

ORGANIZACIÓN
DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA
ALIMENTACION



MANUAL TECNICO

FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TCP/ECU/066 (A) “Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en
los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA”

*OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA
AMERICA LATINA Y EL CARIBE*

Santiago, Chile

2001

El Manual Técnico “Producción de Forraje Verde Hidropónico” fue preparado por la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe como actividad del Proyecto de Cooperación Técnica (TCP/ECU/0066 “Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA”. La información técnica fue compilada y consolidada por el Ing. Agr. Alvaro Sánchez Cortazzo como parte de un contrato específico.

La supervisión técnica y la edición del Manual fue realizada por el Dr. Juan Izquierdo, Oficial Regional de Producción Vegetal, FAO/RLCA-AGPC. La constante colaboración del Dr. en Ciencias Juan Figueroa en apoyo a la temática hidropónica es reconocida.

La información, denominaciones y puntos de vista que aparecen en este libro no constituye la expresión de ningún tipo de opinión de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con respecto a la situación legal de cualquier país, territorio, ciudad o área, o de sus autoridades, o en lo concerniente a la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas específicas, marcas de productos o ciertas compañías manufactureras, no implica que ellas estén siendo recomendadas por la FAO, por sobre otras de la misma naturaleza y características, que no aparezcan indicadas en el texto.

La Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe autoriza la reproducción fiel, completa o parcial de este libro, siempre que se haga sin fines comerciales y se mencione la fuente del documento. Se agradecerá enviar a esta Oficina Regional un ejemplar del material reproducido.

Primera edición, Santiago de Chile, febrero del 2002

INDICE

PRIMERA PARTE: <i>El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para los pequeños productores agropecuarios</i>	6
Antecedentes	7
Justificación	8
Ventajas y desventajas	9
Objetivo de la producción de FVH	14
SEGUNDA PARTE: <i>Métodos y factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico</i>	15
Métodos de producción	16
Ejemplos de utilización del FVH en alimentación animal	21
Instalaciones	24
Factores que influyen en la producción	32
Fertilización en la producción de FVH	37
Preparación de soluciones nutritivas	39
Efectos de la fertilización nitrogenada	41
TERCERA PARTE: <i>Resultados en la alimentación animal obtenidos a partir de FVH</i>	45
CUARTA PARTE: <i>Costos de producción e impacto económico del FVH</i>	54
Costos de producción convencional	59
Impacto económico del FVH	61
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	68

PRIMERA PARTE

***El forraje verde hidropónico (FVH)
como tecnología apta para pequeños
productores agropecuarios***

Antecedentes

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*” en un pienso o 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 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, 1960; 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 (Less, 1983; Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología 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 en ordeño, caballos de carrera; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes y chinchillas entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o



La erupción del volcán Hudson, Chile en 1991 causó una prolongada lluvia de cenizas que afectó el Sur de Chile y Argentina imposibilitando a los animales acceder a las pasturas causando la muerte de decenas de miles de ovinos.

granos para alimentación animal. Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, vienen incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años,

afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales. Ejemplos dramáticos de estas situaciones han sido el "terremoto blanco" de nieve de 1995 en el Sur de Chile; la sequía de 6 meses en 1999 que afectó el Cono Sur de América Latina o la sequía que afectó significativamente desde los primeros meses del 2001 a la Vertiente Pacífico de Mesoamérica con resultados adversos sobre la seguridad alimentaria de la población, especialmente la de los pequeños agricultores localizados en zonas de laderas degradadas.

Asimismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por periodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción.

Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, heno o ensilados. Ello redundaría en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH.

Justificación

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Chen, 1975; Less, 1983; Ñíguez, 1988; Santos, 1987; y 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. Como será expuesto en detalle en capítulos posteriores, el FVH ha demostrado ser una herramienta eficiente y útil en la producción animal. Brevemente, 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 Ruiz, 1988), lográndose sustituir entre 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 "ad libitum" (Sánchez, 1996 y 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 en Uruguay (Rincón de la Bolsa) posibilitando la generación de ingresos, 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). 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).

Ventajas y Desventajas del FVH

Ventajas:

-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% a 18% (Sánchez, 1997; Lomeli Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

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

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

Fuente: Carámbula, M. y Terra, J. 2000.

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se hallan observado y se observen generalmente en países con ecozonas 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.

-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 (Foto 1).

-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.)



Foto 1. Módulo de FVH con bandejas de producción en pisos múltiples. Fuente: R. Fox

- *Calidad del forraje para los animales.* El FVH es un suculento 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 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg) (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 N° 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, Juan José, 1987 pág. 63.

Cuadro N°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 de acuerdo a las indicaciones que serán presentadas en este manual, 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).

Un caso notable de inocuidad y apoyo a la seguridad alimentaria a partir del uso de FVH fue informado en las poblaciones de Chernobyl, Kazakstan y Voronezh, ciudades afectadas por radiación atómica. En tal situación, como informado por Pavel Rotar (Julio, 2001) de la ISAR (Initiative for Social Action and Renewal in Eurasia), la única salida para la producción animal en estas zonas afectadas de Rusia, fue la implementación de la producción del FVH, lográndose una “ sana y limpia alimentación de los animales”, dado que las pasturas existentes se encontraban totalmente contaminadas por la radiación. Además, con el suministro de FVH se aumentó la digestibilidad (de 30 a 95 %), con respecto a los granos que antes se utilizaban para consumo animal.

-*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, que se presenta por su importancia en una sección específica del manual, 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 (ver capítulo 4).

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 (ejemplo: la producción de conejos alimentados con FVH integrada a horticultura intensiva (Sánchez, 1997y 1998).

-Diversificación e intensificación de las actividades productivas.

El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Hás. de avena de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo (opinión de Productor de Melipilla, 1998, Chile) y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. De igual forma, el sistema FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales posibilitando "stockear" FVH para asistir a exposiciones, remates o ferias ganaderas. El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

-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 semilleristas, cabañas de reproductores, tambos, locales de invernada, ferias, locales de remates, aras 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.

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. Alternativamente, productores agropecuarios brasileros han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo microtúneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

Objetivos de la Producción de FVH

"Obtener rápidamente, a bajo costo y en forma sostenible, una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para alimentación animal"

Entre los objetivos específicos, que se desarrollan en el manual, se encuentran:

- 1) Ofrecer al productor "un seguro alimentario". El FVH es una estupenda herramienta de lucha contra la sequía, inundaciones o suelos anegados por las lluvias.
- 2) Convertirse en un eficiente y eficaz insumo tal que pueda sustituir todo o una buena parte del alimento concentrado ofrecido a los animales.
- 3) Bajar significativamente nuestros costos de alimentación animal.
- 4) Aumentar la producción de carne y de leche en los animales alimentados con FVH
- 5) Aumentar la fertilidad de los animales debido a los aportes de factores nutricionales presentes en el FVH (Vitamina "E") (Santos, 1987, citado por Níguez, 1988).
- 6) Aumentar la rentabilidad de predios de escasa a muy escasa extensión.
- 7) Maximizar nuestro espacio de producción.
- 8) Lograr el auto empleo predial.

Finalizando esta sección introductoria podemos resumir lo siguiente:

- ❑ 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.

SEGUNDA PARTE

***Métodos y factores que influyen en la
producción de forraje verde
hidropónico***

Métodos de Producción

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 (Foto 1) obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados); hasta métodos sofisticados conocido 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 (Foto 12); estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico (Foto 13); bandejas de fibra de vidrio (Foto 14) , de madera pintada (Foto 15) o forrada de plástico (Foto 16) 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 (Foto 17) .

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 nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con curasemillas, agentes pre emergentes o algún otro pesticida tóxico.

-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, Chang, Hoyos, 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 procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

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

nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso estamos induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión. Esta pre germinación nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo estaremos utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas. 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 la dejamos en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Varias experiencias han demostrado que períodos de 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 sumergimos en bidones o recipientes de material plástico no debiéndose usar recipientes metálicos dado que pueden liberar residuos u óxidos que son tóxicos para las semillas en germinación. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas y a razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

Dosis de Siembra. Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos 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 (Foto 2).



Foto N° 2. Siembra en bandejas de semillas pregerminadas de avena. Fuente: Juan Izquierdo.

Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Mediante esta técnica le estamos proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Recordemos que el FVH es una biomasa que se consumirá dentro de un período muy reducido de tiempo. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.

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 entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersion 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).

Riego con Solución Nutritiva. Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Recordemos brevemente que el Manual FAO “La Huerta Hidropónica Popular” (Marulanda e Izquierdo, 1993), indica que la solución nutritiva allí expuesta se puede utilizar para la producción de FVH a una concentración de “¼ full”, es decir, por cada litro de agua usamos 1,25 cc de solución concentrada “A” y 0,5 cc de solución concentrada “B”.

Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. 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 nuestras cosechas. En el capítulo correspondiente a “Soluciones Nutritivas”, se explicarán otras alternativas válidas de nutrición vegetal para el FVH.

Cosecha y rendimientos: En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo. Asimismo, un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5 cc de “A” y 1 cc de “B” a partir del 4° día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del FVH.

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, Less (1983), Peer y Lesson (1985), Santos (1987) y Dosal (1987). Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de calidad en general del FVH resultante. La foto 3 ejemplifica los estados de crecimiento a través de los 10 primeros días para un FVH de cebada.

La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas (Foto 4).

