

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**ESTUDIO DEL EFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA
ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS**

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

MARGARITA DE LA TORRE VARGAS

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2010



CENTRO DE INFORMACIÓN

05 AGO 2010

RECIBIDO

094

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**ESTUDIO DEL EFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA
ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS**

CASO DE ESTUDIO

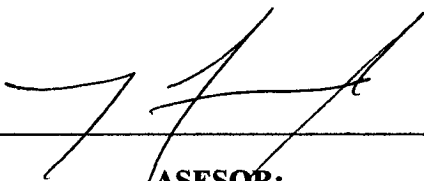
**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

MARGARITA DE LA TORRE VARGAS



ASESOR:

DR. MARCO ANTONIO ARELLANO

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2010

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**ESTUDIO DEL EFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA
ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS**

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

MARGARITA DE LA TORRE VARGAS

SINODALES:



M.C. JUANITA FLORES VELÁSQUEZ



M.C. EDUARDO TREVIÑO LÓPEZ

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2010

ESTUDIO DEL EFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN LA ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS

CONTENIDO	Página
Índice	i
Índice de Cuadros	ii
Índice de Figuras	iii
	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. OBJETIVO DEL CASO DE ESTUDIO	3
III.1. Objetivos de la Alimentación con Forraje Verde Hidropónico (FVH)	3
IV. REVISIÓN DE BIBLIOGRÁFICA	
IV.1. Materiales Plásticos para la Producción de Forraje Verde Hidropónico	4
IV.2. Uso de Forraje Verde Hidropónico	10
IV.3. Ventajas y Desventajas del Forraje Verde Hidropónico	12
IV.3.1. Ventajas	12
IV.3.2. Desventajas	16
IV.4. Factores que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico	17
IV.5. Metodología de Producción de Forraje Verde Hidropónico	22
IV.6. Instalaciones para el Cultivo de Forraje Verde Hidropónico	30
IV.6.1. Clasificación Según su Grado de Complejidad	31
IV.7. Forraje Verde Hidropónico como Alimento para Animales	32
IV.8. Consumo de Forraje Verde Hidropónico en el Ganado	33
IV.9. Estudios Realizados en la Alimentación de Animales con Forraje Verde Hidropónico	35
IV.9. 1.Hábitos de Alimentación de Ganado Caprino y Estudios Realizados con Forraje Verde Hidropónico	41
IV.11. Resultados de Investigación Sobre Forraje Verde Hidropónico en el CIQA	45

V. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	47
VI. ÁREAS DE OPORTUNIDAD	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. REFLEXIONES	53
IX. NOMENCLATURA	54
X. LITERATURA CITADA	55

ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.	12
Cuadro 2. Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento.	14
Cuadro 3. Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.	14
Cuadro 4. Calidad del agua de riego en relación a la obturación de goteros.	21
Cuadro 5. Elementos minerales esenciales para las plantas.	27
Cuadro 6 Análisis Nutricional.	33
Cuadro 7. Variaciones de peso vivo de terneros bajo 3 niveles de inclusión de FVH de avena en la dieta. (kg de Peso Vivo/Animal/Día).	38
Cuadro 8. Conversión alimenticia de las raciones con 3 niveles de Inclusión de FVH de avena en reemplazo de los concentrados Niveles de Inclusión de FVH de Avena (%).	39
Cuadro 9. Costo de alimentación por kilo de aumento de Peso Vivo durante 63 días de engorde.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Invernadero acondicionado para la producción FVH	4
Figura 2. Estantes para la producción FVH	5
Figura 3. Charolas para la producción de FVH	7
Figura 4. Marcas para la perforación de las charolas	7
Figura 5. Perforación con cautín	8
Figura 6. Perforación con desarmador	8
Figura 7. Perforaciones en un solo lado de la charola	9
Figura 8. Malla sombra ideal para la producción de FVH	10
Figura 9. Forraje verde hidropónico como alimento para el ganado	34
Figura 10. Alimentación de cabras lecheras con FVH	40

I. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) 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 FVH o “green fodder hydroponics” es forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.

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

La calidad nutricional del FVH es producida 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 FVH 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.

Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas, caballos; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas, patos, entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde.

II. ANTECEDENTES

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

Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1990; y Ñíguez, 1988).

El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

El forraje se hace escaso para alimentar a los animales ya sean vacas lecheras, toros de engorde, cabras, ovejas, caballos, jabalíes, conejos, etc. Además de la disminución de terreno para siembra exclusiva de pasto forrajero, el aumento de mas del 115% de cultivos agrícolas para exportación, etc.

Las condiciones climáticas adversas como sequías, inundaciones, heladas, nevadas, aunado a la competencia y los precios bajos que se le paga al productor pecuario hacen que sea necesario encontrar una fuente de pasto con alto contenido de proteína, fresco, abundante durante el año sin importar las condiciones climáticas, y sobre todo de bajo costo. (Hidroforrajes, 2004).

Una manera de enfrentar este problema natural es través de la producción de forraje verde hidropónico dentro de invernaderos rústicos, de bajo costo, que permita sostener una producción intensiva de forraje fresco para los animales, tanto en condiciones extremas de frío, como viene ocurriendo actualmente, como también en condiciones extremas de sequía, además de obtener la misma cantidad y calidad de forraje verde hidropónico todo el año y a bajo de costo (Hidroforrajes, 2004).

Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos dentro de invernaderos y que también es posible cultivar sin necesidad del suelo a través de la técnica de cultivo sin suelo más conocida como hidroponía. Pero el agua ha sido y será siempre el factor limitante para toda producción agrícola. Precisamente, una de las ventajas del cultivo sin suelo es el ahorro significativo del agua, siendo una buena opción en zonas donde ocurren sequías frecuentes (Revista Científica, 2009).

III OBJETIVO DEL CASO DE ESTUDIO

Recabar la información disponible en todas las fuentes de información al alcance, sobre el efecto de la alimentación con FVH en los animales en general y en el ganado caprino en particular.

III.1. Objetivos de la Alimentación con Forraje Verde Hidropónico

- 1) Convertirse en un eficiente y eficaz insumo tal que pueda sustituir todo o una buena parte del alimento concentrado ofrecido a los animales.**
- 2) Aumentar la producción de carne y de leche en animales alimentados con FVH**
- 3) Aumentar la fertilidad de los animales debido a los aportes de factores nutricionales presentes en el FVH (Vitamina "E")**
- 4) Maximizar el espacio de producción.**

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

IV.1. Materiales Plásticos para la Producción de Forraje Verde Hidropónico.

Existen diferentes técnicas para llevar a cabo la producción de forraje verde, sin embargo en todas las técnicas existen factores en común que resultan fundamentales para llegar a obtener un forraje de alto grado alimenticio para la especie animal que se esté destinando. Dichos factores son la frecuencia de riego, una humedad y temperatura constante y adecuada, así como medidas fitosanitarias al inicio y durante la producción para mantener el forraje libre de hongos.

El invernadero para la producción de forraje verde hidropónico.

El invernadero deberá construirse de acuerdo con la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente, dejando siempre un margen de seguridad.

Se sabe que 1 metro cuadrado es suficiente para producir aproximadamente 352 kilogramos por día de forraje verde. (Fig. 1) (Este valor corresponde a la producción en condiciones de humedad y temperatura estables), y si se quiere maximizar la producción y el espacio se pueden utilizar anaqueles de 4 y 6 niveles. (Hydro, Environment, 2009).



Figura 1. Invernadero acondicionado para la producción FVH

Construcción del invernadero

El invernadero tendrá características de acuerdo al clima del lugar en que se vaya a establecer la producción de forraje.

Si es para climas cálidos, el invernadero debe de hacerse alto para poder controlar mejor el calor, con el techo forrado de *plástico blanco* que tenga un sombre entre el 25% y 35 %; y cubriendo las paredes laterales con *malla anti afidos* para permitir la circulación del aire.

Si el invernadero es para clima frío, con el fin de regular la temperatura especialmente en horas de la noche, se debe construir un invernadero hermético; esto es, un invernadero cuyo techo y paredes estén forrados de un *plástico lechoso* con sombra entre 25% y 35%

El Piso: El piso debe ser de concreto, ya que por la frecuencia de riegos y la alta humedad relativa es el más funcional para evitar encharcamientos, proliferación de hongos y enfermedades

Estructura de Soporte: Puede ser de madera, metal, PVC.

Modulación: Generalmente, para sostener las charolas de forraje, se construyen anaqueles de 4 a 6 niveles separados entre sí por pasillos de 1 metro de ancho, para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo (Fig. 2). La altura que debe de existir, entre cada nivel debe ser de cincuenta centímetros y el primer nivel separado del suelo aproximadamente unos 30 cm, cada nivel debe tener una pendiente del 10% para drenar la solución sobrante de las bandejas.

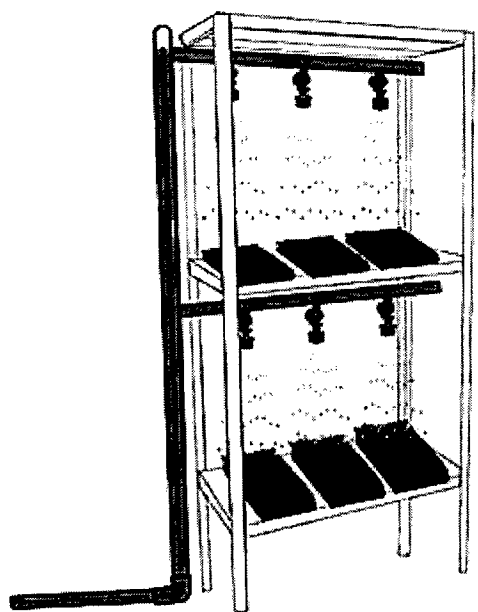


Figura 2. Estantes para la producción FVH

Sistema de riego para la producción de forraje verde hidropónico.

Hay varios sistemas de riego recomendados para la producción de Forraje Verde Hidropónico: por gravedad, por *microaspersión* y por *nebulización*.

En el *sistema por microaspersión*, una tubería de riego con microaspersores va colocada a cierta altura de las bandejas (Fig. 2), normalmente 30 o 40 cm; los cuales realizan el riego sobre cada charola para producir FVH. Se necesita una tubería por cada nivel donde se tengan charolas forrajeras.

El sistema de riego por microaspersión es el que ha dado mejores resultados. Presenta ventajas considerables frente a los demás riegos, ya que es uniforme y el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a la semilla; además de aumentar la humedad relativa del invernadero.

Charolas para la producción de forraje verde hidropónico (FVH)

Las *charolas* para FVH deben de estar diseñadas para retener solamente la humedad necesaria para el debido desarrollo del forraje así como para soportar largos periodos de producción. Las charolas deben de tener las siguientes características:(Fig. 3)

- * Sus canales deben estar diseñados para almacenar y distribuir la cantidad de agua necesaria para el desarrollo homogéneo del forraje y liberar el exceso de riego, facilitando así una mayor germinación de semillas y una mejor oxigenación de las mismas, lo que se refleja en una producción superior de forraje a un menor costo de semillas.
- * Cada charola debe de soportar hasta 21 kg. de forraje sin romperse.
- * El material con que están elaboradas deben ser de un plástico que no se degrade con el uso.
- * Su coloración debe de estar diseñada para evitar la propagación de cualquier clase de infección en el forraje.
- * El plástico debe ser antiadherente, lo que facilita la rotación del forraje, así como también la limpieza de la charola.

- * Se puede perforar para el drenaje según las necesidades e instalación de cada productor.
- * Pero principalmente es un producto diseñado para incrementar la producción de forraje en un mismo espacio, economizando así el consumo de semilla forrajera y aumentando la productividad de la instalación.

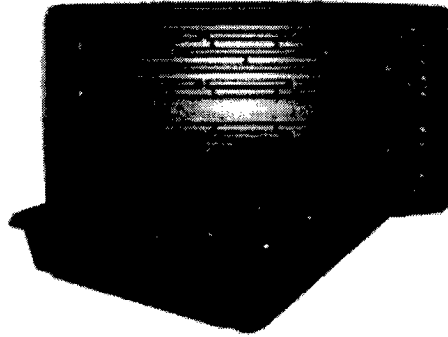
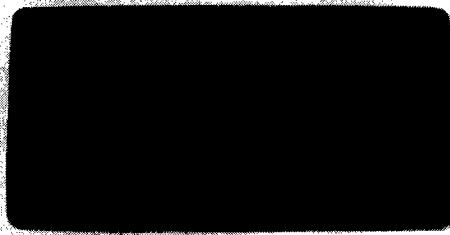


Figura 3. Charolas para la producción de FVH

En el mercado se pueden encontrar dos tipos de charolas para FVH: *perforadas* (esto con la finalidad de drenar el agua excedente) y charolas *sin perforaciones*, a las cuales tu les pueden hacer los orificios de acuerdo a las necesidades del cultivo (Fig. 4)

Si las charolas no cuentan con perforaciones se deben de hacer con la finalidad de obtener un buen drenaje y no propagar enfermedades.

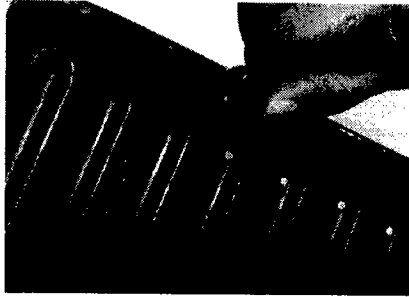


Las marcas que están al final de cada uno de los canales sirven de guía para las perforaciones.

Figura 4. Marcas para la perforación de las charolas

Perforaciones con Cautín. Las perforaciones con cautín son rápidas y no dañan las charolas. Es recomendable para la producción a gran escala, casera y para comercialización de FVH. Una vez que el cautín se haya calentado lo suficiente, introducir la punta rápidamente sobre el canal de la charola usando como guía las marcas que se encuentran

en las orillas de los canales (Fig. 5), para evitar hacer una perforación grande. Este procedimiento se repite para cada uno de los canales.



Este procedimiento se repite para cada uno de los canales.

Figura 5. Perforación con cautín

Perforación con desarmador (con punta de cruz) .Este método se recomienda para las producciones que apenas están iniciando y que tienen como máximo 10 charolas. Presionar el desarmador poco a poco sobre la marca que se encuentra al final de cada canal hasta traspasar el plástico (Fig. 6). Después sacar el desarmador con cuidado.

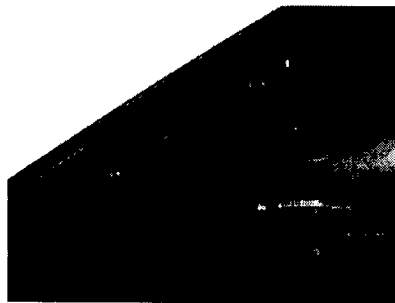


Figura 6. Perforación con desarmador

Cuando las perforaciones de la charola son muy pequeñas el agua se estanca por más tiempo propiciando la aparición de hongos nocivos para el cultivo.

Se debe tomar en cuenta que las perforaciones se realizan de un solo lado, (Fig. 7) porque las charolas deben estar ligeramente inclinadas lo que evita el exceso de humedad y por ende la propagación de enfermedades.



Figura 7. Perforaciones en un solo lado de la charola

Crear los ambientes adecuados para el forraje.

El mantener en oscuridad las semillas durante su etapa de germinación es fundamental para su desarrollo precoz, ya que, como toda planta recién sembrada, su intención es crecer lo mas pronto posible para empezar a percibir los rayos solares; por lo que, si la semilla se mantiene en oscuridad durante la etapa de germinación, logra un mayor desarrollo.

Para esto último se han manejado varias maneras para proteger a las semillas de la luz durante su etapa de germinación, como por ejemplo cubrir la charola para FVH completamente con malla sombra o plástico negro, taparla con algún aditamento o acondicionar toda la instalación para brindarle la oscuridad. (Fig. 8)

Los plásticos que se pueden utilizar para tapar las de charolas es de Polietileno (PE), el mas utilizado es el de color negro, mientras que para oscurecer un invernadero generalmente se utiliza *plástico Blanco-Lechoso 30% sombra* en el techo del invernadero. Este plástico aparte de proteger a los cultivo de los rayos ultravioleta, proporcionará la cantidad necesaria de luz para una buena producción de forraje.

En caso de que ya se tenga una instalación en plástico verde clorofila, vidrio, policarbonato o algún otro material que permita el paso del 100% de luz, se puede utilizar malla sombra por encima del material que se tengan colocado.

La malla sombra ideal a utilizar es aquella con una sombra entre 50% y 70%, ya que ésta, al estar colocada sobre los materiales que anteriormente mencionamos, proporcionará una sombra entre el 25% y 35 %, ya que estaría sobrepuesta.



Figura 8. Malla sombra ideal para la producción de FVH

Es importante recordar que el invernadero o estructura donde se vayan a colocar las charolas después de los primeros 5 días, debe de tener una cubierta que brinde protección para que el forraje no reciba la luz solar de manera directa; como puede ser el uso de plástico blanco lechoso ó, si el invernadero ya tiene alguna otra cubierta, adicionarle una malla sombra.

IV.2. Uso de Forraje Verde Hidropónico

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Ñíguez, 1988, Dosal, 1987).

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH, éste ha demostrado ser una herramienta eficiente y útil en la producción animal, entre los resultados prácticos más promisorios se ha demostrado:

- Aumento significativo de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día (Morales, 1987).

- Aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del FVH (Falen y Petersen, 1969 y Bull y Petersen, 1969 citados por Bravo, 1988), lográndose sustituir de un 30 a 40 % de la dosis de ración peleteada pero asociado al riesgo, en casos de exceso en el uso de FVH, de un incremento de excreta de heces líquidas y fermentaciones aeróbicas del estiércol, malos olores de los locales, aumento de insectos voladores no deseados y aumento de enfermedades respiratorias especialmente en verano.
- Ganancia de peso en cerdos con una alimentación en base a FVH (Sánchez, 1996, 1997).
- Aumento de producción en vacas lecheras a partir del uso de FVH obtenido de semillas de avena variedad “Nehuén” y cebada cervecera variedad “Triumph” existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y triticale. (Sepúlveda, 1994).
- Sustitución en conejos, de hasta el 75% del concentrado por FVH de cebada sin afectar la eficiencia en la ganancia de peso alcanzándose el peso de faena (2.1 a 2.3 kg de peso vivo) a los 72 días. Estos resultados han tenido un alto impacto técnico, económico y social, la alimentación familiar y el mantenimiento de la producción a mini productores cunícolas afectados por los altos costos de los concentrados (Sánchez, 1997 y 1998).

La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelli, 2000), con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO₂ (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg de semillas de trigo es posible obtener en un área de 11,6 m² (1.89 kg semilla/m.c.) una óptima producción de 112 kg de FVH por día (9.65 kg FVH/m²/día⁻¹). En todos los resultados mencionados anteriormente el sistema de producción de FVH ha posibilitado obtener mayor calidad de carne; aumento del peso vivo a la fecha de faena; aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de conejos; mayores volúmenes de leche; aumento de la fertilidad; disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por FVH (Hidalgo, 1985; Morales, 1987; Pérez, 1987; Bravo, 1988; Valdivia, 1996; Sánchez, 1997; Arano, 1998).

IV.3. Ventajas y Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

IV.3.1. Ventajas y Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

Ahorro de agua. En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro 1). Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% y 18% (Sánchez, 1997; Lomelí, 2000; Rodríguez, 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se han observado y se observen generalmente en países con zonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo.

Cuadro 1. Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.

Espece	Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)
Avena	635
Trigo	521
Maíz	505
Cebada	372
Sorgo	271

Fuente: Dosal, 1987.

Eficiencia en el uso del espacio. El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham *et al*, 1975, citados todos ellos por Hidalgo, 1985.)

Calidad del forraje para los animales. El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Less, 1983, citado por Pérez, 1987). Su alto valor nutritivo (Cuadros 2 y 3) lo obtiene debido a la germinación de los granos (Arano, 1976 citado por Resh, 1982; Chen, 1975; Chen, Wells y Fordham, 1975 citados por Bravo, 1988).

En general el grano contiene una energía digestible algo superior ($3.300 \text{ kcal/kg}^{-1}$) que el FVH ($3.200 \text{ kcal/kg}^{-1}$) (Pérez, 1987). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada (Cuadro 3) el FVH se aproxima a los valores encontrados para el concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad.

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

Nutriente o Factor	Grano	FVH
Materia Seca (%)	91.0	32.0
Cenizas (%)	2.3	2.0
Proteína Bruta (%)	8.7	9.0
Proteína Verdadera (%)	6.5	5.8
Pared Celular (%)	35.7	56.1
Contenido Celular (%)	64.3	43.9
Lignina (%)	3.6	7.0
Fibra Detergente Ácido (%)	17.9	27.9
Hemicelulosa (%)	17.8	28.2

Fuente: Extractado de Dosal, 1987 pág. 63.

Cuadro 3. Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.

Parámetro	FVH(cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1.680	1.392
Proteína Cruda (%)	25	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80	47.0	39.0
Kcal Digestible/kg	488	2.160	400	466
kg Proteína Digestible/Tm	46.5	216	35.75	12.41

Fuente: Sepúlveda, Raymundo. 1994.

Inocuidad. El FVH producido representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción.

Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente “cornezuelo” que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre. Asimismo en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para la elaboración de quesos, artesanales fundamentalmente (Sánchez, 1997).

Costos de producción. Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla), el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. En el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de Costos Fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.

Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio (Sánchez, 1997 y 1998).

Alianzas y enfoque comercial. El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer en forma urgente complemento nutricional. También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje tales como las empresas semilleras, cabañas de reproductores, tambos, locales de invernada, ferias, locales de remates de caballos, cuerpos de caballería del Ejército, etc. En la actualidad existen empresas comercializadoras de FVH en distintos países y todas ellas gozan de un buen nivel aparente de ventas.

IV.3.2.Desventajas

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993).

Costo de instalación elevado. Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997) que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados.

El FVH resulta una tecnología apta para su implementación y uso a nivel de pequeños productores pecuarios;

- ⊕ Es una estrategia de producción de biomasa vegetal que baja los costos fijos de la alimentación animal, sobre todo aquella que se realiza utilizando como insumo fundamental el concentrado;
- ⊕ Es una excelente fuente proteica y vitamínica, lo cual denota su buen valor nutritivo;

- ⊕ Nos ofrece una disponibilidad de forraje verde fresco todo el año, independiente de los problemas climáticos que sucedan;
- ⊕ Es altamente digestible y nos provee de una muy buena y alta calidad alimenticia.

IV.4. Factores que Influyen en la Producción del Forraje Verde Hidropónico

En esta sección veremos todas aquellas variables que por su significativa importancia, condicionan en la mayoría de las veces, el éxito o fracaso de un emprendimiento hidropónico.

Calidad de la semilla. El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. El usar semillas más baratas, o cultivares desconocidos, puede constituir una falsa economía y tal como se planteó antes, hacer fracasar totalmente el nuevo emprendimiento. Se deben utilizar semillas con alto porcentaje de germinación. En resumen, el productor de FVH deberá tener presente que el porcentaje mínimo de germinación de la semilla debe ser en lo posible mayor o igual a 70 -75%; que la semilla a utilizar debe estar limpia y tratada con una solución de hipoclorito de sodio al 1% a través de un baño de inmersión, el cual debe durar como máximo 3 minutos; y que el lote de semillas no debería contener semillas partidas ni semillas de otros cultivares comerciales (FAO, 2001).

Iluminación. Si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas, las

bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del 3ero. o cuarto día se inicio el riego con solución nutritiva y se exponen las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca a luz solar directa. Una exposición directa a la luz del sol puede traer consecuencias negativas (aumento de la evapotranspiración, endurecimiento de las hojas, quemaduras de las hojas). La excepción se realiza, cuando la producción de FVH se localiza en recintos cerrados y/o aislados de la luz solar (piezas cerradas, galpones viejos sin muchas ventanas, casa abandonada, etc), en los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz para lograr, como cosa primordial, que el forraje obtenga su color verde intenso característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima (FAO, 2001).

Si la opción de producción es exclusivamente en recintos cerrados sin luz natural, se debe entonces pensar en una iluminación artificial en base a tubos fluorescentes bien distribuidos y encendidos durante 12 a 15 horas como máximo. Para el cálculo de la iluminación debe considerarse que el FVH sólo requiere una intensidad lumínica de 1,000 a 1,500 microwatts/cm² en un período de aproximadamente 12 a 14 horas diarias de luz. El uso de la luz solar es siempre la más recomendable, por lo que se debe agudizar el ingenio para lograr un máximo aprovechamiento de la luz solar y por consecuencia, lograr menores costos de producción, prioridad básica para cualquier proyecto de producción de FVH. Esto puede estar facilitado con una orientación de las instalaciones de Este a Oeste, favoreciendo de este modo la construcción de aberturas en estructuras preexistentes, etc (FAO, 2001).

Temperatura. La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH, lo que implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18 y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar. El rango de ellos oscila entre los 18 y 21°C. Sin embargo el maíz, muy deseado por el importante volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25 y 28 °C (Martínez, 2001; comunicación personal).

Cada especie presenta requerimientos de temperatura óptima para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad. En las condiciones de producción de FVH, la humedad relativa ambiente es generalmente cercana al 100%. A medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, el control del drenaje de las bandejas es básico para evitar excesos de humedad y la aparición de enfermedades provocadas por hongos. La presencia de estos microorganismos puede llegar a ser la causa de fracasos de producción por lo que la vigilancia a cualquier tipo de situación anómala, debe constituirse en rutina de la producción. El ataque de los hongos usualmente resulta fulminante y puede en cuestión de horas arrasarse con toda la producción, y quedarse sin alimento para el ganado. Tener una buena aireación del local, así como riegos bien dosificados son un excelente manejo contra este tipo de problemas.

Una herramienta importante que debe estar instalada en los locales de producción es un termómetro de máximas y mínimas que permitirá llevar el control diario de temperaturas y detectar rápidamente posibles problemas debido a variaciones del rango óptimo de la misma. Lo ideal es mantener siempre en el recinto de producción, condiciones de rango de temperatura constante. Para ello, en el caso de climas o épocas del año muy frías, se tendrá que calefaccionar el ambiente, y viceversa, en climas o estaciones del año de muy altas temperaturas, habrá que ventilarlo al extremo o enfriarlo. Usualmente la calefacción dentro del recinto de producción, viene dada por la inclusión de estufas de aserrín. El número de éstas está en función de la intensidad del frío que exista, y de la temperatura a la cual pretendamos alcanzar. (Schneider, 1991). El abatimiento de altas temperaturas puede obtenerse a través de la colocación de malla sombra y/o conjuntamente con la instalación de aspersores sobre el techo del invernáculo. Se podemos instalar el sistema de producción de FVH en ambientes aislados de los cambios climáticos exteriores, la producción se verá optimizada (FAO, 2001).

Humedad. El cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos.

La situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo. Por lo tanto compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de las claves para lograr una exitosa producción de FVH (Monografias.com, 2010).

Calidad del agua de riego. La calidad de agua de riego es otro de los factores singulares en la ecuación de éxito. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Si el agua disponible no es potable, habrá problemas sanitarios y nutricionales con el FVH (FAO, 2001).

Para el caso en que la calidad del agua no sea la más conveniente, será imprescindible el realizar un detallado análisis químico de la misma, y en base a ello reformular nuestra solución nutritiva, así como evaluar que otro tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, decantación, asoleo, acidificación o alcalinización). La calidad de agua no puede ser descuidada y existen casos donde al desconocer su importancia fue causa de fracasos y pérdidas de tiempo.

Potencial hidrógeno (pH). El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor 7, (FAO, 2001).

Conductividad eléctrica (CE). La conductividad eléctrica del agua nos indica cual es la concentración de sales en una solución. En nuestro caso, nos referiremos siempre a la solución nutritiva que se le aplica al cultivo. Su valor se expresa en miliSiemens por centímetro (mS/cm^{-1}) y se mide con un conductímetro previamente calibrado. En términos físico-químicos la CE de una solución significa una valoración de la velocidad que tiene un flujo de corriente eléctrica en el agua. Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva estaría en torno de 1.5 a 2.0 mS/cm^{-1} . Por lo tanto, aguas con CE menores a 1.0 serían las más aptas para preparar nuestra solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de

calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre 50 y 150 miligramos por litro de agua (Ramos,1999).

Uno de los principales problemas que ocurre en el riego localizado (goteo, microaspersión), es la obturación de los emisores por los sólidos en suspensión de las aguas de riego. En general la cloración y un buen filtrado resuelven estos problemas. Se ha encontrado que se puede mantener una operación adecuada de la mayoría de los emisores ensayados, mediante una cloración diaria durante una hora, o cada 3 días con la aplicación de 1 mg/l de cloro combinado con un filtrado a través de filtros de 80 mesh (diámetro de los poros de 120 micras). Tajrishy et al, 1994 citado por Ramos,C. 1999, encontraron que en goteros de 4 litros/hora, una cloración continua a una concentración de 0,4 mg/litro de cloro residual, impidió la formación de obturaciones de origen biológico. Una buena revisión del problema de la obturación de goteros en relación a la calidad del agua es la de Nakayama, (1991). Un resumen del potencial de obturación de goteros según la calidad del agua se presenta en el Cuadro 4.

Hay que tener en cuenta que si se utilizan aguas residuales para hidroponía, éstas tendrán muchos sólidos en suspensión, por lo que la frecuencia de limpieza de los filtros es mayor que en el caso de las aguas para consumo humano.

Cuadro 4. Calidad del agua de riego en relación a la obturación de goteros

Elemento de obturación	Peligro de Obturación		
	Bajo	Medio	Alto
Sólidos en suspensión (mg/l)	<50	50 – 100	>100
Ph	<7.0	7.0 – 8.0	>8.0
Sólidos disueltos (mg . l ⁻¹)	<500	500 – 2000	>2000
Manganeso (mg/l)	<0.1	0.1 – 1.5	>1.5
Hierro total (mg/l)	<0.2	0.2 – 2.0	>2.0
Sulfuro de Hidrógeno (mg/l)	<0.2	0.2 – 2.0	>2.0
Nº de Bacterias/ml	<10.000	10.000 – 50.000	>50.000

Fuente: Tomado de Nakayama y Bucks (1991) según Ramos,(1999)

Bióxido de carbono (CO₂). El poder controlar la concentración del anhídrido carbónico dentro del ambiente de producción del FVH, ofrece una excelente oportunidad para aumentar la producción del forraje, a través de un incremento de la fotosíntesis. Se pretende de esta manera provocar un aumento significativo en la cosecha del FVH, a través del control atmosférico dentro del local de producción. El control se ejerce mediante controladores automáticos los cuales enriquecen constantemente el ambiente interno con altos niveles de anhídrido carbónico, promoviendo una mayor fotoasimilación celular y el aumento de la masa vegetal (FAO, 2001).

IV.5. Metodología de Producción de Forraje Verde Hidropónico

Los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades. Existen casos muy simples en que la producción se realiza en franjas de semillas pre-germinadas colocadas directamente sobre plásticos de 1 m de ancho colocadas en el piso y cubiertas, dependiendo de las condiciones del clima, con túneles de plástico; invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados); hasta métodos sofisticados conocidos como: “Fábricas de forraje” donde, en estructuras “container” cerradas, totalmente automatizadas y climatizadas, el FVH se produce a partir del trabajo de un operario que sólo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática.

El cultivo puede estar instalado en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envases descartables; estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico; bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos, o en los más sofisticados sistemas automatizados por computadora que se conocen en el presente (Hydro. Environment, 2009).

Sin embargo, en cualquiera de las circunstancias anteriores, 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.

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 la 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 fungicidas, agentes pre emergentes o algún otro pesticida tóxico.

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 (Rodríguez, 2000). 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 se procede 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 se procede a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido se sumergen nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso se induce la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se efectúa al embrión. Esta pregerminación nos asegura un crecimiento inicial y vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo se colocaran las 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).

Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que nos estaría explicando por qué se acelera el crecimiento de la semilla cuando se dejan en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. En algunas ocasiones la imbibición más prolongados no resultan efectivos, en cuanto al aumento de la producción final de FVH, debemos recordar que la etapa de remojo o pre germinación debe ser realizada con las semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera o plastillera, las cuales se sumergen 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.

Dosis de siembra. Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2.2 a 3.4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1.5 cm de altura en la bandeja.

Siembra en las bandejas e inicio de los riegos. Realizados los pasos previos, se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm de altura o espesor. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una

capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente se tapan 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 se proporcionan a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Se debe recordar 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 se retira el plástico negro y el papel (FAO, 2001).

Riego de las bandejas. El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de microaspersores, 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. 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 aplicar 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 (Less (1983) citado por Hidalgo (1985)).

Fertilización en la producción de forraje verde hidropónico. Se puede decir que la fertilización es necesaria para la producción de hojas, sin embargo, una mayor cantidad de fertilizante no equivale a obtener mayor área foliar. En la fertilización de Forraje Verde Hidropónico se observa que hay una influencia positiva sobre el crecimiento y desarrollo del forraje, sobre todo en el desarrollo de la hoja y tallo; aunque este efecto no es muy notable, se ha observado que las plantas fertilizadas crecen mejor y permanecen más tiempo en buenas condiciones comparándolos con plantas no fertilizadas. (De Leon, 2005).

Una opción de fórmula de riego para el FVH, es la que se encuentra en el "Manual FAO: La Huerta Hidropónica Popular" (Marulanda e Izquierdo, 1993). La misma contiene todos los elementos que las distintas especies hortícolas y cultivos agrícolas necesitan para su crecimiento. La fórmula FAO viene siendo probada con muy buen éxito, y desde hace años, en varios países de América Latina y el Caribe. Su aporte, en términos generales, se constituye de 13 elementos minerales (macroelementos y microelementos esenciales (Cuadro 5).

Se debe recordar siempre que todas las sales minerales utilizadas para la preparación de la solución nutritiva deben ser de alta solubilidad. El no usar sales minerales de alta solubilidad, provocaría la formación de precipitados. Este fenómeno es un factor negativo para el cultivo de FVH dado que a consecuencia de ello, se producen carencias nutricionales de algunos elementos.

Preparación de soluciones nutritivas. La solución nutritiva es una mezcla de agua y nutrientes minerales esenciales, en cantidades y proporciones adecuadas, la cual es usada para lograr un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. La nutrición es solo un factor que afecta el crecimiento de la planta.

La solución nutritiva final, comúnmente llamada también solución concentrada de riego se prepara, en el caso de la fórmula utilizada por Hidalgo 1985, en base a los aportes realizados por una única solución madre. Este es un procedimiento sencillo y rápido, lo cual denota que para la producción de FVH no se necesitan grandes y complicados procedimientos.

También el uso de un fertilizante multicompuesto (de alto contenido de N), es suficiente para el crecimiento del FVH. Si éste se presenta en forma quelatada resulta aún mucho más efectivo para el cultivo.

Las sales a ser utilizadas deben ser altamente solubles. A mayor grado de pureza de la sal, mayor será la solubilidad y por lo tanto mayores serán los beneficios nutricionales hacia nuestros cultivos del FVH.

Cuadro 5. Elementos minerales esenciales para las plantas

Elementos Minerales	Símbolo Químico
Macronutrientes	
Nitrógeno	N
Fósforo	P
Potasio	K
Calcio	Ca
Magnesio	Mg
Azufre	S
Micronutrientes	
Hierro	Fe
Manganeso	Mn
Zinc	Zn
Boro	B
Cobre	Cu
Molibdeno	Mo
Cloro	Cl

Fuente: La Empresa Hidropónica de Mediana Escala.FAO, 1996

Si el agua con la cual vamos a preparar la solución nutritiva no tiene una calidad conocida, es recomendable su análisis químico para determinar su riqueza mineral, conductividad eléctrica y pH. Aquellas aguas que resulten con valores de más de 2 o 2.5 mS.cm⁻¹ se deben descartar, salvo que se corrijan con agua limpia de lluvia.

Riego con solución nutritiva. Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. El Manual FAO “La Huerta Hidropónica Popular” (Marulanda e Izquierdo, 1993), indica que la solución nutritiva se puede utilizar para la producción de FVH a una concentración de “¼ full”, es decir, por cada litro de agua se utiliza 1.25 cc de solución concentrada “A” y 0.5 cc de solución concentrada “B”.

Finalmente, no se debe olvidar que cuando llega 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. Es decir, si estábamos aplicando 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado y por día, el día 12 y 13 aplicaremos 2 litros por metro cuadrado y por día. Este es un detalle importante de recordar como condición de manejo al planificar las cosechas.

Cosecha y rendimientos. En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si se necesita de forraje, se puede efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días.

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 (Ñíguez, 1988). 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, (Dosal, 1987). Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de calidad en general del FVH resultante.

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 semigerminadas.

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 (Sánchez, 1997), salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional.

Calidad nutricional del forraje verde hidropónico. La fertilización del FVH utilizando agua de riego conteniendo 200 ppm de nitrógeno como mínimo, tiene efectos principales durante el proceso de crecimiento del FVH (FAO, 2001).

Proteína bruta (PB). El contenido de PB ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa el contenido de N de la solución nutritiva, (hasta valores de 200 ppm). Una concentración mayor, (por ejemplo 400 ppm), no aumenta el aporte proteico, si no que por el contrario, lo disminuyó en aproximadamente 13.6 % respecto del tratamiento anterior. Esto equivale a $59 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ de proteína (base materia seca) (Dosal, 1987). La mencionada disminución de proteína, asociada a altos niveles de fertilización nitrogenada, podría indicarnos un posible efecto de toxicidad o desbalance con otros nutrientes, lo que a su vez, sería la causa de una menor producción de fitomasa.

Proteína verdadera (PV). La proteína verdadera ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) disminuye a través del tiempo, observándose una reducción del aporte proteico del FVH en relación al aporte del grano, independientemente del tipo de solución nutritiva utilizada durante los 15 días en que se desarrolló el cultivo (Dosal, 1987).

Pared celular (PC). La pared celular tiende a disminuir en el follaje a medida que pasa el tiempo, mientras que en el sistema radicular aumenta (Dosal (1987) e Hidalgo (1985). Analizando los datos totales (pared celular de follaje más sistema radicular), se observa que la PC. aumenta en términos muy interesantes respecto al grano.

Lignina. Se ha demostrado que en el FVH existe un aumento de la cantidad de lignina ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) en comparación con el grano. Esto nos indica que realmente existe una síntesis durante la etapa de crecimiento del FVH. La lignina cumple un rol importante en la estructura celular. El aumento de la lignina en el FVH con respecto al grano, se debería al incremento en la actividad de enzimas relacionadas a la biosíntesis de la lignina (tirosina amonioliasa). Se conoce que tanto la luz, la temperatura, la concentración de etileno y el metabolismo de los hidratos de carbono, regulan la actividad de esta enzima precursora de

la lignina. Dichas condiciones se encuentran casi óptimas en los recintos de producción de FVH, de ahí su mayor presencia en el FVH que en el grano (FAO, 2001).

Digestibilidad estimada (D.E). En líneas generales la digestibilidad estimada presenta una disminución en relación al grano luego de dos semanas, independiente del tratamiento nitrogenado e indistintamente de la fórmula empleada para su determinación (Dosal, 1987).

IV.6. Instalaciones para el Cultivo de Forraje Verde Hidropónico

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.

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.

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. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control (relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO₂).

IV.6.1. Clasificación Según su Grado de Complejidad

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 (InfoAGRO, 2010).

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. 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.

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”.

IV.7. Forraje Verde Hidropónico como Alimento para Animales

La mayoría de los alimentos básicos utilizados en la nutrición animal, por ejemplo: el heno, los granos, los ensilados etc., son suficientes en cuanto a contenido en uno o más factores que se precisan: pero son fuentes pobres de suministro de importantes factores vitales, aún no determinados perfectamente.

Estos factores desconocidos son responsables del crecimiento y buen desarrollo de los animales, estando presentes en la hierba verde, la harina de pescado, la harina de soya, de alfalfa y derivados solubles secos de destilerías. Los investigadores no han podido llegar a un acuerdo con relación al número de los diferentes factores esenciales, su naturaleza química o las cantidades relativas que contienen las diferentes fuentes naturales donde se encuentran.

Es obvio, que las plantas verdes son mejores fuentes de suministro que la misma planta después de cosechada, preparada y almacenada, para ser dada como alimentación en días posteriores. Por ejemplo, la alfalfa deshidratada nunca contendrá tanto caroteno ni proteína como contenía la planta verde durante su desarrollo, antes de ser cortada.

La pérdida de vitaminas, minerales y hormonas durante la cosecha, preparación y almacenamiento es enorme.

Existen gran cantidad de experiencias que demuestran que la hierba es el complemento nutritivo perfecto para la alimentación del ganado. A través de las investigaciones se ha demostrado repetidamente que el valor nutritivo de la planta verde llega a su máxima riqueza (Cuadro 6) unos cuatro días después de la germinación y comienza a declinar desde ese momento. (FAO, 2001).

Cuadro 6. Análisis Nutricional

<u>Análisis Nutricional</u>	
Materia Seca	18.60%
Proteína	16.8% sobre MS.
Energía Metabolizable	3216 K cal/kg de MS.
Digestibilidad	81.60%
<u>Vitaminas</u>	
Caroteno	25.1 UI/kg
Vitamina E	26.3 UI/kg
Vitamina C	4.5 UI/kg
<u>Minerales</u>	
Calcio	0.104 %
Fósforo	0.470 %
Magnesio	0.140 %
Manganeso	30 ppm
Zinc	34 ppm
Cobre	8.0 ppm

IV.8. Consumo de Forraje Verde Hidropónico en el Ganado

Se han realizado pruebas de consumo en cerdos, ovinos, avestruces, equinos, camélidos y bovinos sin problemas de aceptación (Fig. 9). En una prueba de producción con ganado lechero, se alimentó a cinco vacas durante 15 días con 18 kg.vaca⁻¹.día⁻¹, además de ensilaje de maíz, concentrado, rastrojo de maíz y melaza, granos de sorgo y maíz molidos y se obtuvieron los siguientes resultados: La producción de leche se elevó en un 18%; la producción de grasa fue de un 15.2 %, mayor en las vacas bajo estudio; durante seis días después de que se eliminó el suministro de FVH las vacas casi no consumían ensilaje y buscaban su ración de FVH (Valdivia, 1996).

En otra prueba en un establo con 700 vacas en producción Lomelí (2000), al proporcionar el FVH logró incrementos en la producción de leche en un 4.2 %, además la producción de grasa en leche se incrementó en un 7.2%.



Figura 9. Forraje verde hidropónico como alimento para el ganado

El forraje verde hidropónico, mejora la salud del animal, por los siguientes aspectos: mejora la asimilación de la ración alimenticia, mayores efectos nutritivos y estimulantes, en materias proteicas, incrementa las proteínas totales + 6 a 7 %, conjunto de Ácidos amínicos libres x 5, en vitaminas: B caroteno (Pro Vitamina A) tenor x 6, Vitamina E tenor x 1.1, Vitamina C tenor x 5, Vitamina B1 a B6 tenor x 2, Vitamina B12 tenor x 5, Inositol tenor x 4, en poder enzimático: Doble, en poder amilasico: 400 veces más importante, Aporte de vitamina A, B, C, E, Proliferación de elementos catalíticos, Hormonas Vegetales y sobre todo enzimas, crece tres (3) veces la digestibilidad de todos los alimentos que lo acompañan.

El forraje verde hidropónico tiene un valor forrajero: 0.159 UF/kg con un tenor de prótidos digestibles de 18 g/kg, también estimula la actividad secretoria de la mucosa digestiva, tiene un influencia tónica de las funciones de reproducción por que eleva la tasa de fecundidad y estimula la secreción láctea y en lo que respecta al estado general del animal, mejora la resistencia a las condiciones climáticas, reducción de gastos veterinarios (FAO, 2001).

El hecho de que este forraje se obtenga en terreno reducido permite su instalación en pequeñas explotaciones, ó pueden sustituir el gran espacio de terreno que se hace imprescindible para obtener forraje, con lo que el costo de instalación en una nueva granja se reduce considerablemente.

IV.9. Estudios Realizados en la Alimentación de Animales con Forraje Verde Hidropónico

La FAO llevo a cabo un amplio estudio sobre la alimentación de diversas especies de animales con FVH. En su estudio menciona que el FVH 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 de 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. No sólo los rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos) pueden ser alimentados con FVH sino que también cerdos, gallinas caballos y pavos, en una unidad de 500 charolas se pueden producir 140 toneladas de FVH al año se registró 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. Al sustituir hasta en un 30% a 75% del concentrado utilizando FVH a partir de semillas de cebada para alimentar conejos, se incrementa el peso promedio de alrededor de 2.1 a 2.3 kg en 72 días que es lo usual utilizando solo alimento concentrado, disminuyendo de manera considerablemente los costos de alimentación. Se han logrado 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, disminuye costos y se reduce el tiempo de engorda. En el ganado lechero, además de bajar costos se ha incrementado la producción lechera en un 7.2% en vacas con una producción mayor de 28 L leche / día, y en vacas de baja producción 14 l de leche diarios, el incremento ha sido del 53% (FAO, 2001).. El mayor problema que enfrentan las empresas lácteas, cuando incrementan la producción lechera, es la disminución de la fertilidad del animal. El 53% de las vacas de un lote con alimentación tradicional (testigo), resultaron preñadas en el primer servicio, mientras que un 62% de las vacas que consumían 12 kg/día de FVH fueron preñadas en el primer servicio. En lo que

respecta a la incidencia de mastitis, en el lote testigo, fue de 13.3%, mientras que en el lote alimentado con 12 kg. de FVH/ diariamente, de 4.4%. De acuerdo a lo reportado se concluyo que la producción de leche se incrementó en 10% a 15% en vacas alimentadas con FVH de cebada con respecto a las vacas testigo. La leche producida por las vacas alimentadas con FVH presenta también mayor contenido de grasa y en promedio fue de un 13.39% más que el reportado por los animales utilizados como testigo (FAO, 2001).

Resultado encontrados con diferentes niveles de alimentación con FVH en varios animales (FAO, 2001):

- **Ganado Lechero**

- Baja Producción: 15 kg de FVH

- Mediana Producción: 20 kg de FVH

- Alta Producción: 22 kg de FVH

- Vacas con una producción de 30litros día

- * FVH con 70% cebada 30% avena

- * FVH solo cebada hasta 18 kg

- **Ganado de Engorde**

- Levante: 13 kg de FVH

- Engorde: 17 kg de FVH

- *FVH con 70% cebada 30% avena

- *FVH solo cebada hasta 10 kg levante

- FVH solo cebada hasta 14 kg engorde

- *FVH solo cebada hasta 18 kg

- **Conejos**

- Gestación: 402 gr de FVH

- Lactación 6 gazapos: 546 gr de FVH

- Inicio gazapo: 50 gr de FVH

- Carne 30 días: 120 gr de FVH

- Carne 50 días: 180 gr de FVH

- Carne 70 días: 250 gr de FVH

- Carne 100 días: 380 gr de FVH

- **Caprinos**

Cabras: 1.5 kg de FVH

Lactación: 2.5 kg de FVH

Lecheras: 3.5 kg de FVH

Carne: 2.0 kg de FVH

- **Ovinos**

Ovejas Gestación 50 kg: 2.5 kg de FVH

Lactación 1 cordero: 3.5 kg de FVH

Lactación 2 cordero: 4.0 kg de FVH

Carne: 3.0 kg de FVH

Cordero: 1.0 kg de FVH

Carnero: 2.5 kg de FVH

- **Equinos**

Potrillos 4 Kg de FVH

Potros 8 Kg de FVH

Potrancas 4 Kg de FVH

Yeguas vacías 8 Kg de FVH

Gestación (1-8 meses) 4 Kg de FVH

Gestación (9-11 meses) 4 Kg de FVH

*Fvh de cebada amarilla

- **Cerdos**

Reproductores 4 kg de FVH

Lactantes 2 kg de FVH

Gestantes 3 kg de FVH

- **Jabalí**

Reproductores 5 kg de FVH

Jabatos 3 kg de FVH

Gestantes 3.5 kg de FVH

Pérez (1987), llevo a cabo estudios para determinar el efecto del FVH en la alimentación de Terneros, para lo cual evaluó la sustitución del concentrado por FVH de avena en terneros encontrando (Cuadro 7) un significativo incremento en el peso vivo de los terneros cuando el nivel de sustitución de FVH por el concentrado fue de 50%. El aumento fue mayor en las últimas semanas de dicha evaluación debido al mayor consumo de materia seca y el mayor desarrollo del rumen del ternero. (Roy, 1972; Church, 1974).

De estos resultados puede deducirse que hay niveles críticos de sustitución de FVH por el concentrado, bajo los cuales puede originar consecuencias negativas en los resultados del engorde de los terneros. Este experimento muestra también otras características importantes en materia de uso del FVH, por ejemplo, la diferencia en la conversión de alimentos de los animales alimentados con diferentes niveles de FVH de avena, no fue notoria. (Cuadro 7)

Cuadro 7. Variaciones de peso vivo de terneros bajo 3 niveles de inclusión de FVH de avena en la dieta. (kg de Peso Vivo/Animal/Día)

Períodos (Semanas)	Kilos Aumento de Peso Vivo por Animal y por Día		
	Niveles de Inclusión de FVH de Avena en %.		
	0	50	100
1-3	0.441	0.512	0.318
4-6	0.643	0.655	0.449
7-9	0.726	0.769	0.659
Promedio	0.603	0.623	0.475

Fuente, Pérez. (1987).

Sin embargo, en el tratamiento que incluyó un 50% de FVH, los animales si bien lograron aumentos de peso similares a los obtenidos con concentrado, lo hicieron con una relación

kg Materia Seca/ kg de Peso Vivo más baja. Esto marca la existencia de un ahorro de 380 g de Materia Seca por cada kilo de Peso Vivo producido (Cuadro 8).

Cuadro 8. Conversión alimenticia de las raciones con 3 niveles de Inclusión de FVH de avena en reemplazo del concentrado Niveles de Inclusión de FVH de Avena (%)

Parámetro	Niveles de Inclusión de FVH de Avena en %.		
	0	50	100
Consumo (kg de MS/63 días)	99.288	87.444	80.640
Variación de PV (kg de PV/animal)	37.989	39.250	29.930
Conversión (kg de MS/ kg PV)	2.61	2.23	2.69

Fuente, Pérez. (1987).

Otro resultado positivo de la alternativa de alimentación en terneros a base del FVH estuvo dado por el ahorro en los costos de alimentación. Los costos de alimentación por ternero durante los 63 días que duró el ensayo se redujeron, al aumentar el nivel de sustitución de concentrado por el FVH de avena.

Cuadro 9. Costo de alimentación por kilo de aumento de Peso Vivo durante 63 días de engorde.

Tratamiento	Aumento en kilos de PV por Animal	Costo por Ternero* USD	Costo por kilo de Aumento de P.V. USD
Concentrado 100%	37.99	26.467	0.697
Concentrado 50% + FVH 50%	39.25	23.987	0.612
FVH 100%	29.93	22.082	0.739

Fuente: Adaptado de Pérez. (1987).

De acuerdo a los resultados de estas experiencias, el costo más bajo de producción, medido en base al PV obtenido, es aquel que incluyó un 50% de sustitución de concentrado por FVH de avena.



Figura 10. Alimentación de cabras lecheras con FVH

El FVH combinado con ensilado de maíz, concentrado, alfalfa y paja de sorgo, es una mezcla que es excelentemente aceptada por los animales, esto concuerda con lo obtenido por Valdivia (1996), quién realizó pruebas de consumo de FVH en cerdos, ovinos, avestruces, equinos, camélidos y bovinos sin problemas de aceptación. Al realizar, una prueba de producción con ganado lechero, alimentó a cinco vacas durante 15 días con 18 kg/vaca/día, además de ensilaje de maíz, concentrado, rastrojo de maíz y melaza, granos de sorgo y maíz molidos y obtuvo los siguientes resultados: La producción de leche se elevó en un 18%; la producción de grasa fue un 15.2 % mayor en las vacas bajo estudio; además observo que seis días después de que se eliminó el suministro de FVH las vacas casi no consumían ensilaje y buscaban su ración de FVH.

En otra prueba en un establo con 700 vacas en producción, Lomelí (2000), al proporcionar el FVH logró incrementos en la producción de leche en un 4,2 %, además la producción de grasa en leche aun aumento en un 7.2%. El FVH ha sido y está siendo utilizado en diversos establos lecheros obteniendo las siguientes ventajas: el aumento de la producción de leche hasta niveles del 20%, también se elevó el porcentaje de grasa y sólidos totales en la leche; se mejoró la condición corporal del animal; se redujeron los días vaca-vacía, se presentó una menor incidencia de mastitis y menor presencia de retención placentaria, lo mismo ocurrió con el estrés calórico.

En definitiva el FVH es muy bien aceptado por el ganado bovino lechero, por lo que es deseable realizar pruebas que involucren una mayor cantidad de FVH en la dieta y observar su efecto sobre los diversos parámetros productivos, reproductivos y de salud animal. Es aconsejable también, trabajar más sobre la tasa de uso del agua (TUA) del FVH buscando su eficiencia, aún más, el uso de ese líquido; una de las maneras de hacerlo es optimizando la combinación del sistema de riego por goteo y el uso de paja molida para mejorar la uniformidad de la humedad en charolas. (Romero, *et al*, 2009)

IV.9.1. Hábitos de Alimentación de Ganado Caprino y Estudios Realizados con Forraje Verde Hidropónico

Dentro de la cría caprina, la alimentación es uno de los pilares básicos del éxito ganadero, estrechamente relacionada con la sanidad y la genética así como por las instalaciones y un manejo adecuado. En la explotación de cabras lecheras, la producción de leche es prioritaria; pero con los actuales precios del mercado, no se puede olvidar el soporte económico que la cría de caprinos supone, tanto para carnicería como para vida.

Una de las características más peculiares de las cabras es su inquisitiva conducta alimenticia. Entre las especies domésticas, son únicas en escoger y consumir su dieta. De hecho, las cabras se adaptan a la difícil situación de las tierras marginales (Kadim *et al*, 2006).

Discriminan entre partes de plantas o partículas de alimento que parecen idénticas. Hasta hace solo algunos años se ha empezado a dar importancia a la ganadería caprina en el país, y las acciones de apoyo se han enfocado a la producción de leche y carne, mediante la introducción de razas especializadas y la aplicación de tecnologías en todo el proceso e insumos en alimentación, reproducción y sanidad, lo que determina un notable incremento del hato y en la producción; sin embargo, aún no hay suficiente difusión de los diferentes resultados obtenidos en estos nuevos modelos productivos.

Estudios de alimentación de caprinos con FVH

La alimentación de cabras lecheras con forraje verde hidropónico, (Fig.10) ayuda a tener estabilidad en la producción láctea, aumenta la producción de leche de 10 a 23.7 %, incremento del contenido en grasa de la leche de 13.4 a 15.2 %, mejor a el estado sanitario y la salud del animal, a si como su aspecto exterior, mejora fertilidad y fecundidad, se tiene facilidad para disponer de raciones estables, provoca un disminución de la incidencia de mastitis, incrementa la producción de carne, aumenta la carga animal por hectárea, mejora las tasas de destete en rebaños y la apariencia de la lana de las cabras de fibra.

En un estudio realizado en México por López y colaboradores en 2009, se evaluaron tres densidades de siembra (DS), uso del agua y el efecto del FVH en la ganancia de peso en cabras. En cuanto a los resultados obtenidos en el estudio se encontró que las dietas que incluyeron FVH incrementaron significativamente la ganancia de peso en cabras, el FVH podría contribuir a la conversión de sistemas convencionales de producción de ganado al sistema orgánico o a elevar la condición nutricional del ganado en zonas áridas y semiáridas donde es común la subnutrición.

En este estudio cuantificaron el efecto de la inclusión del FVH en la alimentación al determinar los cambios en el peso corporal de cabras. Seleccionaron 12 cabras hembras cruzadas de raza nubia, desparasitadas y vitaminadas antes de iniciar el experimento, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en corrales individuales, se prepararon tres dietas, en dos de las cuales se incluyó el FVH, en D1 la dieta estaba conformada por heno de alfalfa, maíz blanco y ensilado de maíz, en D2 la dieta era FVH de maíz y heno de coquia, mientras que el D3 estaba compuesto de FVH de maíz, heno de coquia y ensilado de maíz. Las dietas fueron balanceadas en contenido proteico (15% Proteína Cruda PC) y la energía metabolizable varió de 2.8 a 3.3 Mcal·kg⁻¹ MS. Las dietas fueron proporcionadas diariamente ajustando las cantidades ofrecidas de manera individual, con base en el peso corporal y el alimento rechazado se determinaba al día siguiente.

La inclusión del FVH de maíz en la alimentación de ganado caprino manifestó efectos positivos en la ganancia de peso. Las tres dietas ocasionaron que el peso de las cabras se incrementara significativamente en el periodo de tratamiento. Sin embargo, en las dietas

que incluyeron FVH fueron las que registraron las mayores ganancias de peso, con 134.7 y 144.3g·día⁻¹ para D2 y D3, respectivamente. Las cabras alimentadas con D1 obtuvieron una ganancia de peso de 95.5g·día⁻¹, significativamente menor en comparación con D2 y D3. El rechazo de las dietas fue mínimo y solamente en algunos días se registró un rechazo estimado en 10% que no fue específico para ninguna dieta en particular. (López, *et al.* 2009).

Resultados de investigaciones indican que el contenido de PC (13-14%) y energía metabólica (2.4-2.5Mcal·kg⁻¹ Materia Seca MS) del FVH es suficiente para satisfacer los requerimientos de diversos tipos de ganado. (López, *et al.*, 2009).

Un forraje de buena calidad aporta energía metabólica (EM) de alrededor de 2Mcal·kg⁻¹ de MS. Cuando se alimentan cabritos recién destetados o cabras lecheras de alta producción es indispensable incrementar el contenido de energía de la dieta a 2.5-3.0 Mcal·kg⁻¹MS utilizando concentrados (Morand y Sauvant, 1980). Sin embargo, estos suplementos alimenticios formulados en base a granos y pastas de oleaginosas generalmente se importan de países desarrollados, elevando los costos de producción y propiciando también la competencia con el hombre por alimentos. El FVH es un alimento con el suficiente valor nutricional para considerarlo como un suplemento alimenticio ideal para elevar la condición nutricional del ganado, principalmente en zonas áridas y semiáridas donde es común que los animales pasen por periodos de subnutrición en diferentes etapas de su vida (Espinoza *et al.*, 2007).

Aunque se ha indicado que el FVH debe emplearse como complemento y no como un sustituto total de los forrajes convencionales (FAO, 2001), puede convertirse en un forraje ideal para incrementar la condición nutricional del ganado, principalmente en zonas áridas y semiáridas donde es común la escasez de alimento para el ganado. Además, la incorporación de algunos componentes como levaduras marinas para disminuir la proliferación de hongos patógenos o algas marinas como sustrato para disminuir la deshidratación de semillas podría enriquecerlo nutricionalmente.

En otra investigación realizada en Italia por Giuseppe Marsico y colaboradores en 2009, evaluaron el efecto de dos niveles diferentes de dieta, en los que se utilizó FVH de avena,

para evaluar el bienestar y la producción de leche en cabras. Se seleccionaron 30 cabras hembras en lactancia, de las cuales se formaron tres grupos de 10 cabras cada uno. Un grupo fue alimentado con forraje, avena integral y paja de trigo. Los otros dos grupos fueron alimentados con la misma dieta pero con dos niveles de FVH: en el grupo A el nivel de FVH de avena fue de 1.5 kg; mientras que, en el grupo B el nivel de FVH de avena fue de 3 kg. Al inicio de las pruebas las cabras mostraron poco interés en el alimento fresco. La producción de leche fue registrada diariamente y al finalizar cada mes se sacaba una muestra de sangre de cada cabra para conocer los niveles de Cortisol plasmático y de esta manera conocer el bienestar de las cabras.

Los investigadores han utilizado varios indicadores fisiológicos para evaluar el bienestar y estrés en el ganado. El estrés en la cría de caprinos se asocia a cambios en los niveles hormonales, en la química sanguínea y las reacciones de conducta. El contenido de cortisol plasmático es una indicación efectiva del bienestar de cabra (Kannan *et al*, 2000). El sistema de alimentación con Forrajera Verde Hidropónico, puede ofrecer un suministro constante de alimentos, que se caracteriza por un alto nivel de proteína y sales minerales. (Marsico *et al*, 2009). Cuando las cabras sufren de una deficiencia prolongada de proteína el desarrollo fetal se retrasa, disminuye el peso de los cabritos al nacimiento y la producción de leche se reduce (Singh y Sengar, 1970).

El aumento progresivo de cortisol ha demostrado que en las cabras los niveles son más altos durante el invierno que en otras épocas del año. (Nelson *et al.*, 2000; Al Busaidi *et al.*, 2008). La disminución gradual en el rendimiento promedio de leche por día es debido a la tendencia de la lactancia fisiológica. (Marsico *et al*, 2009).

IV.11. Resultados de Investigación Sobre Forraje Verde Hidropónico en el CIQA

En investigaciones que se han realizado en el campo experimental del Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), sobre la “Influencia de Sombreado y la Fertilización sobre el Crecimiento y Productividad del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mays* L.)”, se obtuvieron resultados en los cuales el uso de malla sombra en la producción de FVH, propicia ciertas condiciones que modifican el ambiente y por consecuencia la respuesta de las plantas. El sombreado produjo una disminución de la temperatura provocando que las plantas que se encontraron bajo la malla tuvieran mejores condiciones de crecimiento y un uso eficiente del agua bajo este sistema. El sombreado también favorece la producción y contenido de proteínas en el forraje, es decir, las plantas que se encontraban en el invernadero con malla tuvieron más proteínas que las que no tenían sombra. La malla sombra también tuvo un efecto sobre el follaje y en la altura de las plantas, las hojas del forraje sombreado fueron mas grandes y mas delgadas que cuando recibieron más luz y la altura también fue mayor. (De León P.2005).

En cuanto a resultados obtenidos en la fertilización se encontró que hay una influencia positiva sobre el crecimiento y desarrollo del forraje, sobre todo en el desarrollo de las hojas y tallos; aunque este efecto no fue muy notable se observó que las plantas fertilizadas crecen mejor y permanecen mas tiempo en buenas condiciones comparándolos con las que no fueron fertilizadas. (De León, 2005).

En otra investigación realizada de igual modo en el CIQA, para “Determinar de la densidad de siembra y dosis de fertilización para la producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*x triticosecale* W.)” Bajo dos condiciones de luz (sombreado y no sombreado), se encontró que no existe diferencia significativas, en cuanto al sombreado del invernadero, en comparación del no sombreado, pero que existe una diferencia de mayor peso en las plantas desarrolladas en el invernadero con malla sombra, en el cual hay una mayor acumulación de biomasa en comparación con el invernadero sin malla, esto puede deberse a que las plantas en el invernadero sombreado se encuentran con menos estrés que en el que no tiene malla sombra. (Guzmán, 2006).

En cuanto a fertilización se encontró que no existen diferencias estadísticas significativas con el uso de fertilizante, lo cual para el efecto de aplicación práctica es muy conveniente, así se minimizarían los costos de producción de FVH, haciendo más factible el uso de tecnología. De igual manera De León (2005) al estudio en el FVH de maíz probando dosis de fertilización y solo agua, encontró resultados similares al fertilizar y solo agua lo que confirma que se pueden obtener buenos resultados sin usar fertilizantes con el subsecuente ahorro para el productor. (Guzmán, 2006).

Al estudiar en el CIQA, Densidades de siembra en Forraje Verde Hidropónico de avena y maíz bajo dos niveles de sombreo (50% y 80%)”, se encontró que existen diferencias significativas en los dos tipos de sombreo, con el sombreo al 50% con semillas de avena a una densidad de siembra de 500 g de grano/charola de 0.21 m², se presentó mayor peso de forraje fresco, por lo que se recomienda un nivel de sombreo de 50% para el caso de peso de forraje fresco, mientras que en el sombreo al 80% con semillas de maíz, con una densidad de siembra de 1000 g de grano/charolas de 0.21 m² se obtuvieron menores resultados. (Ángeles, 2008).

Estos resultados coinciden con los encontrados por Guzmán (2006), quien encontró que a una densidad de siembra de 500 g de trigo o Triticale, con un nivel de sombreo de 50% hubo mejores resultados con respecto a los demás tratamientos utilizados. La producción de FHV es una buena opción para la alimentación animal, con posibles aplicaciones en la alimentación humana, en este trabajo se cumplieron dos hipótesis: las densidades mas grandes produjeron mayor cantidad de forraje y este fue afectado por la cantidad de sombreo (Ángeles, 2008).

V. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, suelos pobres y aguas de riego de baja calidad. No obstante estas limitaciones y la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son muy susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades (Cassman, 1999; Young, 1999).

En los últimos años, la actividad agropecuaria en estas zonas se ha incrementado notablemente; sin embargo, su expansión ha tenido lugar sin el debido control ecológico y las tecnologías comúnmente utilizadas no son las más apropiadas, provocando problemas de contaminación de suelos y mantos acuíferos (Endo *et al.*, 2000), así como también agotamiento de agostaderos y la extinción de especies de flora nativa (Martínez, 1981).

Un sistema de producción agropecuario sostenible debe mejorar o al menos mantener los recursos naturales sin devaluarlos, y no generar situaciones que disminuyan la actividad ganadera, como por ejemplo la contaminación (Nardone, 2004). Consecuentemente, la búsqueda de metodologías alternativas de producción de forraje en las cuales se considere el ahorro de agua, altos rendimientos por metro cuadrado ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente es de particular importancia.

Los estudios más recientes efectuados en México (Lopez y colaboradores 2009) se realizaron para evaluar densidades de siembra, uso del agua y el efecto del FHV en la ganancia en peso en cabras; en donde se encontró que estas dietas efectivamente aumentaron la ganancia en peso del hato. Los resultados que se obtuvieron demostraron que el FVH incrementa significativamente la ganancia de peso en el ganado. Los efectos positivos con la alimentación de FVH fueron muy notorios, debido a que el FVH es un forraje que aporta buena energía metabólica, es un alimento con suficiente valor

nutricional para considerarlo como un suplemento alimenticio ideal para elevar la condición nutricional del ganado.

En otra investigación realizada en Italia (Giuseppe Marsico y colaboradores, 2009) encontraron en una evaluación de diferentes niveles de FVH en dietas, que el bienestar y la producción de leche en cabras esta asociada con la buena alimentación del ganado, con estos resultados el uso de FVH en la alimentación de animales favorece considerablemente su desarrollo.

VI. ÁREAS DE OPORTUNIDAD

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje. En estas zonas el sector agropecuario es cada vez más pobre debido a las condiciones climatológicas peculiares en estos lugares.

En México, aproximadamente el 60 % del territorio es considerado con zonas áridas o semiáridas. En estas zonas se ha sufrido un acelerado proceso de degradación ambiental durante las últimas décadas, debido al crecimiento demográfico, el cual está causando la explotación excesiva de los recursos naturales de ciertas regiones; mientras que en otros casos la baja densidad de población está permitiendo la degradación de los ecosistemas cultivados por la falta de un adecuado mantenimiento y la creciente adopción de las tecnologías produciendo contaminación en el medio ambiente.

La rápida degradación de los recursos naturales y la alteración de los sistemas hídricos de estas regiones han hecho más visible la reducción de los índices de producción de ganado. Tomando en cuenta las grandes limitaciones con las que se cuentan en zonas áridas y semiáridas de México, se puede decir que el FVH puede constituirse en una alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje que contribuya a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas.

La producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de plántulas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas con una alta tasa de germinación para producir un forraje de alta digestibilidad, calidad nutricional y apto para la alimentación de animales (FAO, 2001). No obstante las ventajas que presenta el FVH en comparación con otras metodologías de producción de alimento para el ganado, persisten aun dudas y falta de conocimientos sobre la metodología apropiada y la calidad del alimento producido.

El FVH es un alimento con el suficiente valor nutricional para considerarlo como un suplemento alimenticio ideal para elevar la condición nutricional del ganado,

principalmente en zonas áridas y semiáridas, donde es común que los animales pasen por periodos de subnutrición en diferentes etapas de su vida (Espinoza *et al.*, 2007).

La metodología de producción de FVH podría contribuir de manera importante en la conversión de los sistemas convencionales de producción de ganado, particularmente en las regiones del norte de México, en donde es común la subnutrición en las cabras y algunas poblaciones de ganado bovino. Una estrategia para resolver este problema pudiera ser la utilización de FVH como suplemento alimenticio.

Aunque se ha indicado que el FVH debe emplearse como complemento y no como un sustituto total de los forrajes convencionales (FAO, 2001), puede convertirse en un forraje ideal para incrementar la condición nutricional del ganado, principalmente en zonas áridas y semiáridas donde es común la escasez de alimento para el ganado.

VII. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que pueden extraerse de este estudio sobre la Producción de Forraje Verde Hidropónico son:

El FVH es un alimento de alta digestibilidad y calidad nutricional, excepcionalmente apto para la alimentación animal, representa una herramienta alimentaria de alternativa, con la cual se puede hacer frente a los clásicos y repetitivos problemas que enfrenta hoy la producción animal (sequías, inundaciones, suelos empobrecidos y/o deteriorados), el forraje verde hidropónico presenta una capacidad de sustitución del concentrado y/o ración balanceada muy importante, la cual puede llegar en algunas especies hasta el 70% . Tal condición de riqueza nutricional, trae aparejada una muy significativa disminución en los costos de alimentación animal.

A través de la implementación de esta técnica podemos obtener un significativo ahorro de agua, recurso que cada vez es más limitante y clave en nuestro desarrollo productivo. 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. Con el FVH se logra independizarse de las adversas condiciones agroclimatológicas. La utilización de espacio para la producción de FVH es muy reducida, por lo tanto libera lugar para llevar a cabo otro tipo de actividades.

La producción de FVH puede ser modular para aumentar o disminuir los volúmenes a obtenerse según los requerimientos alimentarios de los animales, sin variar significativamente los costos unitarios. Dado que el FVH se entrega en estado fresco, no es necesario disponer de bodegas, suprimiéndose de esta forma los costos de construcción de las mismas, así como su mantenimiento.

La sustitución de parte de la ración por FVH en vacas lecheras, produce un aumento en el volumen de leche cercano al 10%. Mediante el suministro de FVH el período de “vientre vacío” en vacas, pasa de 4 - 5 meses a poco más de 2 meses. Esto es por el aumento en el consumo de Vitamina E originado por el FVH.

El FVH es un alimento muy apetecible por parte del animal, presentando un buen sabor y una agradable textura. Contiene además enzimas digestivas que ayudan a una mejor asimilación del resto de la ración. Tiene un importante aporte de vitaminas al animal, como por ejemplo: Vitaminas. E; Complejo B. A la vez, el FVH es generador de vitaminas esenciales como la Vitaminas. A y la Vitaminas. C. El consumo de FVH tiene un efecto de en salivación por parte del animal lo cual le permite digerir con mayor facilidad el resto del alimento.

Es importante hacer mención que en las zonas áridas y semiáridas hacen falta más estudios que promuevan el uso del FVH, debido a que son zonas con un complejos ecosistemas con suficiente potencial natural como para suministrar una buena calidad de vida a sus poblaciones, siempre y cuando el modelo de desarrollo adoptado sea socialmente justo, ecológicamente sustentable, culturalmente apropiado y fundado en una visión holística de la ciencia y la naturaleza tal es el caso de FVH.

VIII. REFLEXIONES

Existen situaciones como las siguientes que merecen especial atención por parte de los pequeños productores pecuarios:

- 1) ¿Si viene una sequía, cuál es el estado actual de mis pasturas?
- 2) ¿Qué nivel de reservas forrajeras dispongo en este momento? ¿Me alcanzarán para resistir una situación negativa?
- 3) ¿Si no me alcanzan, qué forrajes y/o suplementos puedo conseguir en el mercado? ¿Cuál es su valor alimenticio?
- 4) ¿Cuánto valdrían mis animales si de sobrevenir una sequía no tengo suficiente alimento para suministrarles? ¿Cuántos litros de leche perdería de producir? ¿Cuántos meses estará el animal seco?
- 5) ¿Tengo el suficiente personal, así como las facilidades debidas, para enfrentar el aumento de trabajo que sería el movilizar el ganado entre las escasas y racionadas pasturas del predio, darle reservas forrajeras y/o suplementar con concentrados?

¿Cuánto me costará adoptar y adaptar a mis necesidades la técnica del Forraje Verde Hidropónico FVH?

No cabe duda alguna que lo planteado reviste una importancia real y, dada la creciente variabilidad y cambio de los climas, es oportuno prever enfrentar el problema de los forrajes, abriéndonos a otras estrategias. Prepararse para posibles contingencias adversas, redundará directamente en el beneficio del grupo familiar y de la comunidad.

IX. NOMENCLATURA

FVH: Forraje Verde Hidropónico

kg: Kilo gramos

%: Por ciento

FVH.m⁻².día⁻¹: Forraje Verde Hidropónico por metro cuadrado por día

kcal.kg⁻¹: Kilocalorías por kilogramo

cm: Centímetros

°C: Grados centígrados

CE: Conductividad eléctrica

mS.cm⁻¹: MiliSiemens por Centímetro

mesh: Diámetro de los Poros de 120 micras

ppm: Partes Por Millon

PB: Proteína Bruta

g.m⁻²: Gramos por Metro Cuadrado

PV: Proteína Verdadera

D.E: Digestibilidad Estimada

PC: Proteína Cruda

FDA: Fibra Detergente Acida

DS: Densidades de Siembra

X. LITERATURA CITADA

Bibliografía

- Ángeles, B. E. 2008. Evaluación de Densidades de Siembra en Forraje Verde Hidropónico de Avena y Maíz bajo dos niveles de sombreo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Arano, C. R. 1976. Relaciones Hidropónicas. Buenos Aires, Argentina. La Serenísima. pp 13-19. Cultivos Hidropónicos. pp. 4-19. Forraje Verde Hidropónico (FVH). La Serenísima. pp.19.
- Arano, R. C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivo, sin Tierra. Editado por el Propio Autor. Prov. de Buenos. Aires, Argentina. pp. 143-150.
- Bonanno, A., Di Grigoli, A., Stringi, L., Di Miceli, G., Giambalvo, D., Tornambé, G., Vargetto, D., Alicata, M.L., 2007. Intake and Milk Production of Goats Grazing Sulla Forage under Different Stocking Rates. *Ital. J. Anim. Sci.* 6:605-607.
- Al-Busaidi, R., Johnson, E.H., Osman Mahgoub, S., 2008. Seasonal variations of phagocytic response, immunoglobulin G (IgG) and plasma cortisol levels in Dhofari goat. *Small Rum. Res.* 79:118-123.
- Bravo R. M.R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan. Chile, pp. 29-42.
- Cassman, K.G. 1999. Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield Potential, Soil Quality, and Precision Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96: 5952-5959.
- Chang, M; Hoyos, M; Rodríguez, A., 2000. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.

- Church, D.C. 1974. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiante. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- De León. P. M. 2005. Influencia del Sombreado y la Fertilización Sobre el Crecimiento y Productividad del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mays* L). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Dosal, A. J. J. M. 1987. Efecto de la dosis de la Siembra, Época de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, sede Chillán, Chile.
- Endo T, Yamamoto S, Honna T, Takashima M, Iimura I, López R, Benson M 2000. Behaviour and Distribution of Salts Under Irrigated Agriculture in the Middle of Baja California, México. *Jap. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 71: 18-26.
- Espinoza JL, Palacios A, Ávila N, Guillén A, De Luna R, Ortega R, Murillo B (2007) La Ganadería Orgánica, una Alternativa de Desarrollo Pecuario para Algunas Regiones de México: una Revisión. *Interciencia* 32: 385-390.
- FAO. 2001. Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. pp: 200.
- Giuseppe Marsico, Elisabetta Micera, Salvatore Dimatteo, Fabrizio Minuti, Arcangelo Vicenti, Antonia Zarrilli. 2009. Evaluation of Animal Welfare and Milk Production of Goat Feed on Diet Containing Hydroponically Germinating Seeds. Dipartimento di Produzione Animale, Università di Bari, Italy *Ital.J.Anim.Sci.* vol. 8: 625-627.
- Guzman, R. Y. A. 2006. Determinación de Siembra y Dosis de Fertilización para la Producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*X Triticosecale* W.). Bajo dos Condiciones de Luz. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Hidalgo M. L.R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía 1. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción. Sede Chillán, Chile.
- Huterwal, 1990. Hidroponía, Cultivos de Plantas sin Tierra. Editorial Albatros, Buenos
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Al-Marzooqi, W., Al-Saqri, N.M., 2006. Effects of Transportation at High Ambient Temperatures on Physiological Responses, Carcass and Meat Quality Characteristics of Three Breeds of Omani goats. *Meat Science*, 73:626-634.
- Kannan, G., Terrill, T.H., Kouakou, B., Gazal, O.S., Gelaye, S., Amoah, E.A., Samake, S., 2000. Transportation of Goats: Effects on Physiological Stress Responses and Live Weight Loss. *J. Anim. Sci.* 78:1450–1457.
- Lomelí Z. H. M. 2000. Forraje verde hidropónico. El forraje del futuro...Hoy. *Agrocultura*. 63. 15-18.
- López-Aguilar, Raúl, Murillo-Amador, Bernardo y Rodríguez-Quezada, Guadalupe. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una Alternativa de Producción de Alimento para el Ganado en Zonas Áridas. *INCI*, feb. 2009, vol.34, no.2, p.121-126. ISSN 0378-1844.
- Marulanda e Izquierdo, 1993. Manual Técnico “La Huerta Hidropónica Popular”. FAO PNUD. Santiago de Chile. pp: 35-45
- Martínez-Balboa, A. 1981, *La Ganadería en Baja California Sur*. Vol. I. Editorial J.B. La Paz, BCS, México. pp: 229.
- Morand-Fehr P, Sauvant D 1980 Composition and Yield of Goat Milk as Affected by Nutritional Manipulation. *J. Dairy Sci.* 63: 1671-1680.

- Morales, O. A. F. 1987. Forraje Verde Hidropónico y su Utilización en la Alimentación de Corderos Precozmente Destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.
- Nardone, A. 2004 Sustainability of Small Ruminant Organic Systems of Production. *Livest. Prod. Sci.* 90: 27-39.
- Nakayama, F.S; Bucks, D.A. 1991. Water Quality in Drip/Trickle Irrigation: A Review. *Irrigation Sci.* 12.
- Nelson, R.J., Drazen, D.L., 2000. Seasonal changes in stress responses. In *Encyclopedia of Stress*. Academic press, 402-408.
- Ñíguez, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- Pérez L, N. 1987. Efecto de la sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza artificial de Terneros. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Departamento de Agronomía. Imprenta Chillán, Universidad de Concepción, 1987. pp: 58.
- Peris, S., Caja, G., Such, X., 1999. Relationships Between Udder and Milking Traits in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Rum. Res.* 33:171-179.
- Revista Científica, Sistema de Información Científica. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. *Acta Universitaria*, Vol. 19, Núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 11-19 Universidad de Guanajuato México.
- Ramos, C. 1999. El Uso de Aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.
- Resh, H. 1992. Cultivos Hidropónicos. Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Rodríguez, S. 2000. Hidroponía: una Solución de Producción en Chihuahua, México. En Boletín Informativo de Red Hidroponía No 9. CIHNM. UNALM. Lima, Perú.
- Romero, L.M., 2004. Physiological Stress in Ecology: Lesson From Biomedical Research. Trends Ecol. Evol. 5:249-255.
- Romero V., M. E. Córdova Duarte, Gabriel;Hernández Gallardo, Elizabeth Odalmira 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero Acta Universitaria, Vol. 19, Núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 11-19 Universidad de Guanajuato México.
- Roy, J.H.B. 1972. El Ternero: Manejo y Alimentación. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Sánchez, A. 1996 – 1997. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo (DINAE –Ministerio de Trabajo y Seguridad Social) Montevideo, Uruguay
- Sánchez, F. 1998. Hidroponía, Principios y Métodos del Cultivo. 3a ed. Editorial. Universidad Autónoma Chapingo. México. 194 p.
- Schneider, A. 1991. Alternativas para las Lecheras y Engordas: Forraje Verde Hidropónico. Revista el Campesino, Julio 1991. Santiago de Chile. Pp: 18-23.
- Schneider, J.E., 2004. Energy balance and Reproduction. Physiol. Behav. 81, 2:289-317.
- Sepúlveda, R. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.
- Singh SN, Sengar OPS 1970. Investigation on Milk and Meat Potentialities of Indian Goats, 1965-1970. Tech. Report Project A7-AH18. Raja Balwant Singh College, Bichpuri, India. 259 pp.

Valdivia B.E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Del 25 al 29 de Marzo de 1996. Lima, Perú.

Walsberg, G. E., 2003. How Useful is Energy Balance as a Overall Index of Stress in Animals. *Horm. Behav.* 43:16-17.

Young, A. 1999. Is there really spare land? A critique of estimates of available cultivable land in developing countries. *Env. Dev. Sustain.* 1: 3-18.

Consultas en Internet

Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, ISSN 1695-7504, Vol. VI, N° 10, Octubre/2005 – <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.

Hidroforrajes, 2004. Equipos de Producción de Forraje Verde Hidropónico, la Patagonia, Argentina. Disponible en: <http://www.hidroforraje.com.ar/ar/hidroponia.html>.
Fecha de Consulta: 04 de enero del 2010.

Hydro. Environment, Productos para la Hidroponía, 2009. Disponible en: <http://www.hydroenvironment.com.mx>. Fecha de Consulta: 08 de enero del 2010.

Monografias.com, S.A. El Centro de Tesis, Documentos, Publicaciones y Recursos, Que es la Hidroponía, Disponible en: <http://www.monografias.com> Fecha de Consulta: 11 de Enero del 2010.

InfoAGRO.com. Copyright Infoagro Systems, S.L. Forraje Verde Hidropónico. Disponible en: <http://www.infoagro.com>, Fecha de Consulta: 11 de Enero del 2010.