este sistema el agua es aportada a una cierta altura sobre el cultivo y cae sobre el follaje. Es un sistema que se ha utilizado mucho pero que actualmente está en recesión.

c) Riego por subirrigación

La subirrigación es una técnica de riego que consiste en suministrar el agua a la base de la maceta. Este aporte se realiza mediante el llenado de agua de una bandeja donde están colocadas las macetas. El llenado se puede realizar bien por elevación de la lámina de agua de la bandeja (Flujo-reflujo) o haciendo fluir agua por unos canalones (Morel, 1990). Es el método que se está implantando en los últimos tiempos.

Uno de los sistemas más ventajosos es el riego por goteo mediante el cual el agua es conducida hasta el pie de la planta por medio de mangueras y vertida con goteros que la deja salir con un caudal determinado. Mediante este sistema se aumenta la producción de los cultivos, se disminuyen los daños por salinidad, se acorta el período de crecimiento (cosechas más tempranas) y se mejoran las condiciones fitosanitarias.

En el riego por aspersión el agua es llevada a presión por medio de tuberías y emitida mediante aspersores que simulan la lluvia.

La solución nutritiva

En la producción de FVH la solución nutritiva es muy importante para una buena conversión de semilla a pasto, la planta desde que toma el color verde, necesita de minerales para completar sus procesos metabólicos.

Elementos necesarios que se ocupan en mayor cantidad (Samperio, 1997)

Nitrógeno: Interviene en la producción de la clorofila y el fitoplasma vegetal, para realizar la fotosíntesis y que fabriquen proteínas, hormonas, vitaminas y enzimas.

Potasio: Es el que origina la germinación, es importante para realizar el metabolismo y formar carbohidratos y mejora la calidad de los frutos.

Carbono: Ayuda en la formación de células en especial de las ramas y de las partes gruesas y vital para la formación de carbohidratos.

Fósforo: Interviene en el crecimiento y formación de las semillas, constituye a las nucleoproteínas, participa en la división celular.

Elementos necesarios que se ocupan en menor cantidad

Calcio: Contrarresta la acidez.

Magnesio: Constituye la clorofila.

Manganeso: Ayuda a las semillas a formar carbohidratos, activa las enzimas para la fotosíntesis y lleva acabo la respiración de las plantas.

Azufre: Interviene en la formación de proteínas aminoácidos, enzimas y vitaminas.

Cloro: Interviene en la osmosis del balance inorgánico de materiales y elementos en la fotosíntesis.

Sodio: Componente importante en la formación de las celdas de los tallos, permite a las hojas más tolerancia a la escasez de humedad.

Hierro: Su acción es definitiva para la formación de la planta, sin este no se produce clorofila.

Boro: Ayuda a la fijación del nitrógeno y para que el floema transporte los carbohidratos, influye en 16 funciones de la planta, entre ellas la floración, la germinación del polen y el crecimiento de los frutos.

Cobre: Actúa como vehículo del oxígeno y ayuda a la respiración de las plantas.

Zinc: Permite la fijación del nitrógeno en la planta y forma parte de sus enzimas y hormonas.

Molibdeno: Participa como portador de electrones en la conversión del nitrato de amonio.

Níquel: Se requiere para la formación de las enzimas y la germinación.

Cobalto: Requerido para la fijación del nitrógeno (Samperio, 1997).

Los animales requieren de compuestos orgánicos elaborados para su alimentación, a diferencia de las plantas, las cuales fabrican su alimento; esto lo desarrollan en las hojas, gracias a la luz y a las materias primas (minerales) que obtienen del suelo. Para que puedan realizar esta función, se necesita proporcionarles mediante el agua de riego.

Algunas formulas recomendadas son

Nitrato de Potasio: 15 gr.

Fosfato Monoamónico: 3.5 gr.

Nitrato de Calcio: 13.5 gr.

Sulfato de Calcio: 10 gr.

Sulfato de Magnesio: 6 gr.

Sulfato Ferroso: 1.0 gr.

Para 20 litros de agua.

No existe una "fórmula mágica", pues existen diversas combinaciones de sales para dar al cultivo los elementos necesarios que deben suministrarse de cada elemento para un crecimiento saludable. Como se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro 1. Valores Deseables de cada elemento en la Solución Nutritiva, ppm. (Douglas, 1976)

ELEMENTO	LIMITE (ppm)	OPTIMO (ppm)
Nitrógeno	150	250
Calcio	100	200
Magnesio	50	75
Fósforo	50	80
Potasio	100	300
Azufre	200	400
Cobre	0.1	0.5
Boro	0.5	1
Hierro	2	5
Manganeso	0.5	2
Molibdeno	0.01	0.02
Zinc	0.5	0.5

Nota: Una ppm equivale a un miligramo disuelto en un litro de agua, (o 1 g en 1000 L).

Del cuadro anterior (cuadro 1) también se puede observar que las concentraciones de microelementos son muy pequeñas y, como regla general, se pueden considerar incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macroelementos. A excepción del Hierro, solo se añaden a la solución cuando existe necesidad.

Es importante considerar que las concentraciones de los elementos en la solución cambian en función de varios factores, como son: la parte de la planta que se recolecta, la edad y la especie de planta, la luminosidad y el clima.

Ciertamente para obtener los mejores resultados se debe ajustar la solución nutriente durante el ciclo de crecimiento, y este ajuste es diferente para cada cultivo en particular. Las plantas de hoja comestible generalmente emplean más Nitrógeno; las de raíz necesitan más Potasio y las de frutos deben mantener niveles relativamente bajos de Nitrógeno (www.hidroponiaparaempezar.com).

La cosecha

Menciona Rodríguez (2003), que es la culminación del proceso, una vez que las plántulas han alcanzado una altura de 14cm a 18 cm. se habrá formado una alfombra de pasto verde con un colchón radicular blanco y consistente, esta alfombra se desprende y estará listo para dárselo al animal. Cuando se trata de ganado bovino de preferencia se le da picado y revuelto con los demás ingredientes de la dieta, a las especies menores se les puede ofrecer directo todo el germinado. (Fig. 6)



Figura 6. Cosecha de Forraje

Cada planta y variedad conservan una relación diferente entre el tamaño y el porcentaje de proteína. De acuerdo con el tipo de semilla que se decida utilizar, habrá de hacerse los análisis respectivos para configurar la manera mas adecuada de la dieta del ganado. Este trabajo se reflejará en un menor costo en la alimentación y dará como ventaja una mejor calidad de esta.