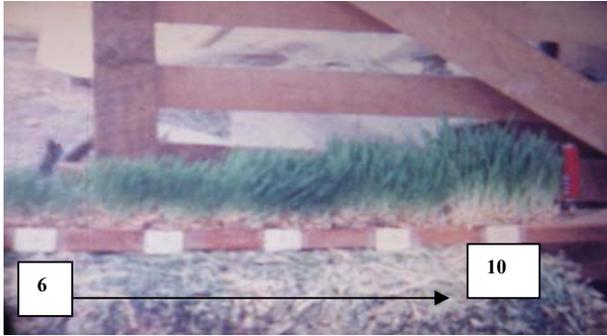


Foto N° 3 . Estados de crecimiento diario durante los 10 primeros días para un FVH de cebada.
Fuente: Juan Izquierdo.

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. En la Foto 4 también puede observarse el excelente estado de germinación de las semillas de maíz, el color blanco del colchón de raíces (el cual no presenta ataque de enfermedades fungosas), una parte aérea en perfectas condiciones sanitarias, de color verde y gran vigor y en general un alimento muy apetecido y apto para nuestros animales (Foto 5).



Foto N° 4 . FVH de maíz (a) y de cebada (b) producidos en buenas condiciones. Fuentes: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Perú; y Juan Izquierdo



Foto N° 5: FVH Listo Para ser Consumido por los Animales.
Fuente: Héctor M. Lomelí Zúñiga.

Ejemplos de utilización del FVH en alimentación animal

Los usos del FVH son diversos pudiéndose utilizar como alimento de vacas lecheras (Fotos 6 y 7) ; caballos (Foto 8); ganado de carne; terneros; gallinas ponedoras (Foto 9); pollos; cerdos; conejos (Fotos 10 y 11) y cuyes. El cuadro 4 brinda información indicativa de las dosis en que puede ser usado el FVH en diversas especies de animales, siendo necesaria aún mayor investigación para ajustar los consumos diarios en función del peso vivo del animal, raza, y estado fisiológico o reproductivo.



Foto N° 6: Ganado vacuno lechero alimentándose con FVH, México. Fuente: Héctor Lomelí Zúñiga.



Foto N° 7: Consumo de FVH en vacas lecheras, Chile. Fuente: Juan Izquierdo



Foto N° 8: Consumo de FVH por caballos de paso, Perú. Fuente: Juan Izquierdo



Foto N° 9: Uso de FVH en planteles de gallinas ponedoras, Chile. Fuente: Juan Izquierdo



Foto N° 10: Utilización de FVH para la producción de conejo de carne, Uruguay. Fuente: Alvaro Sanchez

En el caso de conejos, ensayos de campo realizados por grupos de productores de la localidad de Rincón de la Bolsa (Uruguay), indicaron que los conejos en etapa de engorde aceptan sin dificultad entre 280 y 400 gramos de FVH/día y obtenían el peso de faena a los 72 o 75 días en forma similar a los conejos alimentados exclusivamente con ración balanceada. Las madres en lactancia y los reproductores pueden llegar a ingerir un promedio de 500 gramos por día lo que indica que en la especie cunícola se puede suministrar hasta un 8 a 10 % de su peso vivo en FVH sin consecuencias negativas.

Cuadro N° 4. Dosis de FVH recomendadas según especie animal

Especie Animal	Dosis de FVH kg por cada 100 kg de Peso Vivo.	Observaciones
Vaca Lechera	1 – 2	Suplementar con paja de cebada y otras fibras.
Vacas Secas	0,5	Suplementar con fibra de buena calidad.
Vacunos de Carne	0,5 – 2	Suplementar con fibra normal.
Cerdos	2	Crece más rápido y se reproducen mejor.
Aves	25 kg de FVH/100 kilos de alimento seco.	Mejoran el factor de conversión.
Caballos	1	Agregar fibra y comida completa. Mejoran performance en caballos de carrera, paso y tiro.
Ovejas	1 – 2	Agregar fibra.
Conejos	0,5 – 2 (*)	Suplementar con fibra y balanceados.

Fuentes: Less, 1983; Pérez, 1987; Bravo, 1988; Sánchez, 1997; Arano, 1998.
 (*=conejos en engorde aceptaron hasta 180-300 g FVH/día (10-12% del peso vivo); ingesta de las madres en lactancia= hasta 500 g FVH/día.)



Foto N° 11: Conejos comiendo FVH.
 Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. UNALM, Perú. 1997.

Instalaciones

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

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 construídas 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). Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en:

Populares: Consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas (bambú o tacuara), revestida de plástico transparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construídas 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.

El material con que están fabricadas las bandejas puede ser de cualquier tipo y origen. Lo más común es que sean recipientes de plástico (Foto 12) de descarte, a los cuales se les corta al medio, se les perforan pequeños drenajes de agua sobre uno de los lados y se usan tal como quedan. También se utilizan estantes de muebles en desuso a los que se le forran con nylon (Foto 13). En este tipo de instalaciones podemos encontrar todo tipo de formas y tamaños de bandejas y tal como promueve la FAO en su manual de la Huerta Hidropónica Popular (Marulanda C. y J. Izquierdo, 1993.), el FVH permite también practicar una agricultura popular del descarte.

Estructuras o recintos en desuso: Hemos denominado así a este segundo tipo de instalaciones de producción de FVH. 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.



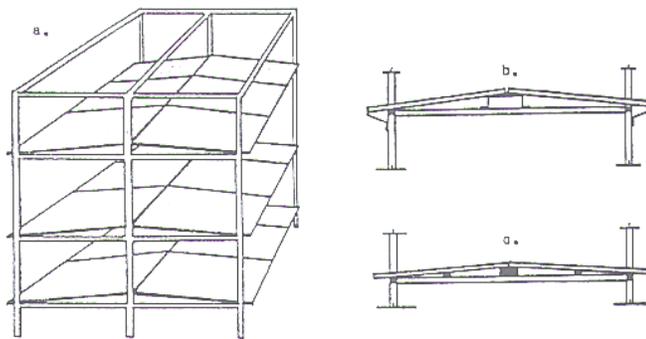
Foto N° 12. Bandejas de plástico de desecho usadas en la producción popular de FVH. Fuente: A. Sanchez



Foto N° 13. Bandejas
construidas con
estantes de muebles
de descarte. Fuente:
A. Sanchez

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 (Figura 1). El material utilizado en la construcción de las bandejas puede ser de distintos orígenes tales como fibra de vidrio (Foto 14), madera pintada (Foto 15), madera forrada con plástico (Foto 16) y bandejas de plástico (Foto 17). 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 (Fotos 18 y 19). 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.



a: Módulo o estantería de 3 niveles y 18 bandejas individuales.

b y c: Perfil de bandejas con pendiente longitudinal sobre soportes que marcan distintos grados de pendientes.

Figura 1. Diagrama de estructura de producción de FVH. Fuente: Cultivos Hidropónicos COLJAP-Ed.Culturales VER Ltda. (pag.141)



Foto N° 14: Diseño de una estantería con bandejas de fibra de vidrio. Fuente: A. Sanchez

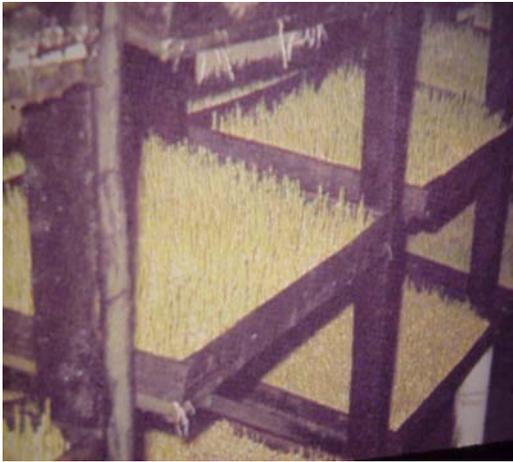


Foto N° 15: Estantería con bandejas de madera pintada. Fuente: J. Izquierdo



Foto N° 16: Estantería con bandejas de madera forradas de plástico. Fuente: J. Izquierdo



Foto N° 17: Estantería con bandejas de plástico preconstruidas.
Fuente: J.Izquierdo



Foto N° 18 . Estanterías de producción con FVH cosechado y listo para consumo animal.
Fuente: Héctor Lomelí Zúñiga.

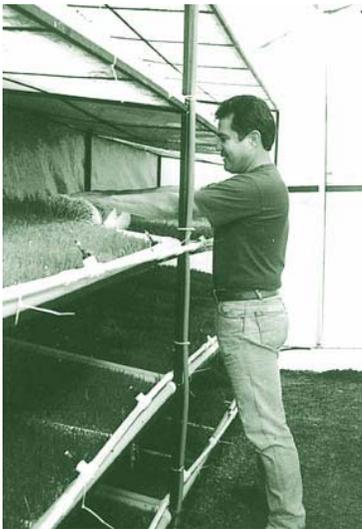
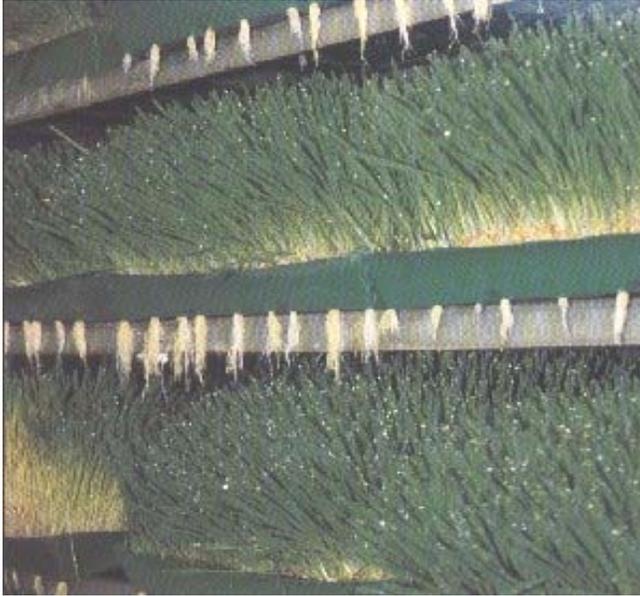


Foto N° 19. Cosecha de FVH. Fuente: Héctor Lomelí Zúñiga.

