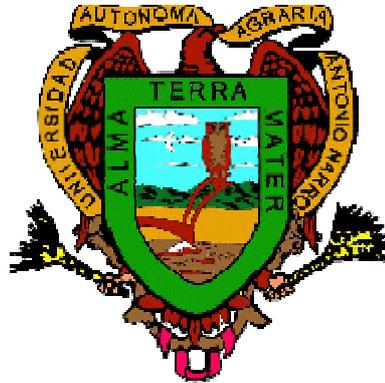


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO PARA LA
ALIMENTACION DEL GANADO**

POR

MARIA IRACEMA PALMA PUGA

MONOGRAFIA

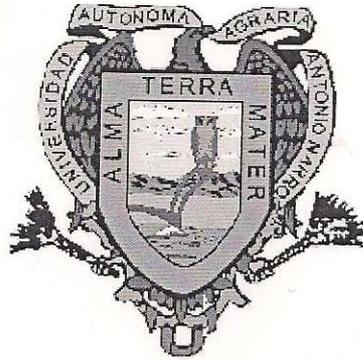
**PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TITULO**

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREON, COAHUILA

AGOSTO 2011

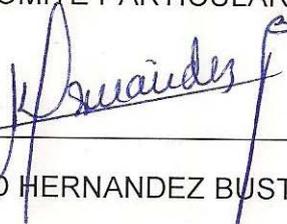
DIVISION CIENCIA ANIMAL



PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO PARA LA ALIMENTACION DEL GANADO

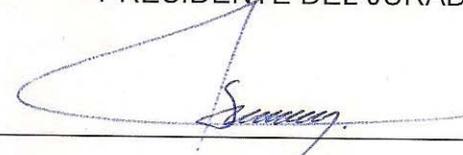
MONOGRAFIA

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA

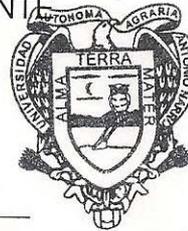


PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE

PRESIDENTE DEL JURADO



M.V.Z RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREON, COAHUILA

AGOSTO 2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

MONOGRAFIA

POR

MARIA IRACEMA PALMA PUGA

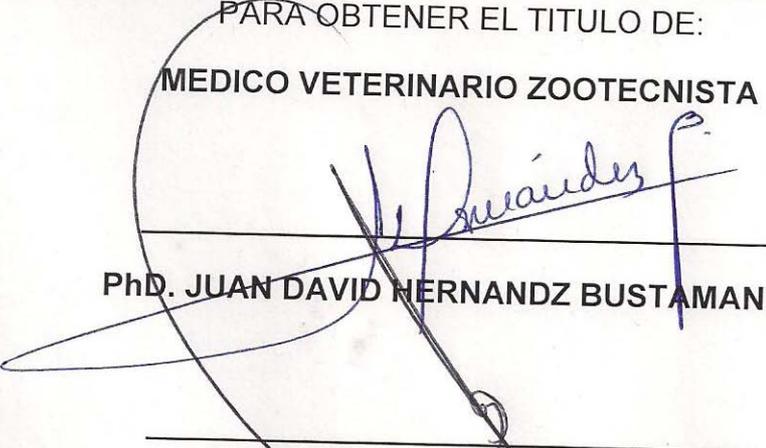
PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO PARA LA ALIMENTACION DEL
GANADO

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

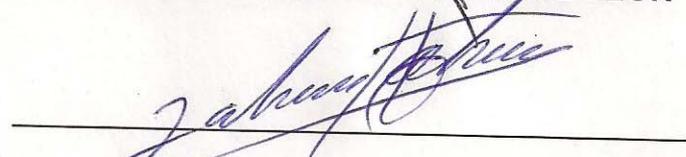
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



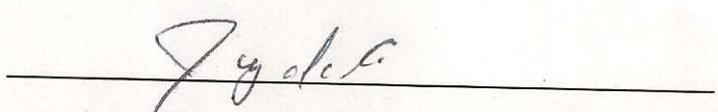
PhD. JUAN DAVID HERNANDZ BUSTAMANTE



Dr. FERNANDO ULISES ADAME DE LEON



M.V.Z FEDERICO ANTONIO HERNANDEZ TORRES



MC. JOSE DE JESUS QUEZADA AGUIRRE

AGRADECIMIENTOS.

Son tantas las personas que llegan a mi pensamiento a las que les quisiera agradecer, algunas todavía están conmigo, otras solo están en mi recuerdo y en mi corazón.

A Dios, que me ha permitido despertar todos los días, la experiencia adquirida, la sabiduría y la gran oportunidad de vivir y seguir aquí.

A mis padres, que gracias a ellos existo y estoy escribiendo estas líneas para ustedes, a mamá que se le ama en donde quiera que esté, a papá solo quiero que sepas que ocupas un lugar especial en mi corazón.

A mi familia, que me ha demostrado su todo su apoyo en todo momento para conseguir mis sueños, que en verdad les agradezco la confianza que han depositado en mí, que es lo que me da fuerzas para aquí y luchar por verme triunfar y alcanzar mis sueños

Al Dr. Juan David Hernández Bustamante, que de manera muy especial y con mucho respeto le agradezco todo su apoyo y tiempo que ha dedicado a mi trabajo de investigación compartiendo conmigo sus experiencias y conocimientos, lo cual me ha sido de gran utilidad para culminar con esta etapa de mi profesión.

Al coach, Rodríguez Hernández, que me ha enseñado que en la vida, como en el campo de juego, suele haber derrotas pero que se debe seguir en pie y con la frente en alto, que gracias a el he encontrado el deporte de mi vida, “tocho bandera”.

A toda la familia tochera, Guadalupe, Hortensia, Edaena, Tania, Citlali, Caren, Kenia, Julieta, Liliana, Noemí, Araceli, Patricia, etc. Con las que he compartido una gran parte de mi vida, así como triunfos y derrotas en el campo, con las que he llorado y reído, momentos únicos, los cuales agradezco de corazón. Gracias.

A todos mis amigos, que me han permitido ser parte de ellos, como ellos de mí, que me han tendido la mano en las buenas y en las malas, que me han perdonado por las ofensas ocasionadas y aun siguen conmigo. Gracias a todo ellos por apoyarme de una u otra manera para llegar hasta hoy, por que he encontrado en cada uno de ellos una pizca de hermanos

A todos los trabajadores del laboratorio de diagnostico y patología animal de Irapuato, Guanajuato; que me tendieron sus manos al estar colaborado con ellos, por las enseñanzas, consejos y experiencias maravillosas que pudimos compartir.

DEDICATORIA.

A mi madre, Marta Georgina Palma Sánchez, que es el amor, el espíritu, alguien que en cada momento, en cada segundo, crea lo mas bello del arte y te invita a ver la vida de otro modo, en el cual tu eres el maestro de tu propia vida y puedes hacer hasta lo imposible con ella, te invita a trascender ante el mundo, a ver que en las cosas mas insignificantes encuentras lo mágico e increíble, que te hace sentir el verdadero amor. A la que admiro profundamente en todos los sentidos, en la que creo y respeto, amo y confié, la que en verdad nunca me dejaría sola y estaría en mente y alma a mi lado sin importarle los errores cometidos, gracias por que se que tu amor nunca tendría fin para mí, por tu manera de ver y afrontar la vida.

Gracias por los sacrificios una vez no agradecidos y todos aquellos momentos únicos que me haz regalado, con esa magia que solo tú puedes tener para sanar mi alma. Por ser autentica y porque para mí, eres el por quien vivir.

A Juan Antonio Palma Puga, que es parte de todo mi ser, con el que desde el 22 de octubre del 1988 ha estado conmigo compartiendo cada instante lo que es la vida, a pesar de las malas cosas que un día me atreví a hacer y decir, sabe que lo amo y hasta el día de hoy ha sido un enorme y total placer el estar con usted, que doy gracia a dios por esta mágica oportunidad de haber llegado juntos a este mundo. Sabes que te amo y que por ti Juan Antonio Palma Puga y Martha Georgina Palma Sánchez daría mi vida si fuera necesaria.

A Irma Beatriz Palma Sánchez, que en todos los instantes de mi vida ha estado apoyándome y dirigiéndome en este camino para lograr lo que soy ahora. Y que a pesar de los enojos que le he causado, la amo.