Fitosanidad del cultivo

La sanidad, en cualquier tipo de cultivo, puede ser la diferencia entre el éxito o el fracaso. Aun cuando el cultivo de forraje verde hidropónico, por el corto tiempo de producción no es tan susceptible al ataque de plagas, se deben de tener precauciones para evitar problemas de putrefacción. Como se muestra en el (cuadro 2).

- Es preciso mantener limpia el área de trabajo y evitar encharcamientos y derrames de agua.

- Antes de resembrar es recomendable aspersar los contenedores con productos comerciales hechos a base de oxido de cloruro de cobre y azufre elemental, en porciones de un gramo por litro de agua.

Cuadro 2. Diferencia entre hidroponía y cultivo en tierra, (Sánchez y Col. 1988.)

Cultivo en tierra	Cultivo en hidroponía
Numero de Plantas	
Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y la disponibilidad de la luz.	Limitado por la iluminación; así es posible una mayor densidad de plantas iguales, lo que resulta en mayor cosecha por unidad de superficie.
Preparación del Suelo	
Barbecho, rastreo, surcado.	No existe preparación del suelo.
Control de Malas Hierbas	
Gasto en el uso de herbicidas y labores culturales.	No existen y por lo tanto no hay gastos al respecto.
Enfermedades y Parásitos del Suelo	
Gran número de enfermedades del suelo por nematodos, insectos y otros organismos que podrían dañar la cosecha. Es necesaria la rotación de cultivos para evitar daños.	Existen en menor cantidad las enfermedades pues prácticamente no hay insectos u otros animales en el medio de cultivo. Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
Agua	
Las plantas se ven sujetas a menudo a trastornos debidos a una pobre relación agua-suelo, a la estructura del mismo y a una capacidad de retención baja. Las aguas salinas no pueden ser utilizadas, y el uso del agua es poco eficiente tanto por la percolación como por una alta evaporación en la superficie del suelo.	No existe stress hídrico; se puede automatizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control automático de riego. Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, y el apropiado empleo del agua reduce las pérdidas por evaporación y se evita la percolación.

Cuadro 2. Continuación.

Fertilizantes	
Se aplican a boleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y presentando además considerables pérdidas por lavado, la cual alcanza en ocasiones desde un 50% a un 80%.	Se utilizan pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces; además existe poca pérdida por lavado.
Nutrición	
Muy variable; pueden aparecer deficiencias localizadas. A veces los nutrientes no son utilizados por las plantas debido a una mala estructura del terreno o a un pH inadecuado, del cual hay dificultad para muestreo y ajuste.	Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
Desbalance de Nutrientes	
Una deficiencia nutricional o el efecto tóxico de algunos elementos en exceso pueden durar meses o años.	Este problema se soluciona en unos cuantos días.
Calidad del Fruto	
A menudo existe deficiencia de Calcio y Potasio, lo que da lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a pesar de ello, a zonas distantes. Algunos ensayos han mostrado un mayor contenido de vitamina A en los jitomates cultivados bajo técnicas hidropónicas, respecto a los cultivados en tierra.

Cuadro 2. Continuación.

Esterilización del Medio	
Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo, proceso largo al menos dos o tres semanas.	Vapor, fumigantes químicos con algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto.
Costo de Producción	
Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.	Todas las labores pueden automatizarse, con la consiguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.
Sustratos	
Tierra.	Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
Mano de Obra	
Necesariamente se debe contar con conocimientos, o asesoría.	No se necesita, a pequeña escala, mano de obra calificada.

Principales estados productores de alfalfa en México

En México la alfalfa se introdujo durante la conquista española en el centro del país, de donde se extendió a los estados de Hidalgo, Puebla, Estado de México, Guanajuato, Jalisco y Michoacán. Actualmente la alfalfa se cultiva desde el norte hasta algunas partes altas en el sureste del país. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción Agrícola de alfalfa por Estado, (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, SIACON, 2004).

Estado	Superficie sembrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Baja California	25,517.00	1,931,036.00	75.676
Coahuila	24,298.50	1,557,509.69	65.446
Durango	22,737.75	1,809,184.05	80.642
Guanajuato	54,787.44	3,171,924.72	58.160
Hidalgo	43,032.50	4,480,537.00	104.120
México	11,770.25	919,677.53	79.281
Puebla	16,608.00	1,024,226.00	61.671
Zacatecas	8,735.71	572,075.50	66.472
Jalisco	8,043.75	614,545.88	76.400
Aguascalientes	7,500.00	705,614.10	94.082
Querétaro	7,025	496,713.00	71.326
Oaxaca	5,561.00	421,175.06	75.737
Michoacán	4,685.09	244,492.40	52.216
Tlaxcala	3,524.00	233,402.80	66.232

Comparaciones de resultados con otros autores

Si bien es cierto que la calidad nutritiva de los diferentes forrajes cambia de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo, en el medio ganadero se conoce a la alfalfa como la reina de las forrajeras. Lo anterior por la calidad de sus nutrientes, sobre todo en cuanto al contenido de proteínas (Cuadro 4).

Es por esto que se presentan los valores de este forraje en relación a los encontrados en forraje verde hidropónico a partir de diferentes semillas (Cuadro 6), aquí es conveniente recordar que el más alto costo de una ración siempre está dado por el componente que aporta el mayor contenido de proteínas y en este caso el FVH constituye una proteína de bajo costo por lo que la ración resultará más económica y además el animal la come con gusto (Cuadro 5). Cabe destacar también que el FVH cuenta con una buena cantidad de vitamina E y valores altos de vitamina A.

Cuadro 4. Características del FVH de maíz forrajero y alfalfa, (Sánchez y Col. 1988)

Tipo de Forraje	Rendimiento (ton/ha/año)	Carga animal vacas/ha
Alfalfa	60	4.5
Maíz Forrajero	180	12.0
Alfalfa + FVH	90	6.8
Maíz F. + FVH	260	18.0

Cuadro 5.- Comparación de características nutritivas de forrajes, (Tarrillo, 1999)

	F.V.H.	Alfalfa	Maíz Chala
Proteína %	19.4	18.4	8.8
Energía TND %	75	60	70
Grasa %	3.15	2.14	1.9
Digestibilidad %	90	65	60

Cuadro 6. Análisis proximal de alfalfa (Valdivia, 1997)

Parámetro	Valor
Digestibilidad MO (%)	80 – 92
Digestibilidad MS (%)	45-60
Materia seca (%)	12 – 20
Proteína Cruda (%)	13 – 20
Fibra Cruda (%)	12 – 25
Grasa (%)	2.8 - 3.5
ELN. (%)	46 – 67
FDA. (%)	34-36
FDN. (%)	47-51
Cenizas. (%)	4-8
NDT. (%)	65 – 85
Vitamina A (UI/Kg)	25.1
Vitamina E (UI/Kg)	26.3
Vitamina C (mg/Kg)	45.1 – 154
Calcio (%)	0.11
Fósforo (%)	0.30
PH	6.0 - 6.5
Palatabilidad	Excelente

Por otro lado, en relación al contenido proteico, de grasa, carbohidratos y NDT, el forraje verde hidropónico tiene un alto valor, lo cual demuestra que este alimento fresco constituye una completa fórmula de proteína, energía y vitaminas altamente asimilables para los animales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis proximal de FVH, Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. (Departamento de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina, 1998.)