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” (Foto 1).

Existen construcciones de albañilería para la producción de FVH que alcanzan un costo de 221 US\$ por metro cuadrado. A modo de ejemplo describiremos un caso de una instalación con un área total de 1.000 metros cuadrados, ocupando la sección de cultivo (Foto 20) un área de 30 por 25 metros (750 m²) y una altura de 3,5 metros. El resto de la estructura (250 m²) es ocupada por los espacios para el lavado, remojo, escurrimiento y germinación de las semillas incluyendo espacio para la oficina y depósitos.



Fotografía N° 20. Área de cultivo de una fábrica de forraje. Obsérvese el crecimiento vigoroso del FVH en las bandejas de producción. Fuente: R.Fox

En estos modelos, la sala de germinación ocupa un área de 50 metros cuadrados, presenta la misma disposición que la sala de producción, cuenta con un sistema de riego por microaspersión, no tiene iluminación ni tampoco requiere de mucha ventilación. Los estantes de esta sala comprenden 10 pisos siendo la capacidad de producción de 10.000 kilos de FVH por día. La fase de producción se realiza sobre bandejas que son colocadas en estantes metálicos dobles de 7 pisos. Las bandejas son de fibra de vidrio que se ubican en 7 líneas de estantes siendo cada una de ellas de 26 metros de largo por 1,8 de ancho. Entre las líneas de estantes se coloca un piso de cemento con canaletas a ambos lados, mientras que el piso bajo las estanterías está recubierto con material inerte que facilite el drenaje y previamente desinfectado (balastro, pedregullo, etc). La instalación cuenta con riego automatizado, estantería por estantería y controlado todo por relojes de tiempo con sus respectivas válvulas solenoides y de flotación. Presenta también ventiladores, extractores de aire, un ozonizador que incorpora ozono al agua de riego para eliminar contaminaciones de bacterias, e iluminación de apoyo basada en 20 tubos fluorescentes.

Los resultados en una unidad como la descrita arriba, señalan que se pueden producir 10.000 kilos de FVH por día (*10 kilos de FVH/m²/día*) en 7 pisos de producción para alimentar con forraje verde a caballos (de carrera, paseo y de tiro), vacunos, porcinos, ovinos, camélidos y animales exóticos. El destino de la producción del FVH no tiene limitaciones en cuanto a las especies animales y la bondad del producto (FVH) es tal que permite su adaptabilidad a cualquier animal.

Otros ejemplos de instalaciones para FVH mencionadas en la literatura técnicas ofrecen diferentes modelos de estructuras. Entre ellas, un modelo "Hydro Harvest" de California, EEUU, basado en túneles de producción automáticos en donde las bandejas se desplazan sobre rieles hasta el final del túnel donde el FVH es cosechado y entregado a la alimentación de los animales. Equipos similares son también fabricados y comercializados en España (Sintierra). Otras empresas dedicadas a la fabricación y exportación de estos paquetes tecnológicos son, entre otras: Magic Meadows (Arizona); Harvest Hydroponics (Ohio); Landsaver (Inglaterra).

Una de las instalaciones más sofisticadas que se han creado para la producción del FVH son las de Othmar Ruthner, Viena, Austria en donde el sistema se basa en una gran cinta continua de producción de FVH. Sin embargo un modelo portátil ofrecido por Australian Manufacturer de 60 metros cuadrado presenta el entre-techo de la unidad forrado de "termopor" o "espuma plast" o "plumavit" para reducir la temperatura interna durante el verano. Toda la construcción tiene un marco de metal galvanizado cubierto por una doble capa de plástico asentado sobre un piso de concreto.

Dentro de la estructura se disponen las estanterías de metal sobre las cuales se ubican las bandejas que son en esta oportunidad de material plástico. Tiene un sistema automatizado que hace todo. El riego automático y periódico es mediante nebulizadores los cuales esparcen uniformemente la solución nutritiva. La unidad es además calentada o enfriada automáticamente según un control ejercido desde un termostato. La temperatura ambiente interna es estable a 21°C. Como resultado tenemos que a los 8 días luego de la siembra, esta unidad produce forraje verde de 20 centímetros de altura con una eficiencia de conversión por kilo de semilla que oscila entre los 6 a 10 kilos de FVH, dependiendo de la calidad de semilla utilizada. La "fábrica" presenta en su interior un total de 768 bandejas y funciona en un ciclo de alrededor de 100 bandejas por día. Cuando esta instalación se encuentra a capacidad plena la producción de FVH es de 1.000 kilos por día con un rendimiento de 16,6 kg de FVH/m²/día. Usualmente este tipo de instalaciones son instaladas para generar forraje verde y fresco para uso en establecimientos lecheros o de carne (Foto 21).



Fotografía N° 21: Detalles Internos de una "Fábrica de Forraje".
Obsérvese la fuente de iluminación, el diseño de los módulos y el sistema de acondicionamiento del aire interior ubicado en el

Factores que Influyen en la Producción

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. La fotografía (Foto 23) muestra un claro ejemplo acerca de la mala calidad de una semilla. 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 de alto porcentaje de germinación (Foto 24).



Foto N° 23: Germinación de semilla de mala calidad. Fuente: A. Sanchez



Foto N° 24: Germinación de semilla de maíz de buena calidad. Fuente: A. Sanchez

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.

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 3^{ero} o 4^{to} día iniciamos el riego con solución nutritiva y exponemos las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa de luz solar. 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.

Si la opción de producción es exclusivamente en recintos cerrados sin luz natural, tendremos entonces que 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 pre existentes, etc.

Temperatura: La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18° C 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°C a 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°C y 28 °C (Martínez, E. 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 nuestra producción. El ataque de los hongos usualmente resulta fulminante y puede en cuestión de horas arrasar con toda nuestra producción, y quedarnos 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 máxima y mínima 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, tendremos que calefaccionar nuestro 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, A. 1991). Por su parte el abatimiento de altas temperaturas puede obtenerse a través de la colocación de malla de sombra y/o conjuntamente con la instalación de aspersores sobre el techo del invernáculo.

Si podemos instalar nuestro sistema de producción de FVH en ambientes aislados de los cambios climáticos exteriores, nuestra producción se verá optimizada.

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.

Calidad del agua de riego. La calidad de agua de riego es otro de los factores singulares en nuestra 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, tendremos problemas sanitarios y nutricionales con el FVH.

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 desconocer su importancia fue causa de fracasos y pérdidas de tiempo. Un ejemplo de esto lo constituye una experiencia llevada a cabo en el Departamento de Rocha –Uruguay – donde la utilización de una fuente de agua proveniente de una cañada del lugar, provocó una muy severa aparición de enfermedades fungosas, al igual que una elevada presencia de colibacilos fecales en el cultivo. Ramos (1999), establece criterios en el uso de aguas para cultivos hidropónico respecto a : i) contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro); ii) contenido de microorganismos patógenos ; iii) concentración de metales pesados; y iv) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

-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.

-Conductividad. La conductividad eléctrica del agua (CE) 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) 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. 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 – 150 miligramos por litro de agua (Ramos,C; 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 residual 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 y Bucks, (1991). Un resumen del potencial de obturación de goteros según la calidad del agua se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro N° 5. 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)	<500	500 - 2000	>2000
Manganeso (mg/l) ²	<0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Hierro total (mg/l) ²	<0,2	0,2 - 2,0	>2,0
Sulfuro de Hidrógeno (mg/l) ²	<0,2	0,2 - 2,0	>2,0
N° de Bacterias/ml	<10.000	10.000 - 50.000	>50.000

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

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.

-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. A título informativo, la NASA ha experimentado con singulares resultados positivos la práctica de suministro de CO₂ a cultivos hidropónicos obteniéndose un excelente aumento en la producción de biomasa vegetal (Arano, 1998).

Fertilización en la producción de FVH

Según diversos autores, Hidalgo (1985), Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positiva como para recomendar su uso. Dosal (1987), probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva. El mismo autor señala que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 % (Cuadro 6).

Cuadro N° 6. Fitomasa producida en avena hidropónica en períodos de cosecha y bajo cuatro niveles de fertilización nitrogenada

Nivel de Fertilización en ppm de Nitrógeno	Tiempo de Cosecha (días)	Fitomasa Producida (kg MS * m ⁻²)	Índice de Conversión kg producido / kg sembrado
0	7	3,39	0,93
	11	2,79	0,77
	15	2,66	0,73
100	7	3,26	0,90
	11	2,95	0,81
	15	2,27	0,63
200	7	3,54	0,98
	11	3,43	0,94
	15	2,77	0,76
400	7	3,54	0,98
	11	3,30	0,91
	15	2,32	0,64

Fuente: Adaptado de J.J. Dosal. 1987.