A Sandro de la Cruz Martínez, Alejandra de Jesús Gonzales Reveles, con los que estoy muy agradecida y que en estos últimos semestres me tendieron su mano, su confianza, amistad y compañía, con los cuales nunca pensé estar tan relacionada, pero me he sentido verdaderamente afortunada de haber convivido bellos momentos de mi vida junto a ellos.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

MONOGRAFIA

POR

MARIA IRACEMA PALMA PUGA

**PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO PARA LA ALIMENTACION
DEL GANADO**

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

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

RESUMEN: El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado el cual ha tomado un auge bastante grande, que permite evadir las limitantes encontradas en la producción y nutrición. Presentando diversa ventajas. Mayor producción unitaria en comparación con el cultivo normal, producción de material con características cualitativas superiores, mayor precocidad de producción, menor empleo de mano de obra, mejor control de las condiciones fitosanitarias del cultivo y gran reducción del consumo de agua. Con el forraje verde hidropónico (FVH) se puede alimentar al ganado vacuno, cerdos, caprinos, equinos, conejos y gran cantidad de animales domésticos con buenos resultados, ya que constituye una dieta completa de carbohidratos, proteína, minerales y vitaminas. Su aspecto, sabor, color y textura le confiere gran palatabilidad y aumento de asimilación de otros nutrimentos. El forraje verde hidropónico brinda proteínas, minerales y vitaminas libres y solubles haciéndolas más asimilables que las correspondientes al grano seco. La función del sustrato, es la de proporcionar a la planta un medio de sostén Entre los sustratos empleados mas comúnmente en hidroponía se encuentra la arena, grava, tezontle, ladrillos quebrados y/o molidos, perlita, vermiculita, (silicato de aluminio), turba vegetal, aserrín, resinas sintéticas (poliuretano) cascarilla de arroz, carbón vegetal. Se han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo.

PALABRAS CLAVES: Hidroponía, Forraje, Ganado, Invernadero, Nutrición.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Reseña histórica	
1.2. Raíces del forraje verde hidropónico	
1.3. Conceptos	
2. INSTALACIONES FVH.....	2
3. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO TIPO.....	5
3.1. Ubicación	
3.2. Piso	
3.3. .Modulación	
3.4. .Charolas	
3.5. .Sistema de riego	
4. TIPOS DE SISTEMA HIDROPÓNICO.....	9
4.1. En medio líquido	
4.2. En sustrato sólido inerte	
5. LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	11
5.1. Preparación de la solución nutritiva	
5.2. Solución concentrada A	
5.3. Solución concentrada B	
5.4. Aplicación de la solución nutritiva	
5.5. Aplicación de la solución nutritiva en sustratos	
5.6. Aplicación de la solución nutritiva en medio líquido	
5.7. Manejo de la solución nutritiva	

6. MÉTODOS DE PRODUCCION.....	13
6.1. Selección de las especies de granos utilizados para FVH	
6.2. Selección de la semilla	
6.3. Lavado de la semilla	
6.4. Remojo y germinación de la semilla	
6.5. Dosis de siembra	
6.6. Riego de las bandejas	
6.7. Riego con solución nutritiva	
7. SIEMBRA EN CHAROLAS DE PLÁSTICO.....	16
7.1. Tratamiento de charolas	
7.2. Siembra en charolas	
8. PROCESO DE GERMINACION.....	17
8.1 La hidratación de una semilla	
8.1.1 Fase I	
8.1.2. Fase II	
8.1.3. Fase III	
9. PROMEDIO DE CRECIMIENTO DIARIO.....	18
9.1. Crecimiento	
10. TERMINO DE GERMINACIÓN Y PREPARACIÓN PARA SU USO EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO.....	21
10.1. Cosecha	
11. POSIBLES ENFERMEDADES.....	25
11.1. Enfermedades causadas por hongos	
11.1.1. Pythium spp., Fusarium spp	
11.1.2 Rhizoctonia sp.	
11.1.3. Alternaria spp.	
11.1.4. Cercospora sp.	

11.1.5. Erysiphe cichoracearum, Sphaeroteca fuliginea	
11.1.6 Botrytis sp.	
12. PRINCIPALES CULTIVOS QUE PUEDEN ESTABLECERSE BAJO HIDROPONÍA.....	31
12.1. Especies	
12.2. Rendimientos de los cultivos	
12.3. Comparación económica con otros forrajes	
12.4. Conclusiones finales	
12.5. Análisis bromatológicos para FVH	
13. EFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN.....	39
14. PRUEBAS O EXPERIMENTOS QUE SE HAYAN REALIZADO CON ESTOS MA- TERIALES.....	41

INDICE DE CUADROS

CUADROS		PAG.
1	ANÁLISIS DE PROTEÍNAS DE UNA PLANTA COMPLETA CON DIFERENCIAS DE DÍAS DE SIEMBRA.	21
2	CUADRO COMPARATIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	21
3	DOSIS DE FVH RECOMENDADAS SEGÚN ESPECIE ANIMAL	24
4	ALIMENTACION EN GANADO LECHERO CON ALIMENTO BALANCEADO Y FVH/ ANIMAL DE ACUERDO AL CICLO DE REPRODUCCIÓN	25
5	ALIMENTACIÓN EN GANADO OVINO DE ENGORDA CON ALIMENTO BALANCEADO Y FVH / ANIMAL DE ACUERDO AL CICLO DE PRODUCCIÓN	26
6	RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS	32
7	CARACTERÍSTICAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	33
8	COMPARACIÓN ECONÓMICA CON OTROS FORRAJES	34
9	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Triticum</i> spp	35
10	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Zea mays</i> spp	36
11	VALOR NUTRICIONAL <i>Sorghum</i> spp	37
12	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Avena sativa</i> spp	38
13	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Medicago sativa</i>	39
14	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Hordeum</i> spp	39
15	VALOR NUTRICIONAL DEL <i>Oryza sativa</i>	40

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA		Pág.
1	Bandejas de plástico de desecho usadas en la producción popular de fvh	3
2	Bandejas construidas con estantes de muebles de descarte	4
3	Invernadero tipo	5
4	Módulo de fvh con bandejas de producción en pisos múltiples	6
5	Charolas para el fvh	7
6	Sistema de riego por aspersión	9
7	Pregerminación la semilla después de haber sido tratada	15
8	Siembras en bandejas de semilla pregerminadas	17
9	Periodo de crecimiento del fvh	19
10	Estados de crecimiento diario durante los 10 primeros días para un fvh de cebada	20
11	FVH listo para ser consumido por los animales	20
12	Ganado vacuno lechero alimentándose con fvh, México	24
13	Consumo de fvh en vacas lecheras	25
14	Consumo de fvh en ganado de carne	25
15	Suinos consumiendo fvh	26
16	Consumo de fvh en caballos	27
17	Fusarium	27
18	Pythium	27
19	Rhizoctonia	28
20	Alternaria	29
21	Cercospora	29
22	Erysiphe cichoracearum	30
23	Moho gris	31
24	Botrytis	31

INTRODUCCION

LA HISTORIA DE LA HIDROPONÍA.

El hombre desde su aparición ha buscado maneras de satisfacer sus necesidades, a lo cual ha traído la técnica de cultivo de plantas optimizando recursos, como los antiguos egipcios describen el cultivo de plantas en agua. Los babilonios con sus jardines colgantes se mantenían con el sistema hidropónico, luego la técnica se utilizó en los jardines flotantes con los aztecas en México y en los de la china imperial y Cuba donde se denomina argopónico (sin suelo) (Espinosa, M, 2005).

La hidroponía es una técnica joven que dada su elevada tecnificación, permite consumir únicamente el agua necesaria, minimizando todo tipo de pérdidas (Espinosa, M, 2005).

SUS RAICES.

Etimológicamente el concepto de hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (*ponos*) en agua (*hydros*) (Sánchez. C. 2004).

EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

CONCEPTOS.

La hidroponía se define como la ciencia de cultivo de plantas sin el uso de tierra, pero con el uso de un medio inerte. Las plantas son cultivadas eficientemente sin suelo, y para ello, los 16 elementos esenciales para su crecimiento son proporcionados periódicamente a las raíces a través de una solución nutritiva. Las plantas crecen rápidamente, son más precoces, ya que utilizan la energía para crecer hacia arriba y no a través del suelo (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

La técnica para la producción de forraje verde hidropónico se basa en el aprovechamiento del poder germinativo de las semillas de cereales como cebada, avena, trigo o maíz, las cuales una vez iniciada la germinación, liberan en sus primeras etapas de crecimiento todos los nutrientes almacenados como reserva, para sostenimiento de la nueva planta (SICA, 2000).