Análisis	Raíces	Tallos	Hojas	Total
Peso Fresco (%)	80.25	8.92	10.83	100
Humedad (%)	82.03	91.87	90.42	83.82
Proteína cruda (%)	12.19	27.18	35.28	16.02
Grasa (%)	5.68	4.55	3.76	5.37
Fibra (%)	10.29	26.32	21.50	12.94
ELN (%)	69.28	36.78	34.66	62.63
NDT (%)	84.03	61.29	76.26	80.91

Animales y Efectos del uso de forraje verde hidropónico en su alimentación

El FVH (Fig.7) ha sido utilizado en una buena diversidad de animales, y su principal carencia estriba en la materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no sólo son fácil de encontrar, sino que también son baratos.

A continuación se enumeran una serie de casos exitosos derivados de la alimentación de diferentes tipos de animales con FVH.

La literatura menciona que no sólo los rumiantes (Cuadro 8). (Bovinos, caprinos y ovinos) pueden ser alimentados con FVH sino que también cerdos, gallinas caballos y pavos. Una unidad de 500 charolas puede producir 140 toneladas de FVH al año, se registraron ganancias en el peso vivo de terneros de 0.623 Kg/día reemplazando el concentrado por un 50% de FVH obtenido a partir de semillas de avena.

La sustitución de un 30% a 75% del concentrado utilizando FVH a partir de semillas de cebada para alimentar conejos, alcanzó un peso de alrededor de 2.1 a 2.3 Kg en 72 días que es lo usual utilizando solo alimento concentrado, y bajando de esta manera considerablemente los costos de alimentación (Tarrillo, 1999).



Figura 7. Forraje Listo para consumo Animal

Cuadro 8. Variación de peso promedio en Kg. por animal en terneros bajo el uso de FVH. (Pérez 1987)

Semanas	Porcentaje de FVH utilizado		
	0	50	100
1 – 3	0.441	0.512	0.318
4 – 6	0.642	0.655	0.449
7 – 9	0.726	0.769	0.659
Promedio	0.603	0.623	0.475

En los resultados reportados, destacan incrementos mayores de 1.4 Kg. de peso diario en ganado vacuno de carne, con 7-8 Kg. de FVH y 7 Kg. de concentrados. Además se mejora la asimilación del concentrado, bajan costos y disminuye el tiempo de engorda.

En el ganado lechero, además de bajar costos logró incrementar la producción lechera en un 7.2% en vacas con una producción mayor de 28 Lts leche / día, y en vacas de baja producción 14 Lts leche/día, el incremento ha sido muy considerable y se elevó hasta un 53%.(Pérez, 1987).

Ventajas de animales alimentados con FVH (Rodríguez, 2003).

Vacas lecheras

Mejora la condición corporal del animal.

Reducción de los días vacíos.

Menor incidencia de mastitis.

Menor presencia de retención de placenta.

Reducción del estrés calórico.

Aumenta la producción de leche de 10 a 23.7 %
Aumenta la grasa de la leche de 13.4 a 15.2 %
Aumenta la fertilidad por su alto contenido en vitamina E.
Mejora la salud del animal
Aumenta la producción de carne
Aumenta la carga animal por hectárea (considerando un consumo de forraje por vaca de 36 kg/día)

Caballos

Rápida ganancia de peso.
Mejora el brillo del pelaje de los animales.
Mejora el temperamento de los animales.
Puede reemplazar al 100 % el uso de concentrados.
Reducción significativa en los costos de alimentación

Consumo por animales en kilogramos

Ganado Lechero

Baja Producción: 15kg de fvh
Mediana Producción: 20kg de fvh
Alta Producción: 22kg de fvh
Vacas con una producción de 30litros día

Ganado de Engorda

Levante: 13kg de fvh
Engorde: 17kg de fvh

Conejos

Gestación: 402gr de fvh

Lactación 6 gazapos: 546gr de fvh

Inicio gazapo: 50gr de fvh

Carne 30 días: 120gr de fvh

Carne 50 días: 180gr de fvh

Carne 70 días: 250gr de fvh

Carne 100 días: 380gr de fvh

Caprinos

Cabras: 1.5kg de fvh

Lactación: 2.5kg de fvh

Lecheras: 3.5kg de fvh

Carne: 2.0kg de fvh

Ovinos

Ovejas Gestación 50kg: 2.5kg de fvh

Lactación 1 cordero: 3.5kg de fvh

Lactación 2 cordero: 4.0kg de fvh

Carne: 3.0kg de fvh

Cordero: 1.0kg de fvh

Carnero: 2.5kg de fvh

Equinos

Potrillos 4Kg de fvh

Potros 8Kg de fvh

Potrancas 4Kg de fvh

Yeguas vacías 8Kg de fvh

Gestación (1-8 meses) 4Kg de fvh

Gestación (9-11 meses) 4Kg de fvh

Cerdos

Reproductores 4kg de fvh

Lactantes 2kg de fvh

Gestantes 3kg de fvh

Aprovechamiento de la alfalfa

En verde

La alfalfa en verde constituye una excelente forma de utilización por su buena calidad e ingestibilidad, pero conlleva gastos importantes tanto en mecanización como en mano de obra. Al contrario sucede con el pastoreo directo, pues constituye la forma más económica de aprovechamiento de una pradera, junto al pastoreo rotacional.

Ensilado

Es un método de conservación de forrajes por medios biológicos, siendo muy adecuado en regiones húmedas, cuya principal ventaja es la reducción de pérdidas tanto en siega como en almacenamiento. La posibilidad de ensilar la alfalfa facilita la conservación de los primeros y últimos cortes (realizados durante la primavera y a principios de otoño), los cuales son más difíciles de henificar, ya que la probabilidad de lluvias durante este periodo se incrementa.