Los resultados anteriores (Cuadro 6) demuestran que el uso de fertilizaciones mayores a las 200 ppm de nitrógeno no resultan en mayor cantidad de producción de fitomasa. También se comprueba que la pérdida de fitomasa resulta inevitable a medida que pasa el tiempo, aunque se recurra a prácticas de fertilización. Esto avala el concepto de que períodos "Siembra – Cosecha" prolongados son desfavorables para la producción de FVH. Un ejemplo de fórmula de fertilización nitrogenada utilizada en el riego del FVH es la que se encuentra en el Cuadro 7.

Cuadro N° 7. Composición de una solución nutritiva apta para FVH

Sal Mineral	Cantidad G	Elemento que aporta.	Aporte en ppm
Nitrato de Sodio	355	Nitrógeno	207
Sulfato de Potasio	113	Potasio	178
Superfosfato Normal	142	Fósforo	83
Sulfato de Magnesio	100	Magnesio	71
Sulfato de Hierro	4	Hierro	10
-----	-	Azufre *	90

Fuente: Adaptado de L.R. Hidalgo. 1985. (*): El aporte de azufre es la suma de los aportes parciales.

Otra 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 8). De acuerdo a esta fórmula para llegar a la solución nutritiva final o solución de riego debemos preparar dos soluciones concentradas denominadas **solución concentrada "A"** (integrada con los elementos minerales mayores o macronutrientes y una **solución concentrada "B"** formada con los elementos minerales menores o micronutrientes.

Cuadro N° 8 . 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

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, nos lleva a la formación de precipitados. Este fenómeno es un factor negativo para nuestro cultivo de FVH dado que a consecuencia de ello, se producen carencias nutricionales de algunos elementos.

Preparación de Soluciones Nutritivas

La solución nutritiva final, comúnmente llamada también solución concentrada de riego se prepara, en el caso de la fórmula utilizada por Hidalgo, 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 tenor de N), es suficiente para el crecimiento del FVH. Si éste se presenta en forma quelatizada resulta aún mucho más efectivo para el cultivo.

La fórmula FAO, se prepara a través de una mezcla de soluciones nutritivas madres o concentradas, llamadas "A" y "B" respectivamente. Las sales y las cantidades necesarias para preparar la Solución "A" se observan en el Cuadro 9.

Cuadro N°9. Solución Concentrada "A"

SAL MINERAL	CANTIDAD
Fosfato Mono Amónico	340 gramos
Nitrato de Calcio	2.080 gramos
Nitrato de Potasio	1.100 gramos

Fuente: Manual "La Huerta Hidropónica Popular".
FAO, 1997.

Estas cantidades se diluyen en agua potable, hasta alcanzar los 10 litros. Sería muy conveniente que el agua a utilizar se encuentre entre los 21° y 24°C dado que la disolución es mucho más rápida y efectiva. Las sales se van colocando y mezclando en un recipiente de plástico de a una y por su orden para obtener la Solución Concentrada “A”.

Las sales necesarias para preparar la solución “B” se encuentran en el Cuadro 10.

Cuadro N° 10. Solución Concentrada “B”

SAL MINERAL	CANTIDAD
Sulfato de Magnesio	492 gramos
Sulfato de Cobre	0,48 gramos
Sulfato de Manganeso	2,48 gramos
Sulfato de Zinc	1,20 gramos
Acido Bórico	6,20 gramos
Molibdato de Amonio	0,02 gramos
Quelato de Hierro	50 gramos

Fuente: Manual “La Huerta Hidropónica Popular”. FAO, 1996.

La dilución se hace también con agua, pero hasta alcanzar un volumen final de 4 litros de solución.

Para el mezclado de las sales usamos las mismas recomendaciones que para el primer caso, no olvidando lo anteriormente mencionado sobre la conductividad eléctrica del agua y el pH. Una vez que tenemos las 2 soluciones, procedemos al tercer paso que es preparar la solución de riego final o solución nutritiva. Debemos recordar la recomendación de no mezclar las soluciones A y B sin la presencia de agua. Esto significa que primero agregamos el agua, luego la Solución “A”, revolvemos muy bien, y finalmente agregamos la Solución “B”. El no cumplimiento de este simple paso, ha llevado en un número muy grande de casos al fracaso de los cultivos, así como a la generación de grandes problemas técnicos. La persona encargada de preparar la solución tiene que cumplir exactamente con las reglas de elaboración de la misma. El proceso para la elaboración de la solución nutritiva con destino a la producción de FVH finaliza de la siguiente forma:

POR CADA LITRO DE AGUA SE AGREGAN 1,25 cc DE SOLUCIÓN “A” Y 0,5 cc DE SOLUCIÓN “B”.

Debemos recordar que 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. Otro factor a tener muy presente es el hecho que existen iones como el hierro (Fe), los cuales por su propias características y a medida que pasa el tiempo, se vuelven difíciles de absorber por las raíces. Por lo tanto se tendrán que usar en su forma quelatizada para que su asimilación sea eficiente y eficaz. En el mercado existen formulaciones comerciales con hierro quelatizado los cuales ya tienen una riqueza de Fe del 6%.

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 debemos obligatoriamente descartarlas, salvo que las corriamos con agua limpia de lluvia.

Un buen método de corrección de la conductividad eléctrica del agua , es el llamado “curado”. El mismo consiste en colocar el agua de nuestra fuente (pozo manantial, cañada, etc) en un tanque tratado con pintura “epoxi” o similar (si los volúmenes a utilizar no son muy elevados, podremos usar tanques plásticos). El tamaño del tanque tiene que estar de acuerdo a nuestras necesidades mínimas. Al cabo de 8 a 14 días, el agua ya habrá decantado todos sus excesos de sales. En esta situación, sacamos toda el agua por encima de esa decantación sólida de sales hacia otro tanque de plástico o similar. Estos procedimientos que pueden ser vistos como engorrosos, son necesarios para asegurarnos de la buena calidad del agua de riego para la producción de FVH.

Efectos de la Fertilización Nitrogenada

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:

Proteína Bruta (PB). El contenido de PB (g/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 g/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 (g/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. De acuerdo a los resultados expuestos en el Cuadro 12, la fertilización nitrogenada no evitaría las pérdidas en el contenido de proteína verdadera del FVH respecto al grano. Sin embargo, estas pérdidas son significativamente mayores si el cultivo no se fertiliza con nitrógeno. (Dosal, 1987).

Los incrementos de la proteína bruta observadas en algunos tratamientos con fertilización, serían consecuencia de un aumento del nitrógeno no proteico (Cuadro 11) el que sería aportado por la solución nutritiva de riego, y no debido a un aumento en los niveles de la proteína verdadera al cabo de los 15 días del experimento. Esto también nos indica que al cabo de 7 días el cultivo de FVH ya estaría haciendo uso del nitrógeno aportado por la solución nutritiva de riego, el cual además sería utilizado para la síntesis de nuevas proteínas. Sin embargo, el acelerado desarrollo que experimenta el FVH a partir de estas fechas, repercutiría al cabo de la segunda semana en una pérdida proteica debido a un posible balance negativo entre fotosíntesis y respiración.

Cuadro N° 11. Cambios en proteína (g/m²) a través del tiempo en un cultivo de FVH de avena, en tres cosechas y bajo cuatro niveles de fertilización nitrogenada

Nivel de Fertilización (ppm de Nitrógeno)	Tiempo (días)	Total de Proteína el FVH (g/m ²)	
		Bruta	Viva
0	7	312	197
	11	266	177
	15	278	137
100	7	311	227
	11	296	180
	15	289	138
200	7	347	252
	11	357	229
	15	432	219
400	7	360	250
	11	402	213
	15	373	167

Grano: Proteína Bruta (P.B) = 316 g/m² (base Materia Seca)
 Proteína Viva (P.V) = 235 g/m² (base Materia Seca)

Fuente: Adaptado de J.J.Dosal. 1987

Los experimentos de Dosal (1987), indican que riegos con dosis de 200 ppm y 400 ppm, presentan al término de la primera semana, un mayor contenido proteico (PB y PV) que el testigo (grano sin fertilización). Esto estaría confirmando que la mayor proporción de los cambios que originan el aumento del valor nutritivo del FVH, ocurren en los primeros siete días desde la siembra (Koller, 1962; Fordhan et al, 1975; citados por Dosal, 1987).

Pared Celular (P.C). 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 P.C. aumenta en términos muy interesantes respecto al grano. El Cuadro 12 demuestra lo anterior.

Lignina. Se ha demostrado que en el FVH existe un aumento de la cantidad de lignina (g/m²) en comparación con el grano. Esto nos indica que realmente existe una síntesis durante la etapa de crecimiento del FVH. La lignina cumple un importante rol 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 (Cuadro 13).

Cuadro N° 12. Cambios en el contenido de pared celular de un cultivo de FVH de avena cosechado en 3 momentos y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada

Nivel de Fertilización (ppm de Nitrógeno)	Tiempo de Cosecha (días)	Pared Celular del FVH (%)
0	7	55,7
	11	56,5
	15	63,6
100	7	54,9
	11	60,8
	15	59,0
200	7	56,0
	11	63,0
	15	58,0
400	7	51,2
	11	61,7

Pared Celular del Grano: 35,7 %

Fuente: Adaptado de J.J.Dosal. 1987.