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).

Para el centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral, (2006). El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales (cebada, avena, trigo, maíz, etc.) que realiza durante un período de 8 a 15 días.

INSTALACIONES.

La localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, la decisión de iniciar la construcción de instalaciones para FVH debe considerar previamente que la unidad de producción de FVH debe estar ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a esta; y que existan períodos de déficit nutricional a consecuencia de la ocurrencia de condiciones agrometeorológicas desfavorables para la producción normal de forraje (sequías recurrentes, inundaciones) o simplemente suelos malos o empobrecidos (FAO, 2001).

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica (FAO, 2001).

Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que va desde aquellas más simples construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en:

Populares: Consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas (bambú o tacuara), revestida de plástico transparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construidas con palos, cañas y restos de madera de envases o desechos de aserraderos. La producción obtenida en este tipo

de instalaciones es utilizada en la mayoría de los casos para alimentar los animales existentes dentro del mismo predio. La altura de las estanterías, debido a la calidad de los materiales de construcción, no sobrepasa los 3 pisos. En casos muy particulares se alcanzan cuatro niveles de bandejas (FAO, 2001).

El material con que están fabricadas las bandejas puede ser de cualquier tipo y origen. Lo más común es que sean recipientes de plástico (Foto 1) de descarte, a los cuales se les corta al medio, se les perforan pequeños drenajes de agua sobre uno de los lados y se usan tal como quedan. También se utilizan estantes de muebles en desuso a los que se le forran con nylon (foto 2). En este tipo de instalaciones podemos encontrar todo tipo de formas y tamaños de bandejas (FAO, 2001).

Estructuras o recintos en desuso: Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Estas instalaciones se están volviendo cada vez más comunes en los países de América Latina (FAO, 2001).



Figura. 1 Bandejas de plástico de desecho usadas en la producción popular de FVH.



Figura 2. Bandejas construidas con estantes de muebles de descarte.

El ahorro que se obtiene con este tipo de instalaciones surge de la disponibilidad de paredes y techos lo que permite invertir en los otros insumos necesarios para la producción de FVH. Los rendimientos en este tipo de instalaciones suelen ser superiores a las instalaciones populares por el mejor control ambiental logrado y el mayor número (hasta 7) de pisos de producción. El material utilizado en la construcción de las bandejas puede ser de distintos orígenes tales como fibra de vidrio, madera pintada, madera forrada con plástico y bandejas de plástico. Lo anterior sumado a un tamaño uniforme de las bandejas y a equipos de riego compuestos por microaspersores o nebulizadores supone una producción mucho más regular y planificada conociéndose casi exactamente cuantos kilos de FVH estarán disponibles para alimentar a los animales en un período determinado. Si bien el destino de la producción obtenida es, en la mayoría de los casos, para uso interno al predio, existen interesantes datos de ventas de FVH al exterior del establecimiento (FAO, 2001).

Modernas o de Alta Tecnología: Las instalaciones de este tipo pueden ser de construcción de albañilería hecha en el lugar, prefabricadas o importadas directamente como unidades de producción o “fábricas de forraje”.

En estos modelos, la sala de germinación ocupa la misma disposición que la sala de producción, cuenta con un sistema de riego por microaspersión, no tiene iluminación ni tampoco requiere de mucha ventilación. Los estantes de esta sala comprenden 10 pisos. La fase de producción se realiza sobre bandejas que son colocadas en estantes metálicos dobles de 7 pisos. Las bandejas son de fibra de vidrio que se ubican en 7

líneas de estantes siendo cada una de ellas de 26 metros de largo por 1,8 de ancho. Entre las líneas de estantes se coloca un piso de cemento con canaletas a ambos lados, mientras que el piso bajo las estanterías está recubierto con material inerte que facilite el drenaje y previamente desinfectado. La instalación cuenta con riego automatizado, estantería por estantería y controlado todo por relojes de tiempo con sus respectivas válvulas solenoides y de flotación. Presenta también ventiladores, extractores de aire, un ozonizador que incorpora ozono al agua de riego para eliminar contaminaciones de bacterias, e iluminación de apoyo basada en 20 tubos fluorescentes (FAO, 2001).

CARACTERISTICAS DEL INVERNADERO TIPO.



Figura 3. Invernadero tipo

El invernadero tipo debe tomar en cuenta un ancho de 8 m y una longitud de 18 m respectivamente. Esta formado con arcos de tubería de 2" de diámetro, separados 3 m entre si, y se estructuran con travesaños que soportan cargas de 25 kg. /m2. Su cubierta es de polietileno de 150 micras y sus costados se enrollan para permitir una mejor ventilación. El área descubierta queda protegida con malla anti- trips. La estructura soporta velocidades de viento de 150 km. /h. (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002)

UBICACIÓN

Se propone que de preferencia debe de estar cerca del área del suministro del alimento a los animales. La funcionalidad de las instalaciones del agua y energía eléctrica deben de ser consideradas (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

PISO.

La experiencia aconseja que el piso sea de concreto para un correcto manejo de la explotación.

MODULACIÓN



Figura .4 Módulo de FVH con bandejas de producción en pisos múltiples.

En el interior de cada invernadero, se instalan siete módulos de estructuras de 0.80 m de ancho por 18 m de largo, separados entre si por corredores de 1 m de ancho para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo. Cada uno de los módulos de las orillas tiene siete niveles separados entre si 25 cm., el primer nivel dista del suelo 15 cm. En cada nivel y a lo largo del invernadero, se acomodan cuatro charolas por m². De esta manera para cada uno de los módulos se tienen 448 charolas. Tendiéndose un total de 1792 charolas para invernadero. La estructura es de metal, la cual tendrá pendientes longitudinales y transversales para un buen drenaje del exceso de agua en todos los sentidos (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

CHAROLAS.



Figura 5. Charolas para el FVH

En un modulo, las charolas utilizadas pueden ser de diversos materiales los inconvenientes y ventajas de cada tipo es su costo unitario, precio por pieza, facilidad de limpieza, peso, etc. Actualmente las que reúnen mejor opción son las de polietileno (Red hidropónica, 2000).

La dimensión de estas charolas son de 60 x 60 cm. para una superficie útil de 0.30 mts. Son de bajo costo, precio y de fácil limpieza, para una bancada de 3.0 mts. Con una altura de 1.90 ml. para cinco niveles, pueden colocarse 25 piezas y si es doble para 50 charolas en un espacio total de 1.30 mts de ancho por 3.0 mts. La distancia entre hilera e hilera es de 0.32 mts. En lo mas estrecho y 42.0 cm en lo abierto, conservando una pendiente del orden de 8 a 10%. (Red hidropónica, 2000).

Entre cada bancada sea sencilla o doble, deberá dejarse un pasillo de 1.0 ml. mínimo para transito de colocación y recolecta de charolas sembradas o cosechadas (Red hidropónica, 2000).

SISTEMA DE RIEGO

La condición del forraje hidropónico parte de la necesidad que la semilla pregerminada hasta su cosecha, cuente con la suficiente agua para su crecimiento y desarrollo.

En el sistema de riego por goteo podrá ser manual o automático, este será invariablemente en la parte superior a fin de que el agua recorra cada charola hasta la última inferior, permitiendo la oxigenación para finalmente depositarse en el tanque de retorno para su reciclado (Red hidroponía, 2000).

Para todos los casos, deberá definirse según el modulo, la cantidad de agua y frecuencia de riegos para mantener el grado de humedad y evitar encharcamientos o excesos de humedad que provoquen formación de hongos o atrasen su crecimiento.

Como una forma general, la frecuencia e intervalos entre riegos podrá ser de 10 a 14 riegos de 10 minutos con un gasto de 12 litros /riego.

En resumen, la característica es mantener húmeda la semilla pregerminada hasta su cosecha pero permitiendo la oxigenación del sistema radicular, que será de 8 a 10 días (Red hidroponía, 2000).



Figura. 6. Sistema de riego por aspersión

TIPOS DE SISTEMA HIDROPONICO.

En hidroponía los nutrientes necesarios se disuelven en agua y esta solución se aplica a las plantas en dosis exactas en los intervalos prescritos.