Para conseguir un ensilado de calidad, el forraje debe contener un elevado porcentaje en materia seca (30-40%), debiendo estar bien troceado para conseguir un buen apisonamiento en el silo.

Henificado

El uso de la alfalfa como heno es característico de regiones con elevadas horas de radiación solar, escasas precipitaciones y elevadas temperaturas durante el periodo productivo, el proceso de henificado implica cambios físicos, químicos y microbiológicos que producen alteraciones en la digestibilidad de la materia orgánica del forraje respecto al forraje verde.

El proceso de henificación debe conservar el mayor número de hojas posible, pues la pérdida de las mismas supone una disminución en calidad, ya que las hojas son las partes más digestibles y como consecuencia se reduce el valor nutritivo de los germinados de los cultivos.

El periodo de secado depende de la duración de las condiciones climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento), de la relación hoja/tallo (es más lento a mayor proporción de tallos) y del rendimiento (el incremento del rendimiento por hectárea aumenta la cantidad de agua a evaporar).

Deshidratado

Es un proceso que consiste en la recolección del forraje verde, su acondicionamiento mecánico y el secado mediante ventilación forzada. La alfalfa deshidratada incrementa la calidad del forraje, economía del transporte y almacenamiento, permaneciendo sus características nutritivas casi intactas. (<http://www.infoagro.com>)

Acondicionamiento

La alfalfa puede presentarse en forma de rollos compactados, cubos o pellets. En los dos primeros la incidencia del flete es tan importante que hace casi prohibida la comercialización de estos productos. La alfalfa tiene mucho volumen y poco peso específico, por lo que llena enseguida los contenedores.

Un rollo pesa más de 700 Kg pero es antieconómica para el transporte de largo recorrido. Por otra parte, 3000 rollos de 25 Kg. llenan un contenedor con tan solo 12 toneladas, pero el costo del flete sigue siendo una limitante.

Para enviar el producto a largas distancias, ya sea en el país a para exportar se utilizan técnicas de compactación. Para esto se puede optar por la elaboración de tres productos cuya materia prima principal es la misma:

- a) Rollos compactados
- b) Cubos de alfalfa
- c) Pellets

Rollos compactados La posibilidad de compactar la alfalfa abrió un nuevo mercado a la exportación de productos, y hoy el nutritivo pasto que abunda en las planicies alimenta, entre otros, a los caballos de carrera en los hipódromos.

Desde hace varios años se vende este tipo de producto, que se puede compactar y duplicar la cantidad de kilos en un contenedor, y hoy se envían 22 toneladas por contenedor.

Al compactarla, se le brinda valor agregado a la alfalfa, compactando los rollos, cargando mayor peso por volumen y abaratando sensiblemente los costos de flete tanto terrestre como marítimo.

Otro punto importante a considerar es la maquinaria que se requiere para este proceso

Cubos de alfalfa Otra de las opciones de comercialización es la alfalfa en cubo. Para la elaboración del cubo, la alfalfa sufre un proceso de picado anterior a la deshidratación, obteniéndose un producto con una fibra de 3 cm de longitud.

Los cubos son pequeños prismas rectangulares de 96 cm. cúbicos, compuestos por alfalfa picada y deshidratada, utilizado en la alimentación de distintas especies animales.

El cubo posee una fibra larga que tiene mayores virtudes que los cubos más pequeños, o los pellets.

Una instalación permite procesar hasta 150 toneladas por día. Esto representa una capacidad anual de 45.000 toneladas. Para acceder a esta producción se requieren insumos por 51.750 toneladas. Estos cubos pueden ser vendidos a granel o envasados en bolsas de distintos pesos.

Si se desea una producción diaria de 150 toneladas de cubos, se requerirá un abastecimiento de 6000 rollos de 25 Kg. aproximadamente.

Es muy importante considerar si la materia prima para la elaboración de productos derivados de la alfalfa, provendrá de campos propios, o de compra del insumo a terceros. En el primer caso se debe considerar los gastos de siembra, cuidados y cosecha. Un rendimiento medio puede estimarse en 12 toneladas de materia seca por hectárea por año. Las variaciones de la cosecha varían enormemente en función de la zona de producción y el tipo de semilla y manejo utilizados. Este factor es fundamental por que se pueden obtener rangos tan grandes como: 7 toneladas de materia seca por hectárea por año, hasta 18 toneladas de materia seca por hectárea por año.

Pero como se mencionara anteriormente, una producción de 51.750 toneladas de alfalfa sirven para la elaboración de 45.000 toneladas de cubos.

Pellets Finalmente la alfalfa puede presentarse en forma de gránulos (o pellets). El proceso es muy similar al anterior y los costos son equiparables. Este tipo de producto se usa fundamentalmente para pequeños rumiantes y cerdos. En bovinos y equinos no es recomendable como reemplazo total de la dieta ya que tiene fibras muy cortas, que dificultan la digestión de los animales.

Por todo lo anterior se puede ver que el negocio de la alfalfa tiene grandes ventajas. Por un lado la falta casi total de oferta garantiza la venta de los productos en el mercado. Por otro lado más allá del mercado interno, son productos que actualmente se están demandando en países como Estados Unidos, Europa o Asia. Este es un negocio rentable, y es el momento de realizarlo. (<http://www.hidroponiagcaconsultora.com>).

Análisis bromatológico

Alimento. Toda sustancia capaz de aportar nutrientes.

Nutriente. Compuesto que cubre requerimientos específicos del animal y que se metaboliza con el fin de proveer energía y generar estructuras (óseas, musculares) y/o secreciones (leche). Ej.: Carbohidratos (estructurales y no estructurales), Lípidos, Proteínas, Minerales y Vitaminas.

Ración. Cantidad de alimento suministrada al animal, generalmente para un día.

Digestibilidad. Es la capacidad que tiene un animal de degradar una materia prima y hacerla asimilable al organismo. Sencillamente es lo que el animal aprovecha de lo que consume. Como el alimento de la (Fig. 8).



Figura 8. Forraje para Análisis Bromatológico

$$\text{Dig} = \frac{\text{Nutriente o MS ingerida} - \text{Nutriente o MS en heces}}{\text{Nutriente o MS ingerida}} \times 100$$

Los factores que afectan la digestibilidad son:

- Composición de la dieta.
- Composición de la ración.
- Preparación del alimento.
- Velocidad de paso.
- Mejoramiento genético.
- Origen del alimento.
- Factor animal.