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). Para un FVH de cebada, Less (1983); Peer y Lesson (1985) y Santos (1987), demostraron que los valores de digestibilidad a los 8 días de cultivo, es de aproximadamente un 82 % con respecto al grano.

Cuadro N° 13. Cambios en el contenido de lignina de un cultivo de FVH de avena cosechada en 3 momentos y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada

Nivel de Fertilización (ppm de Nitrógeno)	Tiempo de Cosecha (días)	Lignina del FVH (%)
0	7	6,6
	11	6,7
	15	7,1
100	7	5,0
	11	7,4
	15	7,0
200	7	7,0
	11	8,1
	15	6,6
400	7	6,6
	11	6,8
	15	6,6

Lignina del Grano: 3,6%

Fuente: Adaptado de J.J.Dosal. 1987

TERCERA PARTE

***Resultados obtenidos en la alimentación
animal a partir de FVH***

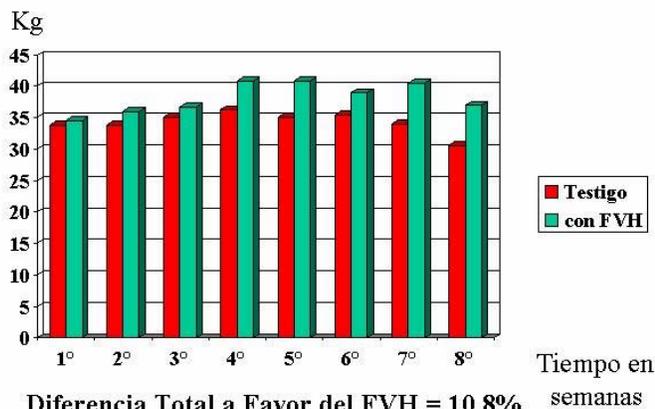
Los resultados más impactantes y significativos que se han obtenido a través de la producción y consumo de FVH se encuentran en los vacunos, especialmente en el ganado lechero. No obstante ello, también encontramos alentadores resultados en:

- Terneros para engorde;
- Corderos;
- Conejos (producción de pelo y carne);
- Caballos;
- Cuyes.

Resultados obtenidos en vacas lecheras. Las condiciones del ensayo fueron las siguientes: i) 1ª semana- se determinó la producción en kilos de leche antes del FVH, ii) 2ª y 3ª semana: se determinó la producción en kilos de leche con cantidades diarias crecientes de FVH y iii) 4ª a 8ª Semana: Ensayo propiamente dicho. Como vemos en las dos gráficas siguientes (Figuras 2 y 3) los resultados son aceptables en favor del uso de FVH tanto sea en la producción de leche como en la cantidad de grasa obtenida. El FVH que se utilizó era de cebada.

Figura 2

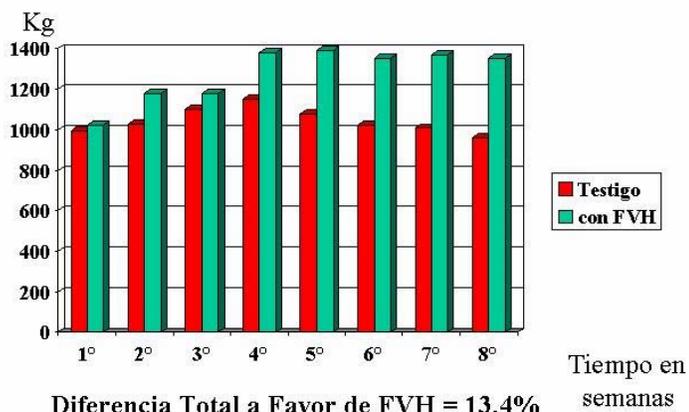
Ensayo de Producción Lechera Promedio diario semanal



Fuente: C.Arano, 1998.

Figura 3

**Cantidad de Grasas en el Ensayo de Prod.
Lechera.
Promedio diario semanal.**



Fuente: C.Arano 1998.

Ratificando estos resultados (Lomelí Zúñiga, Agrocultura México 2000) ha obtenido resultados de producción lechera que demuestran diferencias notorias a favor del uso de FVH en ganado lechero. En resumen sus ensayos demuestran: a) la producción de leche se incrementó en un 18% y, b) la producción de grasa fue 15,2% mayor que sin el uso del FVH.

Resultados obtenidos en terneros. La experiencia de Pérez (1987), que consistió en evaluar la sustitución del concentrado en una crianza artificial de terneros por FVH de avena, evidenció (Cuadro 14) un significativo incremento en el peso vivo de los terneros cuando el nivel de sustitución de FVH por el concentrado fue de 50%. Esta tasa de aumento fue mayor en las últimas semanas de dicha experiencia, por el mayor consumo de materia seca y el mayor desarrollo del rumen del ternero. (Roy, 1972; Church, 1974).

De estos resultados debe deducirse que hay niveles críticos de sustitución de FVH por el concentrado, bajo los cuales puede originarnos 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 N° 14. 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
1ª a 3ª	0,441	0,512	0,318
4ª a 6ª	0,643	0,655	0,449
7ª a 9ª	0,726	0,769	0,659
Promedio	0,603	0,623	0,475

Fuente: N. 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 15).

Cuadro N° 15. Conversión alimenticia de las raciones con 3 niveles de Inclusión de FVH de avena en reemplazo del concentrado

Parámetro	Niveles de Inclusión de FVH de Avena (%)		
	0	50	100
Consumo (kg de M.S./63 días)	99,288	87,444	80,640
Variación de P.V. (kg de PV/animal)	37,989	39,250	29,930
Conversión (kg de M.S/ kg PV)	2,61	2,23	2,69

Fuente: N, Pérez. 1987.

Otro resultado positivo de la alternativa de alimentación en terneros a base del FVH estuvo dada por el muy significativo ahorro en los costos de alimentación.

Los costos de alimentación por ternero durante los 63 días que duró el ensayo se redujeron, (Cuadro 16) al aumentar el nivel de sustitución de concentrado por el FVH de avena.

Cuadro N° 16. Costo de alimentación por kilo de aumento de Peso Vivo durante 63 días de engorde

Tratamiento	Aumento en kilos de P.V. por Animal	Costo por Ternero* por 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 N, 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.

Resultados obtenidos en corderos. En este caso se llevó a cabo una investigación para estudiar el efecto de la inclusión de dos niveles diferentes de FVH de avena en la alimentación de corderos precocemente destetados. Los animales afectados al experimento (27), fueron separados al azar en 3 grupos de 9 animales cada uno. A cada grupo, según Morales (1987), se le suministró una dieta diferente que consistió en lo siguiente:

Tratamiento I: Concentrado Ad Libitum

Tratamiento II: Concentrado Ad Libitum + 150 g de M.S. de FVH por cordero, y

Tratamiento III: Concentrado Ad Libitum + 300 g de M.S. de FVH por cordero.

Todos los animales se mantuvieron en confinamiento dentro de un galpón, mientras duró el experimento. Los resultados prácticos (Cuadro 17) destacan que a medida que aumenta el consumo de FVH también aumenta el consumo de proteína cruda y energía digestible por parte del animal, por lo tanto los Tratamientos II y III son los que presentan los niveles más altos. El tratamiento que más recibió FVH (300 g en base seca), consumió un 18,4 % más de Energía Digestible que el Tratamiento I, el cual solo consumió concentrado. Los corderos del tratamiento II, donde se incluía 150 gramos de FVH en base seca, también superaron al Tratamiento I (9,4% en el consumo de Energía Digestible).

Cuadro N° 17. Consumo Promedio Diario de Proteína Cruda (PC) y Energía Digestible (ED)

Parámetro	Tratamiento		
	I	II	III
Consumo de Proteína Cruda (g/día/animal)	138,00	150,00	159,00
Consumo de Energía Digestible (Mcal/día/animal)	2,94	3,22	3,61

Fuente: A. Morales.1987.

Lo anterior permite concluir que la inclusión de FVH en la alimentación de corderos, hasta niveles mínimos de 300 g en base seca, aumentan significativamente la ingesta de Proteína Cruda y Energía Digestible. Otro aspecto importante son las variaciones de Peso Vivo (PV) de los corderos, según sea el Tratamiento (Cuadro 18).

Cuadro N° 18. Variaciones de peso vivo (PV) en los corderos durante el período experimental

Parámetro	Tratamiento		
	I	II	III
Peso Vivo Inicial (kg)	17,8	17,7	17,9
Peso Vivo Final (kg)	26,9	29,3	29,8
Aumento en el período de los 49 días (kg)	9,2	11,6	11,8
Aumento diario (kg/día/animal)	0,190	0,240	0,240

Fuente: A. Morales. 1987.

Las conclusiones en las variaciones de PV fueron las siguientes:

- Los mayores aumentos correspondieron a los Tratamientos II y III, los cuales incluían en sus dietas 150 y 300 gramos de FVH en base seca respectivamente.
- Los aumentos de PV de los corderos están directamente relacionados con el mayor consumo de Proteína Cruda y Energía Digestible. A su vez, este mayor consumo se originó por la ingesta de FVH.
- Los animales correspondientes al Tratamiento III (Concentrado *ad libitum* + 300 g de FVH en base seca), fueron los que obtuvieron mayor PV al finalizar la experiencia. Este fue de 29,8 kilos por animal.

Por lo tanto, se observa que un aumento en la dosis de FVH, hasta ciertos niveles, es significativamente precursor de un PV final más alto que aquellos que no lo consumen.