El proceso para realizar la hidroponía es el cultivo de la `planta en agua la cual esta en constante movimiento dentro de un tubo de PVC que tiene la virtud de no tener nematodos, bacterias hongos y maleza, si no que es natural e inherente (Espinosa, M, 2005).

La función del sustrato, es la de proporcionar a la planta un medio de sostén, estos pueden ser materiales sólidos o también puede usarse un medio líquido, también son los que protegen a la raíz de la luz y sirven como medio de crecimiento de las mismas además de retener la solución nutritiva de la planta. Entre los sustratos empleados mas comúnmente en hidroponía se encuentra la arena, grava, tezontle, ladrillos quebrados y/o molidos, perlita, vermiculita, (silicato de aluminio), turba vegetal, aserrín, resinas sintéticas (poliuretano) cascarilla de arroz, carbón vegetal, etc. Estos materiales pueden ser utilizados solos aunque pueden mezclarse, para su utilización deben tener ciertas características que deben cumplir, ya que de esta manera se asegurara que esta planta crezca sana. Estas características son:

- El sustrato en el que la raíz crece debe ser lo suficientemente fino para mantener un adecuado nivel de humedad, pero a la vez no tan fino con el objeto de permitir una aireación eficiente, es decir que las partículas que lo componen tengan un tamaño no menor a 0.5 milímetros y no mayor a 7 milímetros.

- Que retenga una buena cantidad de humedad, pero que además facilite la salida de los excesos de agua que pudiera caer con el riego o la lluvia.
- Que no retenga mucha humedad en la superficie.
- Que no se descomponga o degrade con facilidad para evitar en lo posible que se contamine con materia orgánica o fango pues esto puede favorecer la incidencia de enfermedades
- Que tenga preferentemente coloración oscura.
- Debe ser inherente, ósea no debe contener sustancias que reacciones con la solución nutriente, no contener sustancia toxica para las plantas.
- Que no contenga residuos industriales o humanos.
- Que sean abundantes y fácil de conseguir, transportar y manejar.
- Que sean de bajo costo.
- Que sean livianos que no pesen para que las camas de cultivo soporten el peso del sustrato y de las plantas (Espinosa, M, 2005).

En la hidroponía hay 3 formas de realizarla según el sustrato:

EN MEDIO LIQUIDO: 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 cuellos radicular, las plantas se mantienen en una cama muy fina de medio inherente, es decir las raíces están sumergidas en la solución nutritiva, en la cual se regula constantemente su pH, aireación y construcción de sales. Una variante es la recirculación de sales constante de la solución nutritiva en contacto con la pared baja de la raíz; esta es llamada técnica de película nutriente (NFT en inglés) la planta es sostenida por medios mecánicos.

Las ventajas del sistema NFT:

- Bajo costo capital
- Rapidez de las labores para efectuar un cambio de cosecha
- Control muy preciso en la nutrición
- Mantenimiento de las temperaturas optimas en las raíces
- Simplicidad de la instalación y de las operaciones
- Eliminación del estrés hídrico de las plantas entre los diversos riegos al poder suministrar un flujo continuo de solución de nutrientes.
- Conservación del agua a utilizar un sistema cíclico en vez de un sistema abierto.

EN SUSTRATO SOLIDO INERENTE: es donde se emplea el sustrato, el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz (Espinosa, M, 2005).

LA SOLUCION NUTRITIVA.

PREPARACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA.

Comprende la solución de dos soluciones madres concentradas:

- ✚ La solución concentrada A: aporta los elementos que la planta consume en mayor producción.
- ✚ La solución concentrada B: aporta los elementos que son absorbidos en menor proporción.

SOLUCION CONCENTRADA A.

Esta constituida por:

- 340g de fosfato mono-amoniaco
- 2080g de nitrato de calcio
- 1100g nitrato de potasio

Las sales se vierten una por una en 6 litros de agua en el orden mostrado, agitando siempre.

Cada una de las sales se vierte solo cuando se ha disuelto lo anterior.

Finalmente completar hasta alcanzar 10 litros (La huerta hidropónica, 2003, modulo 6).

SOLUCION CONCENTRADA B.

Elementos para 4 litros

- 492g de sulfato de magnesio
- 0,48g de sulfato de cobre
- 2,48g de sulfato de manganeso
- 1,20g de sulfato de zinc
- 6,20g e acido bórico
- 0.02g de molibdato de amonio
- 15 a 50g de quelato de hierro (6% Fe)

En dos litros de agua se vierte una por una las sales siguiendo el orden descrito y agitando siempre. No añadir ninguna otra hasta total disolución; completar hasta 4 litros (La huerta hidropónica, 2003, modulo 6).

APLICACIÓN DE LA SOLUCION NUTRITIVA.

Nunca mezclar la solución concentrada A con la solución concentrada B sin diluir previamente. La mezcla solo debe hacerse en agua: una primero, la otra después.

La proporción en que se debe ser utilizada en los cultivos es 5:2 (5 partes de sol. Conc. A por 2 partes de sol. Conc. B).

Para plantas pequeñas (entre el 1 y 7 días de germinadas) o recién trasplantadas (entre el 1 y 7 día después del trasplante) se emplea la concentración media (2,5:1)

Para plantas de mayor edad (después del 10 día de nacidas o del 7 de trasplantadas) debe usarse la concentración total (5:2)

Para FVH se utilizan concentraciones (1,25:0,5) (La huerta hidropónica, 2003, modulo 6).

APLICACIÓN DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN SUSTRATOS.

Para cultivos en sustrato: utilizar 2,0 a 3,5 litros por cada metro cuadrado de cultivo, si se observar sequedad del sustrato en verano durante el día aplicar riego solo con agua.

La aplicación debe realizarse diariamente en la mañana temprano, a excepción de un día a la semana. Ese día se debe regar con agua solo para arrastrar los excesos de sales que se pudieran haber acumulado dentro del sustrato (La huerta hidropónica, 2003).

APLICACIÓN DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN MEDIO LÍQUIDO.

En cultivos en medio líquido es necesario calcular la cantidad de agua del contenedor.

$$\begin{aligned}\text{Volumen} &= \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{alto} \\ &= 150 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 10 \\ &= 150.000 \text{ cm}^3 : 1000 = 150 \text{ litros}\end{aligned}$$

Para 150 litros se requieren:

Por cada litro de agua: 5 cc sol. Conc. A mas 2 cc Sol. Conc. B
750 cc sol. Nut. A mas 300 cc sol. Nut. B

MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA

Agitar manualmente (formar burbujas) a lo menos dos veces al día el agua del contenedor para airear e incorporar oxígeno al medio líquido. Esto permite a las raíces absorber el agua y elementos nutritivos.

Cada vez que el nivel del agua baja debemos rellenar solo con agua. Cada tercera vez que rellenemos, añadir la cantidad de agua de relleno solución nutritiva de concentración media (2,5:1) (La huerta hidropónica, 2003. Modulo 6).

METODOS DE PRODUCCION.

El proceso a seguir para una buena producción de FVH, debe considerar los siguientes elementos y etapas:

-Selección de las especies de granos utilizados en FVH. Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir. La producción de FVH utilizando semillas de alfalfa no es tan eficiente como con los granos de gramíneas

debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje (FAO, 2001).

-Selección de la Semilla: En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local. Es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con curasemillas, agentes pre emergentes o algún otro pesticida tóxico (FAO, 2001).

-Lavado de la semilla: Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de Hipoclorito de sodio al 1% ("solución de lejía", preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito o "lejía", no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001).

-Remojo y germinación de las semillas. Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo lo dividiremos a su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido las sumergimos nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado (FAO, 2001).



Figura. 7 Pregerminación, la semilla después de haber sido tratada.

Mediante este fácil proceso estamos induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión. Esta pre germinación nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo estaremos utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas (FAO, 2001).

Debemos recordar que la etapa de remojo o pre germinación debe ser realizada con las semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera, las cuales sumergimos en bidones o recipientes de material plástico no debiéndose usar recipientes metálicos dado que pueden liberar residuos u óxidos que son tóxicos para las semillas en germinación. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas y a razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla (FAO, 2001).

-Dosis de Siembra. Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos (FAO, 2001).

-Riego de las bandejas. El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo (FAO, 2001).

Al comienzo (primeros 4 días) no deben aplicarse más de 0,5 litros de agua por metro Cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros por metro cuadrado. El Volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las Condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH. 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).

Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible. Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersión sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua. En los sistemas hidropónicos con control automático, el riego se realiza mediante aspersiones muy reducidas por 10 minutos, cada 6 horas (Hidalgo, 1985).

-Riego con Solución Nutritiva. Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Recordemos brevemente que el Manual FAO "La Huerta Hidropónica Popular" indica que la solución nutritiva allí expuesta se puede utilizar para la producción de FVH a una concentración de "¼ full", es decir, por cada litro de agua usamos 1,25 cc de solución concentrada "A" y 0,5 cc de solución concentrada "B". Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces (FAO, 2001).

SIEMBRA EN CHAROLAS DE PLÁSTICO

Tratamiento de charolas.

Las charolas son lavadas y posteriormente son sumergidas en una solución de 1lt de cloro en 100 lt de agua durante 1 minuto. Después se sacan y se dejan secar al aire libre (Marulanda. T. C, 2003).

Siembra en charolas

Una vez reposadas las semillas, estas son depositadas en las charolas de germinación, para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm de altura o espesor. Inmediatamente las charolas son llevadas a los racks. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Mediante esta técnica le estamos proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Recordemos que el FVH es una biomasa que se consumirá dentro de un período muy reducido de tiempo. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel (Marulanda. T. C, 2003).



Figura 8. Siembras en bandejas de semilla pregerminada

PROCESO DE GERMINACIÓN

Se describe el proceso de la siguiente manera:

El primer paso para que se inicie la germinación es que la semilla entre en contacto con el agua. Ésta es fundamental para que la semilla se rehidrate y exista un medio acuoso donde los procesos enzimáticos puedan llevarse a cabo. La semilla requiere de una pequeña cantidad de agua para rehidratarse, generalmente no más de 2 a 3 veces su peso seco (Moreno. P. 2000).

La hidratación de una semilla se produce en tres fases.

En la fase I se lleva a cabo la absorción inicial del agua (imbibición) y es consecuencia de las membranas celulares y de las fuerzas ejercidas por los contenidos; ocurre tanto si la semilla está viable como si no lo está, si está latente o no. Es independiente de la actividad metabólica de la semilla, aunque ésta se inicia rápidamente con la entrada del agua.

La fase II corresponde a un periodo de rezago. Las semillas muertas y las latentes mantienen este nivel de hidratación. Para las semillas que no están latentes es un periodo de metabolismo activo que prepara la germinación; para las semillas latentes también es un periodo de metabolismo activo y para las muertas es un periodo de inercia.

La fase III está asociada con la germinación y sólo la presentan las células viables, no latentes. Durante esta fase obviamente hay actividad metabólica, incluyendo el inicio de la movilización de las reservas almacenadas. Durante la germinación las células gastan energía. El requerimiento energético de las células vivas se mantiene generalmente por procesos de oxidación, en la presencia o ausencia de oxígeno (respiración y fermentación respectivamente). Comprenden un intercambio de gases, una liberación de bióxido de carbono en ambos casos y una entrada de oxígeno en el caso de la respiración. Se dice que una semilla ha germinado cuando aparecen las primeras señales de crecimiento; en primer lugar emerge la radícula y después aparece el hipocótilo o plumala. La extensión del eje embrionario, o sea todo el embrión excepto los cotiledones, se debe principalmente a la imbibición del agua y al inicio de acumulación de nuevo tejido (Moreno. P. 2000).

PROMEDIO DE CRECIMIENTO DIARIO.

Crecimiento: Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje son: la luz, temperatura, humedad, oxigenación y gas carbónico. La duración del día o foto periodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva ya que causa quemaduras sobre las charolas superiores. La temperatura ideal es de 21° C y debe ser lo mas constante posible.

El período de crecimiento dura de 10 a 14 días (tabla 1), dependiendo de las condiciones climáticas, para obtener forraje con una altura promedio de 20 a 25 centímetros (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).



Figura. 9. periodo de crecimiento del FVH.

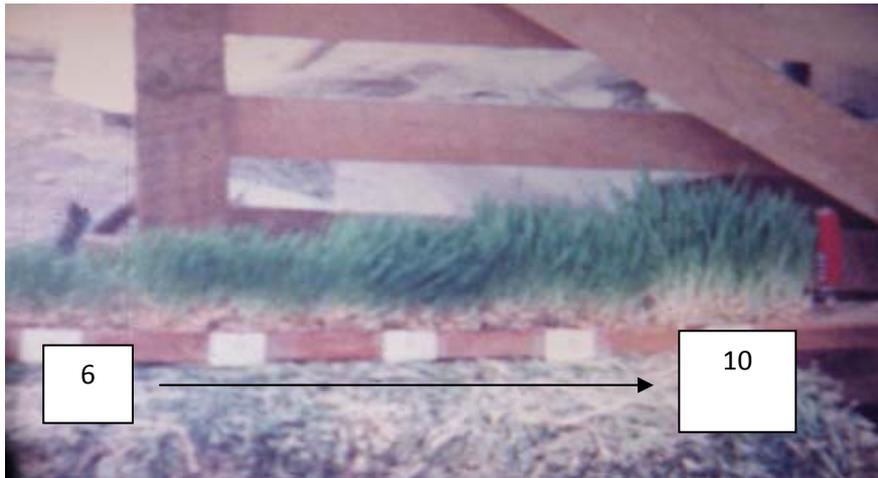


Figura 10. Estados de crecimiento diario durante los 10 primeros días para un FVH de cebada.



Figura 11. FVH Listo Para ser Consumido por los Animales

Como el cultivo de forraje hidropónico es un cultivo de raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá de establecer un ambiente con alta humedad relativa, mayor del 85%. Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y la evapotranspiración.

de las plantas. A la vez, es necesaria una buena aireación para obtener el intercambio gaseoso (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

Cuadro 1. ANALISIS DE PROTEINAS DE UNA PLANTA COMPLETA CON DIFERENTES DIAS DE SIEMBRA.

ANALISIS DE PROTEINA DE UNA PLANTA COMPLETA CON DIFERENTES DIAS DE SIEMBRA			
Cantidad Sembrada por Bandeja (gr.)	Días de Siembra	Humedad	Proteína Total (%)
1000.00	14	84.9	13.4
	13	81.0	13.3
	12	82.1	17.4
	11	85.0	16.8
	10	91.1	13.8

En éste estado la planta, tanto en su parte aérea como en su zona radicular, está en un crecimiento acelerado; posee poco contenido de fibra y un alto contenido de proteína (Tabla 2), parte de la cual se encuentra en formación, por lo que gran cantidad de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechados por los animales que las consumen (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

Cuadro 2. CUADRO COMPARATIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO.

CUADRO COMPARATIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO				
	F.V.H.	CONCENTRADO	HENO	PAJA
Energía(kcal/Kg.MS)	3.216	3.000	1.680	1.392
Proteína en Cebada (%)	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	12.8
Mcal= 1.000 x Kcal		F.V.H.=forraje verde hidropónico		
MS= Materia seca				

En términos generales, entre los días 10 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días (FAO, 2001).

Se han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo. Asimismo, un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5 cc de "A" y 1 cc de "B" a partir del 4° día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del FVH. (Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997) (FAO, 2001).

La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza entre los días 7° y 8° por lo que un Mayor volumen y peso de cosecha debe ser compatibilizado con la calidad dado que el factor tiempo pasaría a convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción. Se ha documentado que períodos de tiempo de 7 a 10 días son más que suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje hidropónico. Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de calidad en general del FVH resultante (FAO, 2001).

TERMINO DE GERMINACION Y PREPARACIÓN PARA SU USO EN LA ALIMENTACION DEL GANADO.

Cosecha: Esta se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.

Como consecuencia obtendremos un gran tapete radicular, ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra. Este Tapete esta formado por las semillas que no alcanzan a germinar, las raíces y la parte aérea de 25 centímetros o más de altura (Gobierno del estado de Chihuahua, 2002).

La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi-germinadas (FAO, 2001).

Todo esto forma un sólo bloque alimenticio, el cual es sumamente fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado, para favorecer una fácil ingesta y evitar rechazos y pérdidas de forraje en el suelo. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, sin embargo, no existen problemas sanitarios de conservación por unos cuantos días, salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional (Sánchez, 1997).

Una vez que se ha cumplido los días a su cosecha, el forraje es retirado del modulo y desmenuzado para ofrecerlo al ganado, procurando que al momento de su cosecha, no este con mucha humedad para suministrarlo, esto para evitar posibles problemas con timpanismo o un desorden fisiológico, por lo tanto airear un poco (Aguilar. L. R, y otros 2008).

Por su color, textura, palatabilidad, etc. confiere a este tipo de forraje que el ganado lo consuma libremente combinado con otros alimentos para completar su ración alimenticia (Aguilar. L. R, y otros2008).

Dosis de FVH recomendadas según especie animal.

El FVH se debe ofrecer combinado con otros alimentos de tal forma que la ración sea completa

Cuadro 3. DOSIS DE FVH RECOMENDADAS SEGÚN ESPECIE ANIMAL.

Especie animal	Dosis de FVH Kg. Por cada 100kg. De peso vivo	Observaciones
Vacas lecheras	1-2	Suplementar con paja de cebada y otras fibras
Vacas secas	0,5	Suplementar con fibra de buena calidad
Vacunos de carne	0,5-2	Suplementar con fibra normal
Cerdos	2	Crecen mas rápido y se reproducen mejor
Aves	25kg de FVH/ 100 kilos de alimento seco	Mejoran el factor de conversión
Caballos	1	Agregar fibra y comida completa. Mejoran performance en caballos de carrera, paso y tiro
Ovejas	1-2	Agregar fibra
Conejos	0,5-2 ()	Suplementar con fibra y balanceados

GANADO LECHERO



Figura 12. Ganado vacuno lechero alimentándose con FVH, México



Figura 13. Consumo de FVH en vacas lecheras.

Para definir la ración de alimento complementario se toma como punto de partida el contenido de proteína y porcentaje de materia seca del FVH. Un kg de FVH contiene de un 20 a 22% de materia seca y un 16 18% proteína (Gómez. D. E, 2006.)

Cuadro 4. ALIMENTACIÓN EN GANADO LECHERO CON ALIMENTO BALANCEADO Y FVH / ANIMAL DE ACUERDO AL CICLO DE PRODUCCIÓN.

Baja producción	Mediana producción	Alta producción
15 kg de FVH	20 kg de FVH	22 kg de FVH

GANADO PARA CARNE



Figura 14. Consumo de FVH en ganado de carne.

Cuadro 5. ALIMENTACIÓN EN GANADO OVINO DE ENGORDA CON ALIMENTO BALANCEADO Y FVH / ANIMAL DE ACUERDO AL CICLO DE PRODUCCIÓN.

LEVANTE	ENGORDE
13 kg de FVH	17 kg de FVH

POSIBLES ENFERMEDADES.

La producción de plantas en cultivo hidropónico se puede ver afectada por enfermedades que afectan el crecimiento y la calidad del cultivo. Las enfermedades que se observan con mayor frecuencia son causadas por hongos, ya sea afectando el follaje o las raíces. Además, se pueden observar, en algunos casos, síntomas de toxicidad o deficiencia de nutrimentos (Wanda. I, 1998).

Los factores ambientales más importantes en estos sistemas son la temperatura, la humedad, el flujo de aire y pH y la composición de la solución nutritiva. Cualquier desbalance en alguno de estos factores puede contribuir a que el cultivo se vuelva más susceptible a enfermedades o a que se observen síntomas de deficiencia o exceso de nutrimentos (Wanda. I, 1998).



FIGURA 15. Suinos consumiendo FVH.



FIGURA 16. Consumo de FVH en caballos

ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS.

SANCOCHO Y PUDRICIÓN DE LA RAÍZ

PYTHIUM SPP., FUSARIUM SPP.



Figura. 17 Fusarium

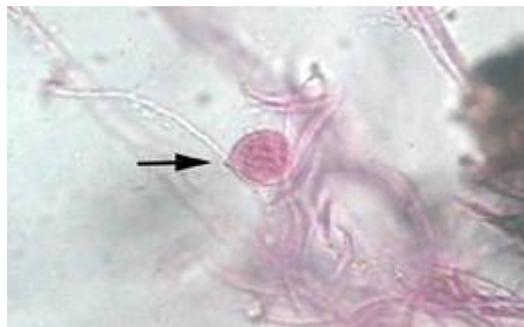


Figura 18. Pythium

Estos hongos causan la muerte de plántulas en el semillero y pudrición de las raíces en el hidropónico lo que se traduce en producción de plantas de desarrollo pobre y baja calidad. Pythium spp. es el hongo más común asociado a pudriciones de la raíz en

cultivos hidropónicos. El sancocho de las plántulas en el semillero se debe principalmente a medidas sanitarias pobres durante la germinación, como lo son:

El exceso de humedad en el medio de crecimiento, aireación pobre y alta densidad de Plántulas. Este hongo sobrevive en el polvo y partículas de suelo en el piso. Se Disemina a través de las manos, herramientas e insectos como la mosquita de los Hongos. La recirculación de la solución de nutrientes hace fácil su diseminación a todo el cultivo. Las plantas infectadas por hongos de la raíz temprano durante su desarrollo pueden sufrir de enanismo y no alcanzar la madurez (Wanda. I, 1998).

RHIZOCTONIA SP.



Figura 19. Rhizoctonia

Afecta la vena central de las hojas en la base de la planta, se desarrollan áreas necróticas hundidas de color marrón al final de la vena, donde la hoja está húmeda por la solución de nutrientes. Las hojas afectadas se ven marchitas y amarillas (Wanda. I, 1998).

TIZÓN FOLIAR
ALTERNARIA SPP.



Figura 20 .Alternaria

Esta enfermedad es muy común en cilantrillo. Al principio se observan manchas pequeñas de color crema con bordes marrón en las hojas. En condiciones de mucha humedad estas manchas se unen y los bordes de las hojas toman un color marrón hasta que toda la hoja se seca y ocurre defoliación. Esta enfermedad se favorece en climas tibios y húmedos. Períodos prolongados de humedad en las hojas favorecen la infección por este hongo. Este hongo sobrevive en los residuos de cosecha (Wanda. I, 1998).

MANCHA FOLIAR
CERCOSPORA SP.



Figura 21. Cercospora

Las manchas foliares causadas por *Cercospora* se observan particularmente en regiones cálidas y húmedas. Se ha observado afectando lechuga y cilantrillo. Los síntomas observados son manchas circulares de color crema o marrón que en condiciones de alta humedad son más numerosas y se unen para formar manchas más grandes e irregulares. Ya en este grado de infección las hojas se marchitan, mueren y se caen. Las esporas son diseminadas por la solución de nutrientes de una planta a otra, infectándose las hojas inferiores al estar en contacto con la solución (Wanda. I, 1998).

AÑUBLO POLVORIENTO

ERYSIPHE CICHORACEARUM

SPHAEROTECA FULIGINEA



Figura 22. Erysiphe cichoracearum

Se puede observar un crecimiento blanco polvoriento en las hojas y tallos de las plantas infectadas. Se observa frecuentemente en pepinillo y con menor frecuencia en lechuga. Es favorecido por alta densidad de siembra y baja intensidad de luz. Una alta humedad relativa (> de 95%) favorece la infección por este hongo y condiciones secas favorecen la colonización del tejido por el hongo y su diseminación (Wanda. I, 1998)

MOHO GRIS
BOTRYTIS SP.



Figura 23 .Moho gris



Figura 24. Botrytis

El moho gris afecta plantas jóvenes dañadas durante el trasplante. Este hongo entra por heridas a las hojas y tallo y la proximidad de la solución nutritiva provee condiciones húmedas adecuadas para la infección. La enfermedad se identifica por la presencia de un crecimiento gris encima de estos órganos y eventualmente se pudre el tejido. (Wanda. I, 1998)

PRINCIPALES CULTIVOS QUE SE PUEDEN ESTABLECER BAJO HIDROPONIA.

ESPECIES:

Acelga, apio, berenjena, brócoli, cebolla, coliflor, espinaca, lechuga, repollo, pimiento, tomate, tomillo, avena, cebada, maíz, trigo y sorgo (Aguilar. L. R. y otros, 2008).

Una de las plantas más utilizadas con fines forrajeros ha sido el maíz, por su elevado valor nutritivo y altos rendimientos (Aguilar. L. R. y otros, 2008).

RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS.

Con el uso del FVH será posible aumentar la carga animal por hectárea; así tendremos (considerando un consumo de forraje por vaca de 36 kilos/día).

Cuadro 6. RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS.

Tipo de forraje	Rendimiento (ton/ha/año)	Carga animal (vacas/ha)
Alfalfa	60	4.5
Maíz forrajero	180	12.5
Alfalfa + FVH	90	6.8
Maíz f. + FVH	260	18.0

CARACTERÍSTICAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.

El siguiente cuadro ha sido confeccionado con información de diferentes autores

Cuadro 7. CARACTERÍSTICAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Digestibilidad	80-92	%
Proteína cruda	13-20	%
Fibra cruda	12-25	%
Grasa	2.8-5.37	%
E.L.N	46-67	%
N.D.T	65-85	%
vitamina A	25.1	UI/kg
vitamina C	45.1-154	Mg/kg
Vitamina E	26.3	UI/kg
Calcio	0.11	%
Fosforo	0.30	%
PH	6.0-6.5	%
Palatabilidad	Excelente	
Materia seca	12-20	%

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

NDT: Nutrientes Digestibles Totales

COMPARACIÓN ECONÓMICA CON OTROS FORRAJES.

En el siguiente cuadro se puede observar que el costo del FVH aparentemente es mayor al del maíz forrajero (chala), pero debemos considerar la digestibilidad de estos forrajes, Así tendremos que de 1,000 kilos de FVH, 850 kilos son digestibles, mientras que en el maíz forrajero, de los 1,000 kilos iniciales, sólo 550 kilos son utilizables. De esta manera se tiene que el costo por Kg. de FVH digestible (S/. 0.169) es menor al del maíz forrajero (S/. 0.218) (Aguilar. L. R. y otros, 2008).

Cuadro 8. COMPARACIÓN ECONÓMICA CON OTROS FORRAJES.

Datos	FVH	MAIZ FORRAJERO
Precio/toneladas	144	120
Forraje fresco	1000	1000
Digestibilidad	85	55
Forraje digestible	850	550
Precio/kg/ forraje digestible	0.169	0.218

CONCLUSIONES FINALES.

El análisis de la información recabada nos permite concluir:

1. El FVH es un forraje de alta calidad.
2. El uso del FVH en un hato lechero permitirá una mayor rentabilidad, por efectos en la producción, reproducción y sanidad en los animales.
3. El costo inicial para la instalación de una unidad de FVH, es mucho menor al de un sistema tradicional, para la producción de forrajes.
4. La instalación de una Unidad de FVH, nos asegura la disponibilidad de forraje los 365 días del año, independiente de toda variación climática (Aguilar. L. R. y otros, 2008).

ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS PARA F.V.H

Los estudios bromatológicos nos proporcionan datos como las características, la composición cualitativa y cuantitativa de los alimentos; los cuales nos permiten conocer que es lo que le aportamos en su dieta a nuestros animales.

Nota: Los valores nutricionales fueron obtenidos con la cosecha de 8 a 15 días dependiendo directamente del tipo de semilla cultivada, por lo que los datos son aproximados y dependiendo de la metodología aplicada pueden observarse diferencias significativas (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

Cuadro 9. VALOR NUTRICIONAL DEL TRITICUM SPP (TRIGO).

DETERMINACIÓN	UNIDAD	VALORES
Proteína bruta	%	16.8
Proteína soluble	%	11.98
Extractos etéreos	%	4.41
Minerales	%	3.31
Calcio	%	0.202
Fosforo	%	0.43
Caroteno	PPM	33.14
Vitamina E	PPM	414
Rivoflavatina	PPM	1.89
Tiamina	PPM	1.09
Niacina	PPM	8.82
Vitamina C	PPM	4.5
Fibra detergente neutra	%	41.04
Fibra detergente acida	%	23.31
Lignina	%	4.17
Celulosa	%	19.61
Digestibilidad	%	81.6

Cuadro 10. VALOR NUTRICIONAL DEL ZEA MAYS SPP (MAÍZ).

DETERMINACION	UNIDAD	VALORES
Proteína cruda	%	15.2
Energía B	%	4.1
Energía metabólica	Mcal. Kg.1 MS	2.5
Fibra detergente acida	%	28.7
Lignina	%	6.4
Celulosa	%	21.8
Materia seca	%	20.9
Cenizas	%	6.7
Calcio	%	0.20
Magnesio	%	0.25
Potasio	%	0.79
Sodio	%	0.22
Fosforo	%	0.33
Hierro	PPM	102
Zinc	PPM	48
cobre	PPM	11

Cuadro 11. VALOR NUTRICIONAL DEL SORGHUM SPP (SORGO).

DETERMINACION	UNIDAD	VALORES
Masa seca	%	11.48
Proteína cruda	%	10.47
Cenizas	%	6.54
Fibra neutro detergente	%	66.66
Celulosa	%	30.96
Hemicelulosa	%	21.42
Lignina	%	14.28
Fibra acido detergente	%	45.17
Calcio	%	0.53
Fibra bruta	%	28.78
Fosforo	%	0.25
Magnesio	%	0.22
Proteína bruta	%	16.31

Cuadro 12. VALOR NUTRICIONAL DEL AVENA SATIVA SPP (AVENA).

DETERMINACION	UNIDADES	VALORES
Proteína bruta	%	12.22
Fibra neutro detergente	%	53.35
Fibra bruta	%	28.30
Fibra ácido detergente	%	31.66
Lignina ácido detergente	%	3.97
Cenizas	%	8.78
Calcio	%	0.59
Manganeso	PPM	715
Fosforo	%	0.24
Hierro	PPM	35
Cobre	PPM	13.50
Molibdeno	PPM	7
Cobalto	PPM	4.20

Cuadro 13. VALOR NUTRICIONAL DEL MEDICAGO SATIVA (ALFALFA).

DETERMINACION	UNIDADES	VALORES
Proteína bruta	%	20.82
Fibra acido detergente	%	31.12
Celulosa	%	23
Cenizas	%	11.76
Molibdeno	PPM	10
Calcio	%	1.94
Magnesio	%	0.29
Potasio	%	2.43
Sodio	%	0.18
Fosforo	%	0.25
Hierro	PPM	16
Cobre	PPM	50
Fibra bruta	%	27.47
Fibra neutro detergente	%	39.53

Cuadro 14. VALOR NUTRICIONAL DEL HORDEUM SPP (CEBADA).

DETERMINACION	UNIDADES	VALORES
Proteína bruta	%	13.25
Fibra acido detergente	%	28.77
Lignina acido detergente	%	3.18
Cenizas	%	8.55
Calcio	%	0.41
Magnesio	%	0.12
Fosforo	%	0.28
Fibra bruta	%	24.75
Fibra neutro detergente	%	52.85

Cuadro 15. VALOR NUTRICIONAL DEL ORYZA SATIVA (ARROZ).

DETERMINACION	UNIDADES	VALORES
Masa seca	%	15.82
Proteína cruda	%	7.92
Cenizas	%	7.92
Fibra neutro detergente	%	58.25
Celulosa	%	27.76
Hemicelulosa	%	19.82
Lignina	%	10.67
Fibra acido detergente	%	38.54

(Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

EFFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PRODUCCIÓN.

Diferentes autores mencionan algunas ventajas del FVH:

- Aumento en la producción de leche de 10 a 23.7 %
- Aumento en la grasa de la leche de 13.4 a 15.2 %
- Mejora la Fertilidad.
- Mejora la salud del animal.
- Disminución de la incidencia de mastitis

Con el forraje hidropónico se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados. Representa una dieta completa que incluye carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas, cuando es suministrada en su totalidad (Aguilar. L. R. y otros, 2008).

Con el uso de forraje verde hidropónico se podrán obtener excelentes resultados en la alimentación de vacunos y otros animales.

La relación de producción es de 1 a 9, o sea que con cada kilogramo de semilla utilizado se obtienen 9 kilogramos de forraje verde hidropónico. No es difícil el llegar a relaciones de 1 a 12 y de 1 a 15 (Olivas, T H, 2000).

Su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad, a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos. Para la alimentación de vacunos se suelen suministrar al día de 12 a 18 kilogramos de forraje en cuestión, para ganado de leche se deben de repartir en dos raciones, generalmente a las horas de los ordeños, suprimiendo otros complementos, como los concentrados, la anterior ración es suficiente para complementar en forma adecuado la dieta de una vaca lechera al aportar hasta 1800 kilogramos de proteína por día (Olivas, T H, 2000).

Se debe suministrar de 12 a 18 kg de Forraje Verde Hidropónico (FVH), repartidos en dos raciones, generalmente a las horas de ordeña, suprimiendo otros complementos, como los concentrados (Olivas, T H, 2000).

En Investigaciones recientes se ha descubierto que al aportar hasta 1800 gramos de proteína por día, se encuentran aumentos en la producción lechera entre un 10 a 20%, en comparación con dietas tradicionales (Olivas, T H, 2000).

En vacas lecheras de la raza Holstein, en el estado de México, al ser alimentadas con forraje hidropónico, mostraron evidencias de su dieta después de la tercera semana; comenzando con una brillantez en el pelo así como una ganancia de 180 gramos en promedio diariamente con respecto a su peso vivo; también se incremento un 12% la producción de leche, se disminuyó el índice de mastitis en 40% y aumentó el índice de fertilidad en un 16 % (Hidroenvironmet, 2008).

En vacas de baja producción de leche, se les alimento con Forraje Verde Hidropónico (FVH) durante 60 días con una ración que fue de 9 kg de FVH hasta los 20 kg diarios por cabeza. Desde la primera semana, se incremento en promedio 23.7% la producción de leche, aunque existieron vacas que obtuvieron hasta un 40% de incremento (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

Uno de los problemas que enfrentan los ganaderos, cuando incrementan la producción lechera, es la disminución de la fertilidad en el animal. Los resultados obtenidos con Forraje Verde Hidropónico (FVH) respecto a la fertilidad son buenos. En comparación con vacas alimentadas bajo dietas tradicionales, el 53% resulto preñada en el primer servicio; mientras que un 62% de las vacas que consumían 12 kg al día de Forraje Verde Hidropónico (FVH) fueron preñadas en el primer servicio (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

En lo que respecta a la incidencia de mastitis, en las vacas con dietas tradicionales fue de 13.3%, mientras que las vacas que consumían 12 kg al día de Forraje Verde Hidropónico (FVH) fue de 4.4% (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

En el ganado productor de carne, se ha observado una disminución de grasas amarillas y una mayor proporción de grasas blancas; además de que la carne presenta una excelente apariencia (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

Para este tipo de ganado se recomienda suministrar en la etapa de levante 13 kg de Forraje Verde Hidropónico (FVH), mientras que en la etapa de engorde se debe suministrar 17 kg de Forraje Verde Hidropónico (FVH) (Análisis bromatológicos para FVH, 2000).

PRUEBAS O EXPERIMENTOS QUE SE HALLAN REALIZADO CON ESTOS MATERIALES

Después de haber comprobado la factibilidad de la producción de trigo y alfalfa en hidroponía, las plantas fueron sometidas a prueba en una vaca lechera, también se tomo como testigo a otra vaca que fue alimentada con un tercio de fardo de heno al día, aproximadamente 6 Kg., para poder compararla con la vaca alimentada con el forraje hidropónico. Ambas vacas parieron casi en el mismo día, están en la segunda lactancia y casi siempre produjeron la misma cantidad de litros de leche (Tavarone. M, 2002).

Los primeros días (que no fueron tomados en cuenta en la medición de leche), se quiso comprobar si la vaca aceptaba o no el alimento, dándole cuatro bandejas de trigo y una de alfalfa. Se observo que al principio se resistía al cambio de alimentación, pero al cabo de estos días aceptó el cambio. Echa esta comprobación, la vaca fue alimentada durante siete días con seis bandejas de trigo y una de alfalfa cultivadas por el método de hidroponía: tres bandejas de trigo y una de alfalfa a la mañana, y tres de trigo la tarde (Tavarone. M, 2002).

Día a día se tomó la altura y peso de las bandejas que se les dieron a las vacas, la producción láctea de ésta, y se comparó con la vaca testigo (Tavarone. M, 2002).

El primer día la vaca comió 1,965 Kg. de forraje hidropónico y produjo 13 litros de leche mientras que la testigo dio 11 litros. El segundo día comió 2,175 Kg. y dio 9 litros de leche, mientras que la testigo dio 8 litros. Esta baja en la producción láctea se debió

a que llovió, y por esta causa es que las vacas reducen su producción láctea. El tercer día también llovió y ambas vacas dieron 7 litros cada una. Este día la vaca comió 2,156 Kg. El cuarto día llovió poco, por lo que la vaca produjo 10 litros y la vaca testigo 7, habiendo comido 1,785 Kg. El quinto día dio 15 litros y la vaca testigo 12, comiendo 1,310 Kg. Debido a que el sábado y el domingo no fueron ordeñadas, el sexto día se tuvo que bajar la producción láctea dos litros, dando un total de 16 litros, mientras que la vaca testigo dio 10, habiendo comido 1,910 Kg. El séptimo y último día llovió, por lo cual, la vaca dio 13 litros y la vaca testigo 12, comiendo 1,955 Kg. Uno de los problemas que se planteó fue que la vaca que utilizamos para la experimentación le asesinaron el ternero el sexto día, lo cual se vio reflejado en la baja de la producción láctea del séptimo día (Tavarone. M, 2002).

A pesar de los inconvenientes que se presentaron, la vaca que fue alimentada con forraje hidropónico dio mayor producción de leche que la vaca que se usó de testigo (Tavarone. M, 2002).

CONCLUSIONES.

El método hidropónico para la producción de forraje es una buena alternativa para reactivar la economía del campo en el sector ganadero en regiones en que el agua sea un factor limitante, así como en lugares de clima extremo, permitiría mantener la alimentación de los animales aún cuando las condiciones climáticas no sean favorables para el pastoreo natural.

El uso del FVH nos ofrece una seguridad alimentaria en cuanto al suministro constante de alimentos y nutrientes al animal si contamos con reservas de semillas a costos aceptables, es un alimento muy apetecible por parte del animal, presentando un buen sabor y una agradable textura, dado que el FVH se entrega en estado fresco, y no es necesario disponer de bodegas, suprimiéndose de esta forma los costos de construcción de las mismas, así como su mantenimiento.

A través de la implementación de esta técnica se obtiene un significativo ahorro de agua, recurso éste cada vez más limitante y clave en nuestro desarrollo productivo.

LITERATURA CITADA.

- AGUILAR. L .R, et. (2008). FVH una alternativa de producción para el ganado en zonas áridas. Argentina.
- ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS PARA FVH, (2000), (en línea), hydro environment, www.hydroenvironment.com.mx
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN HIDROPONÍA Y NUTRICIÓN, (2006), (en línea), producción de forraje verde hidropónico para la alimentación animal, disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/FEV.ntm>.
- ESPONOSA.R. M, (2005) proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en santa María chachopan nochixtlan, Oaxaca.
- FAO. (2001), Manual técnico del forraje verde hidropónico, primera edición, Santiago de Chile.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, (2002), doing business in chihuahua (en línea) forraje verde hidropónico.
- GÓMEZ. E.D, (2006), manual para producir forraje verde hidropónico, primera edición,
- HIDALGO M. (1985). Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. Chillán – Chile.
- HIDROENVIROMENT, (2008), nutrición, dieta y alimentación para tus animales con FVH.
- LA HUERTA HIDROPÓNICA POPULAR, (2003), módulo 6, curso y material grafico para capacitadores, FAO.
- MARULANDA. T, (2003), hidroponía familiar, primera edición, fudesco armenia, Colombia.
- MORENO, P. (2000) Vida y obra de granos y semillas, Despertando una vez más, [En línea], disponible en <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/vidayob.ht>
- OLIVAS. T.H, (2000), producción de FVH, edición propia, buenos aires argentina.
- RED HIDROPÓNICA, (2000), boletín informativo no. 7, editorial universidad nacional agraria la molina
- SÁNCHEZ (1997), la experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay, boletín informativo de la red hidropónica, lima Perú
- SÁNCHEZ. C, (2004), hidroponía paso a paso, ediciones ripaime. Lima. Perú
- SICA (2000), cultivos controlados (en línea) quito-educador, disponible en <http://www.Sica.Grov.Ec/>

TAVARONE. M. (2002), cada vaca con su dieta, ciencia y tecnología, escuela agrotecnica salesiana, Argentina.

WANDA. I. (1998), enfermedades de los hidropónicos, servicio de extensión agrícola.