La digestibilidad se puede determinar: *in vivo* (animal), *in Vitro* (laboratorio).
O *in situ* (en un lugar específico de la anatomía del animal), (McDonald et al., 1975).

Juscafresa (1983) comenta que, no todas las especies forrajeras ofrecen un forraje igualmente digestible, sino depende de la especie, estado de desarrollo de la planta etc. Ingerido el forraje por el animal en el proceso digestivo y antes de ser asimilado, sufre ciertas modificaciones en las cuales juega un papel importante los agentes químicos y biológicos que lo solubilizan, Cantú (1989) de suministrar al animal un forraje tierno y en estado verde, debido a su elevado grado de digestibilidad, la parte digerida será muy elevada y de un alto valor nutritivo y los excrementos evacuados por el animal serán de volumen muy reducido

Cuanto mas digestible es un forraje, menos necesidad tendrá el animal de completar su ración a base de otros alimentos mas concentrados, y sus requerimientos alimenticios indispensables serán mayores si la explotación esta basada en el trabajo, en la producción de carnes o leche ya que por consumir en tales casos un mayor numero de calorías que no pueden aportar los forrajes aunque sean deshidratados, el animal sufrirá de carencias, traducidas en enfermedades y mermas (Besse 1977).

Sosa (1974) menciona que estas pruebas de laboratorio han tenido una gran aceptación porque se han encontrado correlaciones positivas con la digestibilidad *in vivo*, superiores a 0.90, por otra parte son menos costosas y menos tiempo que las pruebas realizadas *in vivo*. Pero solo es una estimación de la digestibilidad de un alimento.

Proteína Cruda (PC) Se define como $N \text{ Kjeldahl} \times 6,25$, que deriva del hecho de que las proteínas, en promedio, contienen un 16% de N ($100/16=6,25$). En el caso de la leche y la caseína se utiliza 6,39 y para la harina de trigo 5,75

En esta fracción se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) como aa libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc. NO_3^- y NO_2^- también son NNP pero no se detectan por Kjeldahl (Hughes, 1976).

Extracto Etéreo (EE). Es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A, D, E, K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realiza mediante un extractor denominado Soxhlet (Church y Pond, 2000)

Cenizas Es el residuo inorgánico que resulta de incinerar el alimento a 550° . Lo que se combustiona es la MO, de modo que $\text{MS} = \text{MO} + \text{cenizas}$. Esta fracción contiene los minerales y la sílice (Ramírez, 2003)

Fibra Cruda (FC) Pretende ser un estimador de los CHO's estructurales. Se determina mediante la extracción con éter y con hidrólisis con ácido sulfúrico e hidróxido de Na, pretendiendo simular una digestión ácida (estómago) y una alcalina (intestino), por lo cual representaría la fracción indigestible de los CHO's. Sin embargo, no tiene en cuenta la capacidad de los M.O. para digerir CHO's estructurales. Parte de la celulosa, hemicelulosa y lignina es disuelta y algunos compuestos nitrogenados quedan en el residuo. A pesar de la imprecisión con la cual estima el contenido de CH estructurales, a mayor FB menor digestibilidad (Minson, 1990).

Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) 100 - la suma de las 4 fracciones antes mencionadas. Esto implica que su determinación arrastra los errores cometidos en la determinación de las otras fracciones. ELN pretende ser un estimador de la suma de almidón, azúcares solubles y otros compuestos todos digestibles para el animal, aunque incluye celulosa, hemicelulosa y lignina.

Fibra Detergente Neutra. Las muestras se hierven durante una hora en una solución que contiene principalmente laurisulfato sódico. Este detergente extrae lípidos, ácidos orgánicos y otros materiales hidrosolubles; pectina (de manera común considerada como un carbohidrato fibroso) (Cullison, 1983)

Este material contiene los principales componentes de la pared celular como la celulosa, hemicelulosa y lignina. También es posible que contenga componentes secundarios de la pared celular entre otros, algunas proteínas, minerales y cutina.

Fibra Detergente Acida. En esta técnica las muestras se hierven por una hora en una solución que contiene bromuro de cetiltrimetilamonio con H_2SO_4 . Los componentes solubles en detergente ácido incluyen fundamentalmente hemicelulosas, proteínas de la pared celular, y el residuo incluye celulosa, lignina y nitrógeno combinado con esta (N indigerible), sílice y algunas pectinas (Church y Pond, 2000)

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la U.A.A.A.N, se ubica geográficamente en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a: 25° 21' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, a una altura de 1,743 m.s.n.m., y una temperatura media anual de 18.18°C, (Cartografía de los Municipios De l Estado de Coahuila 1988)

Se llevo acabo el análisis proximal de acuerdo a lo descrito por la A.O.A.C. (1980) y la digestibilidad in vitro de las tres variedades de alfalfa, Valenciana, Atlixco y San Miguelito, de acuerdo a la técnica de Barnes (1969)

Pruebas de germinación de los materiales utilizados

Se realizaron pruebas de germinación a cada una de las variedades utilizadas. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, de acuerdo a la metodología descrita por la Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas (1949).

Para las pruebas de germinación se utilizaron 300 semillas para cada variedad, un total de (900 semillas) de las cuales se hicieron tres repeticiones de cien semillas cada una, se humedeció el papel sustrato (sanita) en agua, colocando dos toallas para germinación una encima de otra dentro de las cajas petri, se pusieron las semillas en toda la caja y posteriormente se taparon las cajas y se identificaron.

Las repeticiones se prepararon del mismo modo y se pasaron a una cámara germinadora con una temperatura constante de 25°C, verificándose diariamente la humedad y proporcionándola cuando esta fuera necesaria, se realizaron los conteos los días 3, 5 y 7 de germinación.

Densidad de Siembra

Se utilizó una densidad de siembra de 1Kg. para cada uno de las variedades utilizadas en charolas de 0.90 m de largo por 0.30 m de ancho, con un área de 0.27 m², equivalente a una densidad de siembra por hectárea de 37.037 ton/ha.

Características del Invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento es de tipo semicircular, 9.15 m de frente por 30.5 m de largo y 4.5 m de alto. Cubierta de acrílico TR12 color blanco lechoso que durante el experimento contó con una intensidad de luz del 85%. Cuenta también con dos extractores, pila de enfriamiento, termostato y camas de siembra.