En materia de conversión alimenticia (kilos necesarios de alimento para aumentar un kilo de peso vivo del animal), tenemos los siguientes resultados (Cuadro 19):

Cuadro N° 19. Conversión alimenticia por cordero según el tratamiento empleado (Kilo alimento suministrado vs. kilos PV aumentado por animal)

Parámetro	Tratamiento		
	I	II	III
Consumo de alimento/día/animal (kg)	0,92	1,04	1,13
Aumento de Peso Vivo (kg/día)	0,187	0,236	0,240
Conversión Alimenticia (kg alimento/kg de PV)	4,91	4,40	4,68

Fuente: A. Morales, 1987.

Los resultados permiten asumir que el suministro de FVH en dosis crecientes hasta los 300 g de FVH en base seca a las dietas de los corderos, tiene un efecto de mayor consumo de alimento por día, mayor aumento de peso vivo por día, y una conversión alimenticia que no muestra diferencias significativas entre los distintos Tratamientos. Esto demuestra lo altamente competitivo y beneficioso que puede ser el incluir en las dietas de los corderos, niveles de FVH que alcancen el 30 % de la ración.

Resultados Obtenidos en Conejos.

-Conejos para Carne. (Raza neozelandesa). Esta experiencia se ubica en la Localidad de Rincón de la Bolsa, Departamento de San José (Uruguay). Aquí se trató la sustitución de ración por dosis crecientes de FVH de cebada cervecera. Cabe destacar que no se trató de un experimento científico académico, sino que fue la puesta en práctica de una posible salida económica frente al angustiante problema de sostenimiento de la actividad productiva que se padecía. El resultado alcanzado fue altamente exitoso. Un resumen de los datos estadísticos obtenidos es el siguiente:

- El nivel de sustitución de ración por FVH de cebada cervecera fue de 60% en madres y machos reproductores y de hasta un 80% en los animales destinados a engorde para posterior faena.
- Se llegó al mismo peso de faena (promedio 2,3 kilos de PV), a los 72 días de vida, con los animales alimentados sólo a ración como con aquellos que se les suministró 20% de ración + 80% de FVH.
- Se lograron disminuir los costos de alimentación, gracias al uso del FVH, en un índice cercano al 50%.

-Conejos Laneros. (Raza Angora). Aquí se trató de una experiencia llevada a cabo con un grupo de 40 hembras de la raza Angora, distribuidas en 4 grupos, donde cada uno de ellos recibió una dosis básica de 150 gramos de MS. La misma se componía de ración + dosis crecientes de FVH de avena. Los Tratamientos empleados fueron:

- Tratamiento I: 150 g MS de ración;
- Tratamiento II: 120 g MS de ración + 30 g MS de FVH;
- Tratamiento III: 90 g MS de ración + 60 g de MS de FVH;
- Tratamiento IV: 60 g MS de ración + 90 g de MS de FVH.

Los resultados estadísticos más importantes del efecto de los niveles crecientes de FVH de avena en la alimentación de conejos Angora, fueron los siguientes:

- Se observó un aumento en el porcentaje de pelo de primera, al aumentar la presencia de FVH de avena en la ración.
- A medida que aumento la inclusión de FVH de avena en la ración, el porcentaje de animales con producción de pelo de primera pasó de un 50% en los Tratamientos I y II, a un 90% en el Tratamiento IV.
- Ninguna de las dietas experimentadas produjo pérdidas de peso vivo ni trastornos digestivos en los animales.
- El FVH de avena es un importante recurso a experimentar en la alimentación cunícola de la raza Angora, puesto que no sólo mejora la cantidad y calidad del vellón, sino que además es una herramienta válida y probada en la disminución de los costos de producción.

Otros resultados probados del uso del FVH en animales son:

-Aumento en la Fertilidad: Ensayos han demostrado que las vacas que consumen FVH tienen más de un 60% de probabilidad de quedar preñadas al primer servicio que aquellas que no lo consumen. Esto es inferido como un efecto de la vitamina E, la cual aumenta sus niveles de presencia en el animal, al ingerir esta dosis significativas de FVH. Esta característica del aumento de la probabilidad de quedar preñadas, tiene gran beneficio económico para el empresario lácteo porque reduce de 5 meses a 2 meses el tiempo en que el animal permanece en estado de "seca". (Valdivia, 1996) Resultados similares también se han verificado en el caso de otras especies tales como conejos, caballos, ganado de carne, ovinos, etc.(Pérez, 1987; Sánchez, 1996; Arano, 1998)

-Disminución de la Incidencia de la Mastitis: Datos de producción indican que los animales que consumen FVH no sólo tienen menos riesgo de sufrir mastitis, sino que además, aquellos que la contraen a pesar de ingerir FVH, se recuperan en menos de la mitad del tiempo que los alimentados en forma convencional.

-Factor anti-deshidratación. En caballos de carrera, de paseo y de resistencia (Valdivia, 1996) se ha constatado que aparte de causar un aumento de la ingesta de proteína y de ser un alimento de alta digestibilidad, les sirve como anti deshidratante luego de un gran esfuerzo físico. Experiencias llevadas a cabo en Perú marcan también buenos resultados en la alimentación de cuyes (Palacios y Nieri, 1995).

CUARTA PARTE

***Costos de producción e impacto
económico del FVH***

El rubro FVH no tiene una situación de mercadeo tan extendida como sí la poseen el resto de los cultivos sin tierra, como por ejemplo: lechuga, tomate, berro, etc. Esta particular situación de comercialización está presente en la mayoría de los países Latinoamericanos y del Caribe.

Discriminación de los Costos del FVH.

Comenzaremos los cálculos, para el caso del FVH, con una serie de premisas básicas.

- 1) El cálculo económico será realizado en base a los recursos mínimos necesarios.
- 2) Se dispone de espacio suficiente para alcanzar los volúmenes de producción requeridos y/o deseados.
- 3) Tenemos un suministro adecuado y suficiente de energía eléctrica.
- 4) Existe un volumen de agua apta y suficiente para nuestro proyecto de cultivo.
- 5) La planificación de la producción se realizó tomando como base módulos de 4 pisos. Estos se pueden construir con caños rígidos de PVC, caños metálicos en desuso o de desecho, viejas estanterías de comercios, etc. No obstante ello, también se puede planificar usando solo 2 pisos, o con producción directamente sobre plástico a nivel de tierra. Los estantes también se pueden construir con maderas de descarte o aquella proveniente de los pallets de importación.
- 6) La estructura utilizada puede ser desde una pieza en desuso, casa abandonada, galpón, criadero de pollos reciclado, o un simple invernáculo.
- 7) El riego se hará de forma manual. Para ello se utilizará una mochila plástica de uso común en horticultura.
- 8) Se tomó en cuenta el valor de la "Mano de Obra".
- 9) No se tomará en cuenta el rubro: "Costo de oportunidad".

- Costos fijos de inversión.

Este se compone de aquellos elementos imprescindibles a comprar, para llevar adelante nuestro proyecto. Por lo tanto, definiremos a los Costos Fijos de producción, como aquellos costos que se refieren al equipamiento para la producción del FVH (Cuadros 20, 21 y 22).

Cuadro N° 20. Costos Fijos en US\$ por Metro Cuadrado para la producción de FVH

Inversiones Iniciales en Infraestructura	Valor US\$/m ²
Estructura del Invernáculo.	3,85
Mano de Obra Construcción del Invernáculo.	1,50
Estanterías Modulares. ¹	3,15
Bandejas de Cultivo. ²	4,50
Lona o Malla de Sombra (60 a 80 % de protección).	0,71
SUB TOTAL	13,71
Imprevistos (5%)	0,69
TOTAL	14,40

Fuente: A. Sánchez

Referencias:

¹. Las estanterías son de 4 pisos y construidas en caño de PVC.

² Las bandejas son de fibra de vidrio y de origen artesanal. Se trabaja la fibra a partir de un molde de madera, el cual tiene las medidas convenientes y adecuadas a nuestra estructura de estantes. Usualmente las medidas son de 1 metro largo por 0,55 metros de ancho. De esta forma se estandariza aún más el manejo y el cálculo de nuestra producción de FVH.

Cuadro N° 21. Costos Fijos en la Compra de Equipos para la Producción de FVH

Equipo Complementario.	Costo US\$
1 Mochila (Pulverizadora Manual de 18 a 20 Litros)	46,50
2 Termómetros Comunes ¹	12,00
3 Tanques de Plástico ²	21,50
TOTAL	80,00

Fuente: A. Sánchez

Notas:

- A) El equipo complementario tiene una duración que puede ir mucho más de los 10 años. Sin embargo, a modo de previsión, se fijó un límite de reposición de 5 años.
 B) Se estima que con el equipo complementario detallado, y tomado en cuenta como parte del costo de instalación, se puede atender un promedio de 1.000 m²/día.

Referencias:

- ¹ Se utiliza aproximadamente 1 termómetro cada 500 m².
² Se calculó la compra y uso de 3 tanques (terrinas plásticas) de aproximadamente 150 a 200 litros cada una. El destino de las mismas es para lavado, desinfección y remojo de la semilla destinada a FVH.