Preparación de la semilla

Se vertió agua hasta que se cubrió completamente la semilla. Se dejaron remojando las semillas de cada bolsa de las tres variedades durante 1 hora con una solución de hipoclorito de sodio al 0.01% para desinfectarla, después se tiró esa solución y posteriormente se lavaron las semillas y se dejaron en reposo en agua limpia durante 24 horas para seguir con el proceso de inbibición.

Las charolas que se utilizaron se colocaron sobre una estantería de fierro, hecha de ángulo de $\frac{3}{4}$ “.

El material que se utilizó para realizar el riego fue una simple y sencilla regadera de mano, para poder contabilizar el gasto de agua diario por charola y por cuestión de economía.

La cantidad suministrada y la temperatura se mantuvieron óptimas y constantes desde el inicio por lo que se observó ganancia de peso y rápido crecimiento del forraje desde el inicio.

Se registró la altura, el aumento de peso diario de cada charola y la temperatura dentro del invernadero, se extrajeron muestras de cada variedad los días 5, 10 y 13 después del inicio del experimento para hacer los análisis bromatológicos y las pruebas de digestibilidad In-situ.

Variables Analizadas.

Peso. En esta variable se consideró el peso diario fresco que se obtuvo de cada charola en kilogramos.

Altura. Se tomó del día 5 al día 13, estas se tomaron de la base de la plántula al ápice, utilizando una regla graduada.

Variables Registradas

Gasto de Agua.

En esta variable se consideró la cantidad de agua regada por medio de la regadera durante todos los días, la cual se regó por las mañanas, al medio día y en la tarde, menos el agua recuperada al final de los riegos.

Temperatura.

La temperatura promedio por día se mantuvo entre los 20 y 23°C favoreciendo así el crecimiento y aumento de peso de la alfalfa

Diseño experimental

Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones para cada variedad. Además se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0.01$), usando los programas estadísticos MINITAB 14.0 y JMP versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el (Cuadro9) se presentan los resultados del análisis proximal de las tres variedades analizadas. Es conveniente señalar que no se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en los parámetros del análisis proximal evaluados entre las tres variedades estudiadas, excepto para el contenido de materia seca.

Materia Seca: hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) y se obtuvo que la variedad San Miguelito superó con 1.05% a la variedad Valenciana, no existiendo diferencias ($P < 0.05$) entre la Atlixco, la Valenciana y San Miguelito. El contenido de materia seca obtenido es superior al obtenido por Valdivia (1997)

Proteína Cruda: Se encontraron valores de 32.96% a 34.24%, sin encontrar diferencia ($P < 0.05$) entre las tres variedades, superando los resultados mencionados por la Universidad La Molina (1996), de 16.2%, y de Caballo (2000) de 12.2%, también superando los valores de 18.4% que menciona Tarrillo (1999).

Fibra Cruda: Los valores obtenidos fluctuaron un rango de 13.45% a 17.59%, las tres variedades fueron iguales ($P < 0.05$), sin embargo superaron los valores de 12.94% citados por la Universidad La Molina 1996 y los valores de 8.87%, citados por Caballo (2000).

Extracto Etéreo: Los resultados fueron entre 6.45% y 7.62%, resultando iguales las tres variedades ($P < 0.05$), superando los datos citados por Valdivia (1997) de 2.8% a 3.5% y 5.37% citados por Universidad La Molina (1996) también superando el valor de 4.25% mencionado por Caballo (2000) aunque siendo inferior a los resultados de 60% de Tarrillo (1999).

Cenizas: Se obtuvieron valores de 8.46% a 10.97%, siendo iguales ($P < 0.05$), fueron superior a los resultados citados por Valdivia (1997) que fueron de 4.0% a 8.0%, también superando 1.84% que cita Caballo (2000).

Extracto Libre de Nitrógeno: Los resultados fueron de 34.25% a 37.12%, resultando las tres variedades semejantes ($P < 0.05$), siendo inferiores los resultados de las tres variedades a los resultados citados por Universidad La Molina (1996) de 62.63%.

Fibra Detergente Acida: El análisis indicó resultados que fluctúan entre 30.18% y 34.82%, siendo inferiores la Valenciana y la Atlixco ($P < 0.05$) en comparación con los datos de Valdivia (1997) de 34.0 % a 36.0%. La San Miguelito es comparable con los resultados reportados por Valdivia (1997) ya que esta dentro del rango con un valor de 34.82%.

Fibra Detergente Neutra: Se observaron valores de 47.23% a 51.77%. La Valenciana y la Atlixco se mantuvieron dentro de los valores ($P < 0.05$) citados por Valdivia (1997), que son de, 47.0% 51.0%. San Miguelito 51.77% obtuvo valores superiores a los reportados por Valdivia (1997).

Lignina: En relación al contenido de lignina los resultados indicaron valores de 6.16% para La Valenciana, 5.28% para la Atlixco y 7.46% para la San Miguelito. No se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las variedades.

Celulosa: En relación al contenido de celulosa se encontraron valores de 22.44% para la Valenciana, 22.64% para la Atlixco y 26.11% para la San Miguelito 26.11%. Los valores encontrados fueron similares ($P < 0.05$).

Digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (D.I.V.M.S): Se encontraron en un rango de 50.94% a 58.29%, las tres variedades fueron similares ($P < 0.05$) y están dentro de los resultados citados por Valdivia (1997), que fueron de 45.0% a 60.0. %, pero siendo inferiores a los datos de 81.6% que menciona Sánchez (2001)

Digestibilidad *in-vitro* de la materia orgánica (D.I.V.M.O): Se obtuvieron valores de 96.29% a 97.30%, las tres variedades fueron similares ($P < 0.05$) y son superiores a los resultados citados por Valdivia (1979) ya que estos fueron de, 80.0% a 92.0%. Además siendo superiores a los valores de 65% que cita Tarrillo (1999).



Figura 9. Alfombra de forraje

Cuadro 9. Análisis proximal y digestibilidad *in vitro* de tres variedades de alfalfa cultivadas en hidroponía.