Cuadro N° 22. Costos Fijos de Amortización por Metro Cuadrado para una Infraestructura de Producción de FVH

Infraestructura	Depreciación (años)	Amortización (US\$/m ² /año)	Amortización ¹ (US\$/m ² /cosecha)
Estructura del Invernáculo: a) Nylon Ultravioleta. b) Estructura de Madera.	2 10	0,24 0,34	0,010 0,013
Mano de Obra del Invernáculo. a) Nylon Ultravioleta. b) Estructura de Madera.	2 10	0,25 0,10	0,0097 0,0039
Estanterías Modulares.	5	2,30	0,089
Bandejas de Cultivo.	4	1,125	0,043
Lona o Malla Sombra.	3	0,237	0,009
Equipo Complementario	5	0,016 ²	0,00062
SUB TOTAL		4,608	0,178
Imprevistos (5%)		0,230	0,0090
TOTAL		4,838	0,187

Fuente: A. Sánchez

Referencias:

- ¹ Se estima un promedio de una cosecha cada 12 días, pero, a los efectos del cálculo se tomó un período entre cosechas de 14 días. De esta forma se totaliza un número mínimo cercano a las 26 cosechas por año.
² . En este ítem el cálculo fue el siguiente: US\$ 80 /1.000 m² = 0,016.

En algunos países deberá incluirse en la paramétrica de costos, el uso de estufas de calefacción ambiental durante los meses de frío. Este costo deberá contener también el tipo de material a utilizar como fuente de calor.

-Costos Variables.

Se define como costos variables de un cultivo, a aquellos gastos operacionales o de funcionamiento, que se encuentran en directa relación a la cantidad de metros cuadrados que cultivemos. Fundamentalmente estos son bienes que no se recuperan, sino que se transforman conjuntamente con la semilla germinada en nuestro producto final (Cuadro 23).

Cuadro N° 23. Costos Variables para un ciclo productivo de FVH

Rubro	Cantidad Requerida en m ² /Cosecha	Valor en US\$/m ² /Cosecha
Semilla ¹	2,0 a 2,4 Kg	0,450
Solución nutritiva ²	15,6 litros	0,0127
Mano de Obra	0,07 jornales	0,756
SUB TOTAL		1,219
Imprevistos (5%)		0,061
TOTAL		1,280

Fuente: A. Sánchez

Notas:

- a- A los efectos de todos los cálculos se toma un ciclo de producción de 14 días.
- b. Se tomó precio de semilla de avena común al por mayor.
- c- En el cálculo del jornal hombre, se incluyeron los costos por los aportes a la seguridad social, licencia reglamentaria, aguinaldo, cobertura médica del trabajador y aseguramiento del mismo. Este costo de jornal variará según los países

Referencias:

¹ La adquisición de la semilla en el esquema de producción de FVH, tiene un peso muy importante.

² Comprende el gasto de una solución nutritiva que al menos aporte una riqueza mínima de 200 ppm de nitrógeno.

Observación:

La necesidad de la mano de obra en un cultivo de FVH no se compara con el de una hidroponía en lechugas, espinacas, tomates, etc. El trabajo en FVH, debido al corto ciclo de vida del cultivo y a su alta intensidad en el uso del espacio, requiere más dedicación y constancia que un cultivo hidropónico común.

- Costos Totales.

De acuerdo con los datos, el costo total de producción de FVH por m², es el siguiente:

Total de Costos Fijos por m ² :	US\$0,187
Total de Costos Variable por m ² :	US\$1,280
Total General de Costo por m ² :	US\$1,467

Recordemos además que:

- ❖ 1 m² de FVH nos rinde un promedio de 12 kilos de biomasa vegetal fresca, en un período de producción nunca mayor a los 14 días.

- ❖ El costo de cada kilo de FVH oscila en los US\$ 0,122. (1.467/12).

Costos de Producción del Forraje Según Metodología Convencional.

Datos sobre los costos de la siembra de algunas de las forrajeras más empleadas y conocidas por los productores, nos indican los siguientes valores (Cuadro 24).

Cuadro N° 24. Costos Estimados de Siembra y Manejo de Forraje según Metodología Convencional

Cultivos	Costos US\$/ Há.	Costos US\$/m ² .
Avena	158	0,0158
Ryegrass + Trébol Rojo	125	0,0125
Pradera	184	0,0184
Alfalfa	253	0,0253
Sorgo	151	0,0151

Fuente: En base a Revista Productores CREA (FUCREA), Uruguay.

Notas:

- A) Los costos dados no incluyen amortización ni intereses.
- B) Los costos tampoco incluyen la cosecha.

A modo de ejemplo se describen, entre otros, los costos de las máquinas herramientas más utilizadas en la cosecha de las forrajeras anteriormente vistas (Cuadro 25).

Según lo que se observa en el cuadro 25, el capital inicial de maquinaria para la producción de forraje convencional es alto lo que se suma a la propiedad o acceso a la tierra. En cada país se observan situaciones diversas a nivel local. Considerando que la técnica de producción de FVH no pretende sustituir o competir con la tradicional forma de obtención del forraje, sino tan sólo ofrecer una alternativa complementaria especialmente apta para pequeños productores pecuarios, el análisis previo y objetivo antes de cualquier decisión, incluyendo la consulta a un técnico experto en la materia, debe ser un elemento básico en la decisión de invertir en FVH

Cuadro N° 25. Tipo de maquinaria agrícola utilizada en la producción de forraje por técnicas convencionales

Tipo de Implemento.	Valor Nuevo US\$ *	Rep. y Mant. US\$/ha	Tractor US\$/Há.		Costo Total US\$/ha	Costo Total US\$/m ²
			Rep. y Mant.	Combustible.		
Cosechadora.	81.360	12,00	----	---	12,00	0,0012
Picadora Chopper	14.000	7,62	7,48	6,54	21,64	0,00216
Micropicadora (tiro)	9.500	7,60	9,37	7,33	16,41	0,00164
Pastera disco.	5.530	2,65	2,46	1,27	6,39	0,00064
Rastrillo	3.995	0,64	1,23	0,57	2,44	0,00024
Enfardadora Redonda	21.000	5,88	3,08	2,78	11,74	0,00117
Enfardadora Convencional	15.000	2,88	1,85	2,78	7,50	0,00075
Zorra p/silo Maiz	1.500	1,44	9,86	1,90	13,20	0,00132
Zorra p/silo Pradera.	1.500	1,00	6,85	6,73	14,58	0,00145
Zorra p/fardos Convencional	1.500	0,77	5,26	4,68	10,70	0,00107
Pincho 3 puntas	200	0,04	1,83	3,59	5,45	0,00054

Fuente: En base a Costos Operativos de Maquinaria Agrícola. Fucrea – GTZ.

* Datos de valor sujetos a condición de mercado local.

Notas:

A) El valor del tractor puede oscilar entre los 18.000 a 24.000 dólares. Todo depende de la potencia en caballos que este tenga.

B) No se toman en cuenta los costos de mano de obra por ser éstos datos muy variables según el tipo de maquinaria usada.

El FVH pretende constituirse en una alternativa para el productor, la cual es de fácil y rápida aplicación, accesible para cualquier persona, de probado éxito, y de costo reducido. Su muy importante condición de fuente generadora de alimento de alta calidad para el animal, lo hace aún más viable y atractivo para su eficiente y eficaz implementación.

Impacto Económico del FVH

Analizaremos algunos casos de la sustitución de alimento concentrado por FVH en animales domésticos.

I) Conejos Productores de Carne (Neozelandeses)

Esta experiencia se realizó en un criadero de conejos para carne (predio del cunicultor José González) ubicado en la Localidad de Rincón de la Bolsa, San José, Uruguay. El objetivo era disminuir sensiblemente los costos de alimentación sustituyendo parte del alimento por FVH, debido a que el mantenimiento del plantel cunícola con ración balanceada o concentrado, era económicamente no viable. La estrategia alimentaria que se utilizó para ello fue el FVH de cebada cervecera transformándose esta experiencia en un caso de producción de FVH popular.

Las estadísticas generadas en el mismo predio, se presentan a continuación:

A) Datos preliminares básicos.

A₁) 1 kilo de ración (concentrado): US\$0,28

1 kilo de ración rinde en promedio (alimentándolos al 100 %) 3,5 dosis de ración para madres en lactación y 8 dosis de ración para conejo de engorde.

a) Costo ración/día/madre lactación: US\$0,080

b) Costo ración/día/conejo engorde: US\$0,035

A₂) 1 kilo de FVH: US\$0,045

1 kilo de FVH rinde en promedio (sustituyendo en los niveles adecuados según Cuadro 26) 2,5 dosis de ración para madres en lactación y 5 dosis de ración para conejos de engorde.

a) Costo sustitución de FVH/día/madre en lactación: ..US\$0,018.

b) Costo sustitución de FVH/día/conejo engorde: US\$0,009

En el costo de obtención del FVH no se contabilizó la mano de obra de naturaleza familiar, la cual fue aportada por las mujeres y los jóvenes en su tiempo libre. Tampoco se contabilizó amortización de equipo como la mochila de aspersión, puesto que el riego se realizaba con regadera común o con recipientes plásticos de desecho perforados en el fondo. La producción era a un solo piso, sobre camas de madera forradas con nylon. El costo de invernáculo no existió como tal, dado que se hizo una estructura de cubierta hecha totalmente en base a madera de descarte (costaneros). El nylon del techo se consiguió con donativos de comercios del lugar. Para lograr la continuidad en el techado con nylon, se soldaron con calor todas las partes conseguidas. Cabe agregar que la preparación de la solución nutritiva, se realizaba en base a los residuos de fertilizantes que quedaban en el depósito de una importante fábrica de la zona, luego que las bolsas de los mismos eran cargadas en los camiones. Los resultados señalan que se puede sustituir un alto % de la ración (Cuadro 26) reduciendo los costos de la operación (Cuadros 27 y 28).