Análisis	Variedad		
	Valenciana	Atlixco	San Miguelito
	%		
Materia seca	95.00 ^b	95.83 ^{ab}	96.00 ^a
Proteína cruda	34.24 ^a	33.34 ^a	32.96 ^a
Fibra cruda	13.72 ^a	13.45 ^a	17.59 ^a
Extracto etéreo	6.81 ^a	7.62 ^a	6.45 ^a
Cenizas	10.97 ^a	8.46 ^a	9.62 ^a
Extracto libre de nitrógeno	34.25 ^a	37.12 ^a	36.70 ^a
Fibra detergente acida	30.87 ^a	30.18 ^a	34.82 ^a
Fibra detergente neutra	47.23 ^a	48.37 ^a	51.77 ^a
Lignina	6.16 ^a	5.28 ^a	7.46 ^a
Celulosa	22.44 ^a	22.64 ^a	26.11 ^a
D.I.V.M.S	58.29 ^a	56.46 ^a	50.94 ^a
D.I.V.M.O	96.29 ^a	96.62 ^a	97.30 ^a

^{abc} Letras diferentes en líneas indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

Las tres variedades mostraron similitud en cuanto a sus características nutritivas y químicas. En cuanto a la digestibilidad *in vitro* las tres variedades se comportaron semejantes. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que la alfalfa es muy buena productora de forraje y tiene una excelente digestibilidad y calidad nutritiva, (Fig., 9)

Se concluye por lo tanto que estas variedades son buenas productoras de forraje en condición de hidroponía y semejantes en sus características nutritivas y pueden ser utilizadas para la alimentación de animales

De acuerdo a lo anterior, el método hidropónico para la producción de forraje es una buena alternativa en regiones en que el agua sea un factor limitante, así como en lugares de clima extremo, además, es un complemento proteínico de alta calidad y bajo costo.

Sería conveniente el realizar estudios que incluyan riegos con alguna solución nutritiva, ya que en este trabajo solo se regó con agua normal, para determinar si estos resultados pueden mejorarse. Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio, indican que esta técnica de hidroponía es muy favorable para la producción de forraje obteniendo valores superiores a la técnica de producción en campo abierto.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13 ht Washington, D.C. U.S.A.
- Barnes, R.F. 1969. Collaborative research with the two stage in vitro technique. Proc. National Conference on Foraje Evaluation and Utilization, Lincoln, Nebraska, Paper N. In Harris L. E. 1970.
- Besse, J. 1977. La Alimentación del Ganado. Segunda Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. Pp. 215- 230.
- Caballo, M.C.R. 2000. Manual de Procedimientos para germinar granos para la Alimentación Animal. Culiacán Sinaloa.
- Cantú, B. J. E. 1989. Apuntes de cultivos forrajeros. Departamento de Fitomejoramiento. UAAAN Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Cullison, A. E. 1983. Alimentos y Alimentación de los Animales. 1ª. Edición. Editorial Diana. México. pp. 470- 477.
- Church, D.C. y W.G. Pond. 2000 Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales, Segunda Edición, Editorial Limusa, Noriega Editores. México. pp. 11- 35.
- Del Pozo, Ibáñez, M. 1983. La alfalfa su cultivo y aprovechamiento 3ª edición Madrid Mundi. Prensa. Madrid España.
- Domínguez, P.R. 2006. "El cultivo de la alfalfa (Medicago Sativa L.) Y su calidad como forraje. UAAAN, Saltillo Coahuila, México. Monografía Licenciatura.
- Erick, C. P. 2004. Evaluación de Producción y Calidad de Forraje Verde Hidropónico en Maíz, Cebada y Trigo bajo condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México.
- Flores, M.J.A. 1980. Bromatología Animal. Segunda Edición. Limusa. México. pp.372.

- García A.J.C. 2004. Evaluación de Forraje Verde Hidropónico en tres especies forrajeras (cebada, trigo y triticale) bajo condiciones de Invernadero. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila México. pp. 25- 35.
- Hidalgo, M. L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan. Chile. Consultado en <http://www.geocities.com/pbarrosvanc> en octubre, 2, 2007.
- Hughes, H.D., M.E. Heath, D.S. Metcalfe. 1976. Forrajes sexta Reimpresión. Cía. Editorial Continental. México.
- Juscafresca, B. 1983. Forrajes: Fertilizantes y valor Nutritivo. Segunda Edición. Editorial AEDOS. Barcelona. España. Pp. 86- 169.
- López, D., Gutiérrez, O., Ibarra, G. 1998. Primer Taller sobre conservación de Forrajes, Ensilaje y Henificación. Memoria. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Cd Guadalupe N.L México.
- Mazuelos Chafloque Víctor. 1996. Tesis: "Utilización de los germinados de cebada y de maíz en la alimentación de cuyes hembras de reemplazo durante el empadre, gestación y lactación." Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Consultado en <http://www.hidroponiagcaconsultora.com>. En agosto, 7, 2007
- Mc Donald, P., R. A. Edwards y J.F.D. Greenhalgh. 1975. Nutrición Animal 2ª edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Minson, A 1990. Foraje in Ruminant Nutrition. Academic Press.
- Ramírez, L.R. G. Nutrición de Rumiantes: Sistemas extensivos. Primera Edición. Editorial Trillas. México. pp. 11- 29.
- Resh, M .H.1997, Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. Cuarta Edición. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid España. Pp. 29- 30.
- Resh, M .H.2001, Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. Cuarta Edición. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid España. Pp.229, 257,283, 315.Consultado en <http://www.hidroponiaparaempezar.com>. En septiembre, 18, 2007
- Robles, S.R. 1985. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México D.F. pp. 157-173.

- Rodríguez Delfín Alfredo. 2001. Manual Practico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Consultado en <http://www.usuarios.lycos.es/forrajehidroponico>, en noviembre, 28, 2007.
- Rodríguez, M. 2003. Producción de Forraje verde literatura pendiente de publicación Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua
- Rodríguez, S.A. C. 2003. Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana Primera Edición. S.A. de C.V. México D.F. pp. 1-2, 20- 335.
- Sagi V. L. 1976. Revista la Serenísima. Numero 35, Conferencia Sobre Cultivos Hidropónicos, Exposición en la Bolsa de Cereales, Buenos Aires Argentina. Consultado en <http://www.geocities.com//dorm/hidroponia>. En noviembre, 12, 2007.
- Samperio, R.G. 1997. Hidroponía Básica. Editorial Diana México. D.F. pp.1- 13.
- Sánchez, C.A. 2001. Manual Técnico. Producción de Forraje Verde Hidropónico, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Consultado en <http://www.rcl.fao.org/prior>. En septiembre, 30, 2007
- Sánchez, F. y Col. 1988. Hidroponía, Principios y Métodos de Cultivos Imprenta Universitaria. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Schubert. M. Manual Práctico de Hidrocultivos. Primera Edición. Ediciones Omega, S.A, Barcelona 1981. Pp. 68- 91.
- Sosa, M.E.1974. Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Tarrillo, O. H. 1999. Tesis: "Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Alfalfa en Pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación". Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Consultado en <http://www.zoetecnocampo.com>. En septiembre, 3, 2007.
- Valdivia, B.E. 1997. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial. Universidad Nacional Agraria Nacional La Molina. Lima, Perú. Consultado en <http://www.lamolina.com> En octubre, 20, 2007.

APENDICE

Resultados del análisis bromatológico en el laboratorio de las tres variedades de alfalfa

Contenido de materia seca (%)

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso crisol con muestra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g muestra}} \times 100$$

VARIEDAD	%MST
Valenciana T ₁	95.0
Valenciana T ₂	94.5
Valenciana T ₃	95.5
Atlixco T ₁	96.0
Atlixco T ₂	96.0
Atlixco T ₃	95.5
San Miguelito T ₁	96.0
San Miguelito T ₂	96.0
San Miguelito T ₃	96.0

Contenido de proteína cruda (%), ajustada en base a materia seca total

$$\% \text{ PC} = \frac{\% \text{ P C}}{\% \text{ MST}} \times 100$$

VARIEDAD	%PC
Valenciana T ₁	37.11
Valenciana T ₂	29.71
Valenciana T ₃	35.90
Atlixco T ₁	40.26
Atlixco T ₂	27.86
Atlixco T ₃	31.90
San Miguelito T ₁	31.28
San Miguelito T ₂	35.81
San Miguelito T ₃	31.80

Contenido de fibra cruda (%), ajustada en base a materia seca total

$$\%FC = \frac{\%FC}{\%MST} \times 100$$

VARIEDAD	%FC
Valenciana T ₁	13.12
Valenciana T ₂	15.31
Valenciana T ₃	12.73
Atlixco T ₁	16.01
Atlixco T ₂	12.26
Atlixco T ₃	12.09
San Miguelito T ₁	16.95
San Miguelito T ₂	15.47
San Miguelito T ₃	20.37

Contenido de extracto etéreo (%), ajustado en base a materia seca total

$$\%EE = \frac{\%EE}{\%MST} \times 100$$

VARIEDAD	%EE
Valenciana T ₁	7.94
Valenciana T ₂	4.59
Valenciana T ₃	7.92
Atlixco T ₁	4.91
Atlixco T ₂	9.04
Atlixco T ₃	8.92
San Miguelito T ₁	5.55
San Miguelito T ₂	8.48
San Miguelito T ₃	5.33

Contenido de cenizas (%), ajustados en base a materia seca total

$$\%C = \frac{\% C}{\% MST} \times 100$$

VARIEDAD	%C
Valenciana T ₁	8.30
Valenciana T ₂	13.24
Valenciana T ₃	11.38
Atlixco T ₁	5.53
Atlixco T ₂	11.27
Atlixco T ₃	8.58
San Miguelito T ₁	11.02
San Miguelito T ₂	8.76
San Miguelito T ₃	9.08

Contenido de extracto libre de nitrógeno (%) de los datos ajustados

$$\% ELN = 100 - (\%C + \%PC + \%EE + \%FC)$$

VARIEDAD	%ELN
Valenciana T ₁	33.53
Valenciana T ₂	37.15
Valenciana T ₃	32.07
Atlixco T ₁	33.29
Atlixco T ₂	39.57
Atlixco T ₃	38.51
San Miguelito T ₁	45.2
San Miguelito T ₂	31.48
San Miguelito T ₃	33.42

Contenido de fibra detergente acida (%) de los datos ajustados

$$\% \text{ FDA} = \frac{\text{peso crisol con fibra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g muestra}} \times 100$$

VARIEDAD	%FDA
Valenciana T ₁	28.09
Valenciana T ₂	32.29
Valenciana T ₃	27.59
Atlixco T ₁	29.93
Atlixco T ₂	28.15
Atlixco T ₃	28.70
San Miguelito T ₁	33.28
San Miguelito T ₂	29.26
San Miguelito T ₃	37.76

Contenido de fibra detergente neutra (%) de los datos ajustados

$$\% \text{ FDN} = \frac{\text{peso crisol con fibra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g muestra}} \times 100$$

VARIEDAD	%FDN
Valenciana T ₁	45.52
Valenciana T ₂	39.77
Valenciana T ₃	49.40
Atlixco T ₁	47.59
Atlixco T ₂	41.35
Atlixco T ₃	50.11
San Miguelito T ₁	49.2
San Miguelito T ₂	53.29
San Miguelito T ₃	46.61

Contenido de lignina (%) de los datos registrados

$$\% \text{ LIGNINA} = \frac{\text{peso fibra fda} - \text{peso fibra kmno}_4}{\text{g muestra}} \times 100$$

VARIEDAD	%LIGNINA
Valenciana T ₁	6.51
Valenciana T ₂	5.13
Valenciana T ₃	5.94
Atlixco T ₁	4.64
Atlixco T ₂	4.83
Atlixco T ₃	5.73
San Miguelito T ₁	7.43
San Miguelito T ₂	5.89
San Miguelito T ₃	8.18

Contenido de celulosa (%) de los datos registrados

$$\% \text{ CELULOSA} = \frac{\text{peso crisol con kmno}_4 - \text{peso crisol ceniza}}{\text{g muestra}} \times 100$$

VARIEDAD	%CELULOSA
Valenciana T ₁	20.72
Valenciana T ₂	23.18
Valenciana T ₃	20.08
Atlixco T ₁	24.34
Atlixco T ₂	19.50
Atlixco T ₃	21.27
San Miguelito T ₁	24.60
San Miguelito T ₂	21.91

Digestibilidad de la materia seca (%)

VARIEDAD	%D.I.V.M.S.
Valenciana T ₁	56.1754
Valenciana T ₂	60.0352
Valenciana T ₃	58.6456
Atlixco T ₁	60.7013
Atlixco T ₂	55.0208
Atlixco T ₃	53.6823
San Miguelito T ₁	52.5347
San Miguelito T ₂	56.1597
San Miguelito T ₃	44.1319

Digestibilidad de la materia orgánica (%)

VARIEDAD	D.I.V.M.O.
Valenciana T ₁	97.3004
Valenciana T ₂	94.904
Valenciana T ₃	96.6748
Atlixco T ₁	98.3604
Atlixco T ₂	94.0141
Atlixco T ₃	97.5116
San Miguelito T ₁	97.6902
San Miguelito T ₂	97.8424
San Miguelito T ₃	96.3785