Cuadro N° 26. Porcentajes de Sustitución del FVH por la Ración según categorías de conejos de carne

Categoría	Porcentaje de Sustitución FVH/Ración
Madres	60 %
Engorde	70 %

Fuente: A. Sánchez

Cuadro N° 27. Costos de Alimentación en Conejos de Carne por Categorías y según el Nivel de Sustitución de FVH por Ración

Categoría	Alimentación Suministrada por Día				Costo Final US\$/Día. (Ración + FVH)
	Porcentajes de Tipo de Alimento		Costo Según Tipo de Alimento US\$/Día		
	Ración	FVH	Ración	FVH	
Madres	40 %	60 %	0,032	0,018	0,050
Engorde	30 %	70 %	0,011	0,009	0,020

Fuente: A. Sánchez

Cuadro N° 28. Costos de Alimentación en Conejos de Carne por Tipo de Categoría y según Tipo de Dieta Suministrada

Categoría	Alimentación Suministrada Costo en US\$		Ahorro Neto	
	100 % Ración	Ración + FVH	US\$	Porcentaje
Madres ¹	29,20	18,25	10,95	60,00 %
Engorde ²	2,63	1,88	0,75	39,90 %

Fuente: A. Sánchez

Referencias:

¹ Para el caso de las madres, se calcularon los costos en base a un ciclo de 1 año. Se realizó de esta manera dado que en reproductores su performance se evalúa de forma anual (pariciones por año, n° de crías nacidas vivas, n° de gazapos destetados, peso de los gazapos al destete, etc.)

² En animales de engorde se tomó un ciclo de 75 días. Se corresponde con la fecha de faena.

A través de la capacidad del FVH de sustituir parcialmente la ración en conejos de carne, se logró un ahorro monetario en dólares que alcanza un 60 % anual en madres reproductoras y casi un 40% en animales de engorde o destinados a la faena. El FVH demuestra aquí su real contundencia en términos de eficiencia económica en la cría de conejos de carne.

II) Terneros

El presente experimento se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. El objetivo fue evaluar la factibilidad de la sustitución del concentrado por FVH de avena, en una crianza artificial de terneros. Los datos obtenidos (Pérez, 1987), determinan que el costo de alimentación por ternero durante los 63 días que duró el ensayo, se redujeron sensiblemente al sustituir el concentrado por el FVH de avena. El cuadro 29 ilustra la situación.

Cuadro N° 29. Efecto Económico de la Sustitución de FVH de Avena por concentrado en la cría de terneros

Nivel de Sustitución de FVH por Concentrado	Aumento Total por Animal (Kg)	Costo por Ternero (US\$) *	Costo por Kilo de Aumento de Peso (US\$) *
0 %	37,99	26,47	0,69
50 %	39,25	23,99	0,61
100 %	29,93	22,08	0,73

Fuente: Adaptado de N.Pérez. 1987. * Valor del dólar en Chile (Mayo 1986) = 187,93

Los animales que consumieron una dieta con un nivel de sustitución de FVH por concentrado de 50 %, fueron los que consiguieron una mayor performance de ahorro económico, a la vez que el mejor peso final. Por lo tanto se concluye, que el uso del FVH, ahora aplicado a la crianza de terneros, resulta altamente beneficioso porque: 1) No disminuye el peso de los animales que lo consumen si los comparamos con los alimentados solo a concentrado; y 2) Se logra una reducción de los costos de alimentación que alcanza el 13,90%.

Conclusiones

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

- ❖ El FVH es un alimento vivo, de alta digestibilidad y calidad nutricional, excepcionalmente apto para la alimentación animal.
- ❖ El FVH representa una herramienta alimentaria de alternativa, cierta y rápida, 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, etc.)
- ❖ El FVH 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 se obtiene un significativo ahorro de agua, recurso éste cada vez 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 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.
- ❖ En el sistema de producción de FVH se fertiliza con una solución nutritiva que al menos aporte 200 ppm de nitrógeno, más oligoelementos en forma quelatizada.
- ❖ Practicar la fertilización en el FVH, lleva a que se obtengan los mejores resultados tanto en producción como en el valor nutritivo del forraje producido.
- ❖ El uso de FVH favorece importantes ganancias en el peso vivo de los animales.
- ❖ El suministrar a los conejos de angora FVH, mejora muy significativamente la calidad del vellón de pelo.
- ❖ 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 provoca un aumento en la fertilidad de los animales.
- ❖ El FVH es un alimento muy apetible 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: Vit. E; Complejo B. A la vez, el FVH es generador de vitaminas esenciales como la Vit. A y la Vit. C.

- ❖ La utilización de espacio para la producción de FVH es muy reducido, por lo tanto libera lugar para llevar a cabo otro tipo de actividades.
- ❖ El consumo de FVH tiene un efecto de ensalivación por parte del animal lo cual le permite digerir con mayor facilidad el resto del alimento.

Una motivación final:

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? ¿Cuánto cuesta su traslado a mi establecimiento?
- 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?

El productor debe ser realista y objetivo en sus respuestas, incluyendo ahora, luego de leído este manual la siguiente pregunta:

¿CUÁNTO ME COSTARÁ ADOPTAR Y ADAPTAR A MIS NECESIDADES LA TÉCNICA DEL 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.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Acosta, I. 1999. Sugerencias para enfrentar mejor la crisis. Revista del Plan Agropecuario N° 89. Montevideo, Uruguay.
2. Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.
3. Astigarraga, L. 2001. Comunicación Personal. Montevideo, Uruguay.
4. Bravo Ruiz, 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 Chillán. Chile.
5. Carámbula, M; Terra, J. 2000. Las Sequías: Antes, durante y después. INIA, Treinta y tres. Montevideo, Uruguay.
6. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
7. Carámbula, M; Terra, J. 2000. Alternativas de manejo de pasturas post-sequía. Revista Plan Agropecuario N° 91. Montevideo, Uruguay.
8. Carrasco, G; Izquierdo, J. 1996. La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la Solución Nutritiva Recirculante ("NFT"). FAO- Univ. de Talca. Santiago, Chile.
9. Chang, M; Hoyos, M; Rodríguez, A., 2000. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.
10. Church, D.C., 1974. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
11. Dosal Aladro, J.J.M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Epoca 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.
12. Eastin, J; Sullivan, Ch. 1984. Environmental Stress Influences on Plant Persistence, Physiology and Production. Edit M.B. American Society of Agronomy.
13. Evans, P. 1976. Root Distribution and Water-withdrawald Patterns of Some Crops and Pasture Species. Palmerston North.
14. FAO. 1980. El Conejo, Cría y Patología. Roma, Italia.
15. Fox, R. 2000. Fábrica de Forraje. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 8. Lima, Perú.
16. Gianinetti, R. 1989. Cómo criar los Conejos. Editorial De Vecchi, Barcelona, España.
17. Harris, W. 1990. Pasture as an ecosystem. Edit. R.H.M. Oxford, University.
18. Hidalgo Miranda, L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
19. Huterwal, G. 1992. Hidroponía. Edit. Albatros, Buenos Aires, Argentina.
20. Lomelí Zúñiga, H. 2000. Agroicultura. México.
21. Martínez, E. 2001. Comunicación Personal. Maldonado. Uruguay.
22. Marulanda, C; y Izquierdo, J. 1993. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAO-PNUD. Santiago, Chile.

23. Morales Orueta, A. F. 1987. Forraje 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.
24. Nakayama, F.S; Bucks, D.A. 1991. Water Quality in Drip/Trickle Irrigation: A Review. Irrigation Sci. 12.
25. Ñíguez Concha, 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.
26. Orcasberro, R. 1989. Estrategias de Alimentación de Vacunos y Ovinos para la Actual Crisis Forrajera. MGAP. Dirección de Extensión. Montevideo, Uruguay.
27. Palacios, M.F.; Nieri, F. 1995. Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.
28. Pérez Lagos, N. 1987. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
29. Ramos, C. 1999. El Uso de Aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.
30. Resh, H. 1992. Cultivos Hidropónicos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
31. Revista de Productores CREA (FUCREA). 1999 – 2000. Coeficientes Técnicos de Producción. Montevideo, Uruguay.
32. Rodríguez, A; Chang, M; Hoyos, M; Falcón, F. 2000. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.
33. Rodríguez, Sonia. 2000. Hidroponía: Una solución de Producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú.
34. Roel, A. 1997. Comportamiento de algunas variables climáticas. INIA Treinta y Tres. Montevideo, Uruguay.
35. Roy, J.H.B. 1972. El Ternero: Manejo y Alimentación. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
36. 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.
37. Sánchez, A. 2000. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 7. Lima, Perú.
38. Santifiaque, F. 1996. Relaciones Agua – Planta en Pasturas. INIA La Estanzuela. Montevideo, Uruguay.
39. Sepúlveda, R. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.
40. Scheelje, R; Niehaus, H; Werner, K; Krüger, A. 1976. Conejos para Carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
41. Schneider, A. 1991. Alternativas Para Lecheras y Engordes: Forraje Verde Hidropónico. Revista El Campesino (Julio 1991). Santiago. Chile.
42. Staff, H. 1997. Hidroponía. SEBRAE. Cuiaba, Brasil
43. Valdivia, E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú.