

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**



**PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN CEREALES DE
INVIERNO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN GANADERA**

POR:

ENNER ESPINOZA GUTIÉRREZ

MONOGRAFÍA

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

**Producción de forraje verde hidropónico en cereales de invierno como
alternativa de alimentación ganadera**

Por:

Enner Espinoza Gutiérrez

Monografía

**Que se somete a Consideración del H. Jurado examinador como
Requisito Parcial para Obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo Administrador

Presidente del Jurado

Ing. Heriberto Ríos Tapia

Sinodal

Sinodal

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río

Dr. Gumersindo Álvarez Moreno

Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas

M.A.E. Tomás E. Alvarado Martínez

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2007

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, por ser quien me acompaña y me guía y esta conmigo en los momentos de logros y de lucha; por ser testigo de los momentos más felices y tristes de mi vida; por darme la dicha de ser un profesionalista; por tantas cosas, te estaré eternamente agradecido.

A mi “**ALMA MATER**” por haberme cobijado y permitirme ser uno más de sus hijos; y haberme formado como profesionalista. Siempre llevaré tu nombre en alto.

Al **Ing. Heriberto Ríos Tapia**, por su amistad, confianza, dedicación, enseñanza y apoyo en la realización de este trabajo. Muchas gracias.

Al **Dr. Javier Lozano del Río** por su disponibilidad y apoyo en la elaboración de este trabajo; sin usted, no hubiese podido terminarla. Estaré realmente agradecido con usted.

Al **Dr. Gumersindo Álvarez Moreno**, por su apoyo en la realización de este trabajo. Gracias.

Al **Lic. Juan Manuel Molina Aguirre** mi profesor de danza (Juan). Muchas gracias, por tu amistad y apoyo incondicional; y dedicar parte de tu tiempo en la elaboración de este trabajo. Muchas gracias.

A la **Lic. Lizeeth Xareni Roque Salinas**. Gracias Liz por brindarme tu amistad; por depositar tu confianza en mí, y por ser un gran apoyo en la parte práctica de este trabajo.

A la **Lic. Emma Cecilia Gonzáles Gonzáles** (111); por ser mi amiga y casi hermana; y por hacer agradable mi estancia aquí en Saltillo; porque siempre serás, aunque no de sangre, mi hermana. Te quiero mucho.

DEDICATORIA

A mis padres:

Marilú Gutiérrez Martínez

Juan Espinosa Citalan

Por regalarme la vida, su amor, confianza, cariño, desvelos, consejos, paciencia, sacrificios y esfuerzos; porque supieron guiarme por el camino del bien; por ser mi motivo de superación y razón de vivir; por ser esa voz que me anima y fortalece para seguir adelante; por ayudarme a lograr una de mis metas que ha sido la mejor herencia que me pudieron dar. Papito y mamita, les estaré agradecido toda mi vida, que Diosito los bendiga hoy y siempre.

A mis abuelitos:

Rosa Martínez Martínez, Elena Citalan Magariño y Gilberto Espinosa Galindo (+), Con mucho amor y cariño; por todo el amor, confianza, oraciones y bendiciones; por sus sabios consejos. Que Dios los bendiga.

A mis hermanos:

Lic. Rosibel Espinosa Gutiérrez, por ser el ejemplo a seguir; por quererme mucho; porque eres una mujer ejemplar ya que no dejas que nada ni nadie te limite; tu sola has llegado hasta donde estas, aunque con muchos obstáculos en tu vida pero con lucha y perseverancia lo has logrado, por eso y muchas cosas mas, te admiro y te quiero mucho.

M. C. Juan Espinosa Gutiérrez, por brindarme apoyo moral y económico en la realización de este trabajo e inculcarme que el estudio es una de las cosas buenas que hay en esta vida; por ayudarme siempre que te necesité, te quiero mucho.

José Francisco Espinosa Gutiérrez, por ser mi hermano y amigo; y por apoyarme económicamente en mi estudio. Paquito yo se que tu puedes, te quiero y te admiro.

Clara Espinosa Gutiérrez; por ser como eres; nunca cambies; por brindarme tu apoyo y cariño; por ser la más pequeña de los hermanos y por ser la consentida de todos. Te quiero mucho, chunca.

Y en especial a **Mía**, que hasta ahorita es mi única sobrina; con mucho cariño y amor, por ser ya parte de esta hermosa familia. Te quiero mucho, bebé.

A mis tíos y tías:

Clarita, gracias tía por su apoyo y cariño que me ha brindado durante toda mi vida; y por ser hermana y al mismo tiempo amiga de mi mamá; por apoyar a mi mamá siempre que la ha necesitado al igual que a mí; y sobre todo, por ser como es. La quiero mucho.

Doricela, gracias (madrina), por ser tan buena conmigo, por el apoyo moral y económico que me brindó mientras realizaba mis estudios; por sus consejos de superación y por quererme mucho. La quiero mucho y siempre la tendré presente en mi corazón.

Josefa, gracias tía Chepi, por ser tan tierna y cariñosa conmigo. La quiero mucho.

Miguel (†), gracias tío Migue por ser el tío que siempre que nos visitaba nos traía un regalo; y con su llegada, nos ponía una sonrisa en el rostro. Por ayudar económicamente a mis papas; y a mis hermanos, en terminar nuestra carrera universitaria; y sobre todo a mi, y aunque ya no esté en este mundo, siempre estarás en nuestro corazón; lo quiero mucho y nunca lo olvidaré.

Blanca Lilia, gracias tía por confiar en mí; por sus consejos y por ser tan linda. La quiero.

Consuelo, gracias tía Chelo por quererme demasiado y sobre todo por demostrármelo al recibir sus abrazos. Yo también la quiero mucho y siempre la recuerdo.

José Francisco, gracias tío, ser un ejemplo a seguir en el estudio.

Elia, gracias tía por su apoyo incondicional y cariño; diosito me la bendiga; la quiero.

Alma, gracias tía por confiar en mí y por su cariño y apoyo brindado; la quiero mucho.

Dolores, gracias tía Lola, por todo lo que me ha apoyado; dios la bendiga y le ilumine; la quiero mucho.

Adelaido, gracias tío, por su cariño y apoyo; lo quiero mucho.

Jesús, gracias tío, por su apoyo y su cariño; lo quiero.

Alberto (†). Gracias por haber sido mi tío; aunque no llegué a conocerlo, se que lo quiero y me quiere.

A mis primos y primas:

- **Dafne, Frida, Álvaro, Rosita, Areli, Claudia, Rubicelia, Manuel, José Alfredo, Abilene y Jorge Alberto.** Gracias por brindarme su amistad y cariño; los tendré siempre presente en mi vida.
- **Citlalli, Eriván Rafael, Yesenia, Wilber, Lolita, José, Suray, Vianey, Raúl, Antonio, Oscar David, Genrri Daniel, Gilberto, Mercedes, Osvaldo, Nayeli, Romeo, Leonardo, Magali** (†), **Mara Estefani, Elena Amairani, Pedro, Cecilio, Lupita, Mónica, Anahi, Victoria, Lilia, Marlene y Jesús.** Gracias por dejarme compartir muchas alegrías con ustedes; los quiero.

Y a mis sobrinas y sobrinos:

- **Yesenia Lizbeth, Merari, Blanca Frida, Yoselin, Itzel, Jonathan y José Manuel.** Los quiero mucho

A mis mejores amigos:

Ing. Yucita Martinez Martinez, Josue Tamay Moo, Ing. Mariana Vallejo Betan, Ing. Angélica Lurlina Pech Damián, Erendida Calzado Rivera, Gabriel Sánchez Cruz, Ing. Lucelia Mora Ojendis, Ing. Merlin Mariana Ricarno Peña, Sergio Montelongo García, Por su apoyo y cariño incondicional.

A mis amigos:

Keyla, Guendy Clara, Laura, Yesenia, Lupita, Porfirio, José Juan, Elipio, Teresa Adriana, Maria Esther, Teodoro, Idelvina, Santos, Ricardo, Beatriz, Rosalba, Emanuel, Fredi.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Justificación	15
Metodología	16
Estructura del trabajo	16
CAPITULO I	17
HIDROPONÍA BASICA	17
1.1 Historia de la hidroponía	17
1.2 Evolución del sistema hidropónico en el desarrollo de cultivos forrajeros.	19
1.3 Elementos para la siembra de cultivos hidropónicos	21
1.5 Principios de las técnicas de cultivo sin tierra	21
1.3.1 Cultivo en agua o solución nutritiva	21
1.3.2 Cultivo en un sustrato	22
1.4 Requerimientos de la planta	23
1.4.1 El agua	23
1.4.2 La luz	23
1.4.3 Temperatura	24
1.4.4 La oxigenación	24
1.6 Técnicas de cultivos especiales	25
1.6.1 La “técnica de película nutritiva”	25
1.6.2 La película nutritiva	25
1.6.3 Los contenedores	26
1.6.4 Cultivo en saco con el sistema NFT (con o sin sustrato)	26
1.6.5 Técnica con la raíz flotante	27
1.6.6 Cultivo intensivo de forraje verde hidropónico (FVH)	27
CAPITULO II	30
HIDROPONÍA COMERCIAL	30
2.1 Guía para el establecimiento de un invernadero para hidroponía.	30
2.1.1 Planeación del invernadero	33

2.1.2 Características del invernadero	34
2.2 Construcción del invernadero	36
2.2.1 Los techos	36
2.2.2 La luminosidad	36
2.2.3 El piso	38
CAPITULO III	39
FORRAJE VERDE HIDROPONICO	39
3.1 Justificación del forraje verde hidropónico	39
3.2 Métodos de Producción	41
3.3 Elementos y etapas de producción	41
3.3.1 Selección de las especies de granos utilizados en FVH.	41
3.3.2 Selección de la Semilla	42
3.3.3 Lavado de la semilla	42
3.3.4 Remojo y germinación de las semillas.	43
3.3.5 Densidad de Siembra.	44
3.3.6 Riego de las bandejas.	45
3.3.6.1 Riego con Solución Nutritiva.	46
3.3.7 Cosecha y rendimientos.	46
3.4 Ejemplos de utilización del FVH en la alimentación animal.	48
3.5 Factores que Influyen en la Producción.	51
3.5.1 Calidad de la Semilla.	51
3.5.2 Iluminación.	52
3.5.3 Temperatura.	53
3.5.4 Humedad.	54
3.5.5 Calidad del agua de riego.	54
3.5.6 Potencia Hidrogeno (pH).	55
3.5.7 Conductividad.	55
3.5.8 Bioxido de Carbono (CO2).	55
3.6 Fertilización en la producción de FVH	56
3.7 Preparación de Soluciones Nutritivas	59
3.8 Efectos de la Fertilización Nitrogenada	62
3.8.1 Proteína Bruta (PB)	62
3.8.2 Proteína Verdadera (PV).	62

3.8.3 Pared celular (P.C).	64
3.8.3 Lignina.	65
CAPITULO IV	66
COSTOS DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO	66
4.1 Costos del FVH.	66
4.1.1 Costos fijos de inversión.	66
4.1.2 Costos Variables.	67
4.1.3 Costos Totales.	68
4.1.4 Costos de Producción del Forraje Según Metodología Convencional.	69
CAPITULO V	71
VENTAJAS Y DEVENTAJAS DEL CULTIVO SIN TIERRA	71
5.1 Ventajas del cultivo sin tierra	71
5.2 Ventajas en razón del espacio	74
5.3 Ventajas de los gastos operacionales	74
5.4 Ventajas de la calidad del alimento	75
5.5 Ahorro de agua	76
5.6 Costos de producción.	77
5.7 Diversificación e intensificación de las actividades productivas.	78
5.8 Desventajas	78
5.8.1 Desinformación y sobrevaloración de la tecnología.	78
5.8.2 Costo de instalación elevado.	79
Resultados de Investigación en la producción de FVH	80
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	85

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Dosis de FVH recomendadas según la especie animal	50
Cuadro No. 2. Fitomasa producida en avena hidropónica en periodos de Cosecha y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada	57
Cuadro No. 3. Composición de una solución nutritiva apta para FVH	57
Cuadro No. 4. Elementos minerales esenciales para las plantas	58
Cuadro No. 5. Solución concentrada A	59
Cuadro No. 6. Solución concentrada B	60
Cuadro No. 7. Cambio en proteína g/m ² a través del tiempo en un cultivo de FVH de avena, en tres cosechas y 4 niveles de fertilización nitrogenada	63
Cuadro No. 8. Cambios en el contenido de pared celular de un cultivo de FVH de avena cosechado en tres momentos y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada	64
Cuadro No. 9. Cambios en el contenido de lignina en el cultivo de FVH de avena cosechada en 3 momentos y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada	65
Cuadro No. 10. Costos fijos por metro cuadrado para la producción de FVH	66
Cuadro No. 11. Costos fijos en la compra de equipo para la producción de FVH	67
Cuadro No. 12. Costos fijos de amortización por m ² para la infraestructura de producción de FVH	67
Cuadro No. 13. Costos variables para un ciclo productivo de FVH	68
Cuadro No. 14. Costos estimados de siembra y manejo de forraje según metodología convencional	69
Cuadro No. 15. Tipo de maquinaria agrícola utilizada en la producción de FVH por técnicas convencionales	70
Cuadro No. 16. Comparativo de la producción que se puede obtener según que se cultive en tierra o en hidroponia (en toneladas por hectárea).	72
Cuadro No. 17. Algunos de los cultivos más comunes destinados a la alimentación.	73
Cuadro No. 18. Gastos de agua para producción de forraje en condiciones de campo	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.1.- Siembra en bandejas de semillas germinadas en avena	44
FIGURA No.2.- Estados de crecimientos diarios durante los diez primeros días para un FVH de cebada	47
FIGURA No.3.- FVH de maíz(a) y cebada (b) producidos en buenas condiciones	47
FIGURA No. 4.- FVH listo para ser consumido por los animales	48
FIGURA No. 5.- Ganado vacuno lechero alimentándose con FVH	49
FIGURA No. 6.- Consumo de FVH por caballos de paso	49
FIGURA No. 7.- Uso de FVH en planteles de gallinas ponedoras	50
FIGURA No. 8.- Utilización de FVH para producción de conejos de carne	50
FIGURA No. 9.- Germinación de semilla de mala calidad	51
FIGURA No. 10.- Germinación de semillas de maíz de buena calidad	51

INTRODUCCIÓN

El termino “hidroponía” procede de las palabras griegas hydros (agua) y ponos (cultivo, labor); y el diccionario de la real academia de la lengua española lo define como, Cultivos de planta en soluciones acuosas; por lo general, con algún soporte como arena, grava, etcétera.

Aunque el diccionario citado acentúa la última sílaba de la palabra (“hidroponía”), comúnmente se utiliza sin acento; de tal manera, que a lo largo de esta monografía lo usaremos como “hidroponia”.

La hidroponia es una técnica de producción agrícola intensiva que presenta diversas modalidades, pero en esencia se caracteriza porque el sistema radical se alimenta de agua y nutrientes de una manera controlada.

Esta técnica, se puede definir como la ciencia del desarrollo de la planta sin utilizar suelos propiamente, como un medio inerte al que se le denomina a menudo, cultivo sin suelo. Mientras que el cultivo solamente en agua (floating, ship, balsa), sería el verdadero cultivo hidropónico (Andrade 2003).

Es una técnica de producción de cultivos sin suelo, practicada por nuestros antepasados Aztecas en sus enormes Jardines Flotantes; existieron también, los Jardines Colgantes de Babilonia y los de la China Imperial; así como, también jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua (Resh, 1992).

Se dice que en un experimento realizado por John Woodward en 1699, consiguió cultivar en agua una planta de menta, haciéndola crecer y proteger con mejores resultados que en tierra.

Pero no sería sino hasta que el sabio francés A. de Lavoisier logró demostrar científicamente que “las plantas pueden crecer y fructificar en una solución de nutrientes que contengan una mezcla, bien determinada de sales”.

Posteriormente, en 1860 los biólogos alemanes Kneopp y Sachs lograron cultivar por primera vez en laboratorio una planta con tallo y hojas.

El científico ruso K.A. Timirjazev exhibió en la feria de Nijegorod en 1898 una planta de maíz, cultivada en caldo nutritivo en una vasija de cristal, cuya altura sobrepasaba la de un hombre. Otro soviético, D.N. Prjanisnikov, especialista en agroquímica y fisiología de las plantas, obtuvo en 1931 en un invernadero la primera cosecha de hortalizas cultivadas en soluciones nutritivas.

En 1929-1930 William F. Gericke, instaló unidades de cultivo sin tierra al aire libre, con fines comerciales, logrando un éxito al cosechar jitomates de excelente calidad, cuyas plantas alcanzaban 7.5 metros de altura, con producciones de una tonelada en 9 metros cuadrados. Precisamente, este científico fue el que acuñó el término de hidroponía.

En 1964, el gobierno de Bengala Occidental, con la colaboración del Dr. James Soltó Douglas, construyó una estación experimental en las cercanías de Darjeeling, en la India, para desarrollar un método simple y económico para los cultivos hidropónicos, que pudiera ser utilizado por cualquier persona sin ninguna capacitación previa; los magníficos resultados fueron exportados a otros países en forma simplificada y con un notable éxito (Sampeiro 1997).

Desde entonces, ya hay muchos científicos que han enriquecido esta técnica hidropónica con muchos aportes actuales, en beneficio de la humanidad, en especial para el productor.

Objetivo general

Realizar un análisis de la producción de forraje verde hidropónico en cereales de invierno, basado en una revisión de literatura generada a nivel nacional y mundial, para mostrar a la humanidad y sobre todo a los productores agropecuarios de México, nuevas alternativas de producción, como el de hidroponía en el cual no se requiere de tierra para producir.

Objetivos específicos

- Proporcionar información necesaria para dar a conocer una alternativa más de producción mediante el sistema hidropónico.
- Mostrar la factibilidad técnica en la producción de forraje verde utilizando el sistema de hidroponia.
- Analizar el rendimiento obtenido en la producción de diferentes cultivos de invierno, especialmente cereales, en charolas bajo el sistema de hidroponia.

Justificación

Con este documento se pretende elaborar un estudio acerca de la producción de forraje verde hidropónico de cereales de invierno; especialmente, la producción en charolas. En virtud de que existe una gran demanda de forraje para la alimentación tanto de ganado como de especies menores; aunado a esto, la escasez de agua o poca disponibilidad de este vital líquido que representa para los productores una limitante en la producción de sus cultivos; el sistema hidropónico, representa una muy buena alternativa para ellos, debido a que no se necesita tierra ni exceso de agua para llevar a cabo la producción; por lo que, se podría realizar tanto en zonas rurales, como en zonas urbanas.

Metodología

Para la elaboración del siguiente trabajo se realizaron las siguientes actividades.

1. Se recabó información documental mas reciente sobre el tema, contenida en libros, tesis, artículos científicos, y páginas web.
2. Captura y procesamiento de información documental.
3. Análisis de la información.
4. Discusión y redacción final.

Estructura del trabajo.

En el primer capítulo, se muestra información sobre hidroponia básica, abarcando la historia, la evolución del forraje hidropónico, los elementos básicos y técnica para la producción de la hidroponía, y los requerimientos de la planta.

En el segundo capítulo, se presenta información general de la hidroponia comercial presentando una guía para el establecimiento de un invernadero

En el tercer capítulo, se muestra la información sobre la producción de forraje verde hidropónico, remarcando los métodos, elementos, etapas y factores de la producción; así como también, el efecto que tiene la fertilización sobre la fertilización con soluciones nutritivas.

En el cuarto capítulo, se presenta los costos del forraje verde hidropónico, hablando de los costos fijos, variables y los costos totales.

En el quinto capítulo, se muestra las ventajas y desventajas de la producción de cultivos sin tierra (hidroponia), así como los resultados, y finalmente en un apartado, se dan a conocer las conclusiones.

CAPITULO I

HIDROPONIA BASICA

1.1 Historia de la hidroponia

Se dice que hace ya más de 1000 años se practicaba la hidroponia empíricamente en China y en la India; también, experimentalmente en 1699 John Woodwar, un miembro destacado de la real sociedad de integridad, consiguió cultivar, tras muchos experimentos, una planta de menta en agua, haciéndola crecer y proteger con mejores resultados que en tierra.

Pero no sería sino hasta mediados del siglo XVIII, cuando gracias a las investigaciones del sabio francés Antonio Lorenzo Lavoisier (que sentó las bases de la química moderna), se logró demostrar científicamente que “las plantas pueden crecer y fructificar en una solución de nutrientes que contengan una mezcla bien determinada de sales”. En 1860 los biólogos alemanes Kneopp y Sachs lograron cultivar por primera vez en laboratorio una planta con tallo y hojas.

En 1929-1930 el científico estadounidense William F. Gericke, de la universidad de California, instaló unidades de cultivo sin tierra al aire libre, con fines comerciales, logrando un éxito sin precedentes hasta entonces, especialmente cuando tuvo que utilizar una escalera para poder cosechar sus jitomates de excelente calidad, cuyas plantas alcanzaban 7.5 metros de altura, obteniendo una producción de una tonelada en solo 9 metros cuadrados. Este científico fue, precisamente, el que acuñó el término de hidroponia.

En 1964 se celebró en Kiev y Moscú (en la antigua Unión Soviética) la 1ª. Conferencia de Hidroponia. Mientras que, convocado por la FAO, la UNESCO y la sociedad Internacional de Hidroponia, en 1969 se celebró el primer Congreso Mundial de hidroponia en “Las Palmas de Gran Canaria”. En ambas reuniones se subrayó la importancia que puede tener el cultivo hidropónico en la economía agraria mundial, al constituir un instrumento vital en la lucha contra el

hambre; para incrementar la producción agraria en el mundo y aprovechar millones de hectáreas de arenas, pedregales y tierras improductivas.

La técnica se difundió rápidamente en Estados Unidos y Europa, dando paso a algunas instalaciones comerciales. Al estallar la segunda guerra mundial, los ejércitos norteamericanos e ingleses instalaron cultivos hidropónicos en sus bases militares, para alimentar a las tropas que consumieron verduras hidropónicas durante esos años.

En 1964, el gobierno de Bengala Occidental, con la colaboración del Dr. James Soltó Douglas, construyó una estación experimental en las cercanías de Darjeeling, en la india, para desarrollar un método simple y económico para los cultivos hidropónicos, que pudiera ser utilizado por cualquier persona sin ninguna capacitación previa; los magníficos resultados fueron exportados a otros países en forma simplificada y con un notable éxito.

Desde luego que ya hay un buen número de científicos que han enriquecido esta técnica hidropónica con aportes actuales, en beneficio de la humanidad.

1.2 Evolución del sistema hidropónico en el desarrollo de cultivos forrajeros.

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, 1992; y Níñez, 1988).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “green fodder hydroponics” es 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.

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) para el óptimo crecimiento del forraje, así como, también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

El 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.

Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas en ordeña, caballos de carrera; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyos 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 déficit alimentario o faltas de forraje, henos, ensilajes o 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.

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.

1.3 Elementos para la siembra de cultivos hidropónicos

- Un contenedor
- Sustrato o agregado
- Solución nutritiva

- Sistema de sujeción, o tutores
- Sistema de riego

1.4 Principios de las técnicas de cultivo sin tierra

Todos los métodos o sistemas hidropónicos se rigen por los mismos principios básicos, pero su metodología es susceptible de experimentar cambios.

Actualmente hay varios métodos de uso común, aunque todos invariablemente, se basan en un mismo fundamento: utilizar elementos minerales para elaborar una solución acuosa que alimente a la planta. La mayoría son adaptables a los conocimientos y recursos de los productores.

En función de las características del sustrato, los métodos de cultivo en hidroponía pueden sintetizarse en dos grupos: sin sustrato, esto es, en puro líquido; o con un sustrato, que a su vez puede ser de origen vegetal, o de origen mineral o plástico.

1.4.1 Cultivo en agua o solución nutritiva

Empecemos por el cultivo sin sustrato, técnica llamada igualmente acuacultura, nutricultura, quimiocultura o hidroculutura; aunque el mas conocido y actual de sus nombres es hidroponia en sentido escrito. La técnica consiste en desarrollar desde su nacimiento hasta su producción, flores, frutos, hortalizas y plantas medicinales, permaneciendo y desarrollándose las raíces en una solución acuosa de nutrientes, en concentraciones adecuadas (cultivo en agua, propiamente dicho); o bien, en aire saturado de agua pulverizada, empleando para la irrigación de las raíces, la pulverización de una solución llamada *niebla nutrientes* (cultivo aeropónico), que contiene los elementos nutritivos.

1.4.2 Cultivo en un sustrato

En esta técnica, las semillas germinan, crecen y se desarrollan hasta su producción, en un medio inerte (“agregado”) que es regado con una solución nutritiva.

Contrariamente al método anterior, en este hay un sustrato. Este sustrato, a su vez, puede ser de origen vegetal (turberías, virutas menudas, aserrín, etc.). La hidroponía con sustrato es el método más difundido, por que garantiza a las plantas las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo; así como, por su productividad más elevada y un gasto menor por unidad de superficie.

Los sustratos con gran capacidad de absorción (arena, etcétera) se humedecen preferentemente con riego de superficie; los de grava, lascas, etcétera., mediante inundación y a veces por circulación interna o sub-irrigación.

De la combinación de estas dos técnicas fundamentales: cultivo en agua o cultivo en agregados, se deriva un buen número de sistemas de cultivo. Dentro de los más usuales están:

1. Cultivo intensivo de forraje.
2. Cultivo en NFT (técnica de cultivo con flujo laminar o cultivo de película nutriente).
3. Cultivo en canales de suelo.
4. Cultivo en línea de polietileno o cubierta móvil.
5. Cultivos con costales, con placas de lana, de roca o agregados, etc.

1.5 Requerimientos de la planta

Para que se tenga éxito en los cultivos, es fundamental conocer, aunque sea superficialmente, los requerimientos mínimos que tienen las plantas para lograr una producción aceptable. Estos requerimientos son:

- a) Agua
- b) Luz
- c) Temperatura
- d) Oxigenación

1.5.1 Agua

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

Si el cultivo es doméstico, no se tendrá inconveniente en compartir el agua con las plantas (todos lo hacen), pues a diferencia del cultivo tradicional, en el que se riega todos los días y no se recupera el líquido elemento, en este sistema, si se recupera el agua y se optimizan las porciones del agua que se usa.

Pero si se va a cultivar en una escala mayor y solo se tiene al alcance un río, arrollo, aljibe, pozo, etcétera, el suministro de agua para el cultivo debe reunir algunas características; entre ellas, la limpieza de la fuente de agua.

1.5.2 Luz

La luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesitan para realizar la *fotosíntesis*, por medio de la cual logran llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción.

1.5.3 Temperatura

Otro de los factores que inciden de forma definitiva en la vida de las plantas; aunque estas, según su clase y variedad, presenten diferentes requerimientos de calor. Generalmente las plantas se desarrollan bien entre los 18 y los 24 °C, temperatura que coincide con la temperatura ambiente que suelen guardar la casa habitación.

La planta se puede dañar cuando ocurre un cambio brusco de temperatura de 8 a 10 °C de diferencia respecto a su temperatura habitual. Las plantas producen todo el año cuando están a una temperatura de 18 a 31 °C.

1.5.4 Oxigenación

También es muy importante para la planta, ya que a través de la oxigenación se realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno, al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular.

Para su correcto funcionamiento, las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se le aporte los nutrientes adecuados, se tendría un cultivo precario o, en los casos mas graves, podría morir. Las raíces, en una palabra, necesitan respirar.

En la técnica hidropónica, la forma de oxigenación esta ligada al sistema de cultivo que se adopte. Así, el suministro de oxígeno en forma natural puede lograrse solo con permitir que haya un espacio entre la parte inferior del sustrato y la superficie de la solución nutritiva; así, se contribuye a que las raíces superiores estén rodeadas de aire húmedo, ya que las inferiores están sumergidas en la solución nutritiva (a medida que las raíces van creciendo, el nivel de la solución nutritiva va descendiendo).

1.6 Técnicas de cultivos especiales

Aparte de los sistemas usuales de los cultivos hidropónicos, existen otros que, por estar destinados a cultivos medios o comerciales, requieren de una mayor complejidad en sus instalaciones y manejo.

1.6.1 “Técnica de película nutritiva” (NFT ó Nutrient Film Technic”).

Este sistema consiste en hacer recircular en forma permanente en una película fina constituida por una determinada cantidad de solución nutritiva. La que permite tanto la respiración de las raíces (al aportarles oxígeno), como la absorción de los nutrientes y del agua durante el periodo vegetativo de la planta.

Esta película no deberá alcanzar una altura superior a los 5 o 7 centímetros desde la base del contenedor, a fin de que, como acabamos de decir, las raíces tengan una aireación suficiente.

1.6.2 Película nutritiva

La razón principal de adoptar este sistema peculiar de cultivo hidropónico es la de que, al pasar la solución nutritiva circulante, esté siempre en estrecho contacto con las raíces. Esta, en efecto, en su continuo crecimiento a veces llega a formar una madeja o bloque, llamado colchón radicular, que dificulta el paso de la solución y, por lo tanto, su absorción por parte de la planta.

Por eso, para asegurar el correcto manejo del flujo de la solución, se recomienda el flujo de 2 litros por minuto, lo cual asegura un aporte adecuado a las raíces de oxígeno, agua y nutrientes.

Las instalaciones necesarias para este sistema de cultivo que se ha vuelto tan popular son:

- Cisterna o tanque recolector
- Canales de cultivo, o contenedores
- Red de distribución o riego de la solución nutritiva
- Bomba
- Tubería colectora

1.6.3 Contenedores

Para este sistema se escoge un canal o series de canales, cuya altura deberá ser el doble de la alcanzada por la solución nutritiva. Si se usan canales de sección redonda como los obtenidos a partir de tubo PVC, por ejemplo, de entre 3 y 6 pulgadas de diámetro, estos pueden presentar alguna dificultad para conseguir una lámina de solución nutritiva circulante fina y uniforme; pero, sobre todo, las raíces no logran expandirse a lo largo del canal. Por eso es mejor quizás utilizar canales de sección cuadrangular de dimensiones semejantes, para hacer que la película nutritiva sea uniforme y las raíces puedan distribuirse de manera transversal a lo largo del canal.

1.6.4 Cultivo en saco con el sistema NFT (con o sin sustrato)

Los sacos utilizados para este sistema de cultivo suelen ser de plásticos para invernaderos. Han de ser opacos, no translucidos, y medir de 15 a 20 centímetros de diámetro y de 1 a 2 metros de longitud. Su capacidad será de 40 a 50 litros, a fin de que puedan contener de 30 a 40 litros de solución nutritiva o sustrato (grava, perlita), cuyas medidas no deben superar los 3 a 5 milímetros de espesor.

Para que no estén en contacto con la tierra, los sacos se colocaran en una superficie plana de plástico de invernadero o de algún otro material, pero siempre con una inclinación de 1 a 2 %, para que este desnivel propicie el drenaje a la cisterna.

Una vez llenados con el sustrato o la solución nutritiva hasta la altura indicada anteriormente, en los sacos se hacen a trechos espaciados una incisión o corte en forma de luz, de unos 2 o 3 centímetros. Si se usa sustrato, sobre éste, se sembrará la planta a una profundidad de 3 a 5 centímetros.

1.6.5 Técnica con raíz flotante

En este sistema de cultivo parte de las raíces permanecen sumergidas en la solución nutritiva, mientras que la parte aérea de la planta (tallo, hojas, etcétera) es sostenida sobre un medio inerte en que flota.

Esta técnica consta de tres etapas:

- a) La primera se refiere a la germinación.
- b) La segunda, al primer trasplante.
- c) La tercera etapa consta del segundo trasplante, el crecimiento y la producción.

La germinación de la semilla se producirá en un almácigo.

El primer trasplante consiste en pasar la plántula en una bandeja o contenedor que tiene la solución nutritiva. La última etapa es la del segundo trasplante. El contenedor nutritivo es un rectángulo que puede medir 1 metro de ancho por 2 metros de largo, con una profundidad de 15 centímetros o menos.

1.6.6 Cultivo intensivo de forraje verde hidropónico (FVH)

Esta técnica, que no se comprende el por qué no está difundida en beneficio de los campesinos, de nuestra economía y del entorno en general; el manejo de la semilla, así como, de la infraestructura de las instalaciones que juegan un papel determinante para la producción, por lo se hará una amplia descripción de dicha técnica.

Antes que nada, se debe seleccionar cuidadosamente la semilla, atendiendo a que los granos estén en buen estado (no roto ni maltratado) y particularmente, a que no hayan sido tratados con pesticidas o con productos tóxicos.

Como en cualquier cultivo cuya producción se pretende acelerar, después de lavar la semilla con agua limpia natural, se mantendrá en remojo durante 5 a 10 horas en un recipiente con agua tibia (entre 21 a 25 grados centígrados).

A continuación, se sacan y se colocan en una caja o contenedor, en el cual se iniciará la actividad enzimática dentro de la semilla. Una vez que hayan despuntado los brotes (al cuarto día aproximadamente), se colocarán en charolas de 50 a 80 centímetros. Una vez dispuestas las semillas en el contenedor o charolas con un aspersor de 1 centímetro, permanecerán en el germinador hasta que el brote alcance 0.5 centímetros.

Si el brote alcanzó ya 0.5 centímetros, se debe de pasar a la sala o nave de producción, donde las charolas serán humedecidas constantemente con agua, a la que se añadirá una pequeña cantidad de nutrientes que aceleren el crecimiento.

Es conveniente que la aplicación se haga con un aparato humidificador; pero puede hacerse también manualmente con un rociador, dependiendo del tamaño de la instalación. La temperatura de este espacio para el cultivo se recomienda que sea de 28 a 30 grados centígrados. Las charolas tendrán invariablemente que estar expuestas lo mas posible a la luz, ya sea natural o artificial, pero sin que lleguen a quemarse. De este modo, se evita que el grano consuma sus reservas, ya que las debe conservar para que el forraje tenga el mayor valor nutritivo. Todo esto, explica por qué la temperatura, la luminosidad y la humedad, estimulan el crecimiento de la planta.

En la nave de producción, los cultivos permanecerán de 5 a 7 días, hasta que las plantas hayan alcanzado el tamaño requerido, cosa que dependerá también de la clase de semilla utilizada, de la variedad de forraje, de la altura y de la precocidad del cultivo.

Se considera que por cada kilogramo de semilla, se utilizaran 2 litros de agua con nutrientes. Este cultivo dará bloques completos y compactos de forraje que se pueden cosechar fácilmente. Para ello, se retira de la charola el colchón radicular. Así se le llama al conjunto de raíces y forraje que se han formado en

la charola de producción, incluyendo las semillas no nacidas (lo cual se considera normal en un 1 o 2 %).

Tres días antes de la cosecha hay que regar solo con agua natural, pues esto hará que el forraje resulte más dulce. Este forraje puede consumirse en el mismo día, o almacenarse por 2 o 3 días. Si rebasa este tiempo límite, irá perdiendo su contenido nutricional al igual que el rendimiento en la producción, siendo mayor y más completo que el forraje de cultivos tradicionales.

En este cultivo intensivo se sugiere utilizar semillas de gramíneas como: maíz, cebada, centeno, avena, etcétera; y para, los germinados, se recomienda semilla de alfalfa, soya, frijol, etcétera. El ciclo de siembra-cosecha varía de 6 a 9 días.

En el caso de la hidroponia comercial, se recomienda usar charolas de vidrio o plástico; y la aplicación del riego, deberá ser forzosamente por nebulización y automático, y cuidadosamente programado. La tubería para las nebulizaciones puede ser de 80 centímetros y 1 metro entre una y otra. En cuanto a la altura de separación entre las charolas, debe ser de 30 a 40 centímetros entre una y otras (Rodríguez S, 2003).

CAPITULO II

HIDROPONIA COMERCIAL

2.1 Guía para el establecimiento de un invernadero para hidroponia.

Antes de iniciar la construcción de un invernadero para este tipo de sistemas hidropónicos, es importante analizar los siguientes puntos básicos de diagnóstico como:

1. Estudio de mercado.
2. Analizar la disponibilidad de los insumos.
3. Determinar el tamaño de la instalación.
4. Localizar donde se instalará el invernadero.
5. Estimar la inversión de tu instalación; así como, el capital de trabajo.
6. Calcular los gastos de producción y venta.
7. Organizar todo el conjunto de instalaciones y procesos.

Después de analizar estos puntos, y ya aplicados al cultivo hidropónico, se debe de contar con la inversión requerida para:

1. Espacio o construcción apropiada.
2. Fuente o abastecimiento de agua.
3. Sistema de siembra y riego (el que se vaya a elegir).
4. Clase de cultivo y variedad que se vaya a sembrar; así como, la densidad de población; y además, la producción estimada en la cosecha.
5. Analizar los controles ambientales y manejo que requiere el cultivo.
6. Mano de obra capacitada disponible (o capacitar al personal).
7. Mercado disponible.
8. Venta programada (mayoreo / menudeo)
9. Gastos operativos por cuatro meses: salarios, energía, etc.
10. Semillas, almácigos, transplante y transporte en caso necesario

11. Nutrientes (elementos mayores, menores, sales minerales).
12. Análisis de los beneficios económicos, ambientales y de carácter personal que se obtendrá.
13. Alguna cantidad extra para imprevistos.

Continuando con el tema de inversión, se debe analizar debidamente el área a cultivar y calcular la densidad de población (fuera de temporada) y por ende, el volumen de producción estimado; el tipo de mercado al que se interesa ingresar; el precio al que se puede vender (precio probable); etcétera. Recuerde que la distancia entre el lugar de producción y el mercado, elevan los precios.

Para obtener la rentabilidad que se espera, se debe de considerar que la cantidad, la calidad y el precio, son la clave para el éxito; y que para lograrlo, se requiere de un buen control del medio ambiente en el invernadero.

En el caso de la producción para el consumo, se puede cultivar hasta con utensilios de uso diario en el hogar. Pequeños espacios nos servirán para la siembra de diferentes clases de frutas y hortalizas; además, de vivir una práctica agradable que evita el estrés y nos ayuda a mejorar la economía diaria.

Sin embargo, cuando se va a cultivar a un nivel comercial, se tendrá que elegir entre una o a lo sumo dos especies; y especializarse en su manejo. Pues sembrar mas y diversas especies, implicaría trabajar con diferentes temperaturas, riegos diversos, solución nutritiva a diferentes rangos, tiempos desiguales de cosecha (mensual, trimestral, semestral, anual, o bianual, etcétera)

.

Si se cuenta con una gran superficie, se podrá obtener una gran cosecha, y la producción podrá ofrecerse tanto a mayoristas como minoristas, que requieren productos saludables, limpios y bien empacados; sobre todo, si son compras programadas.

Esto es un reto al esfuerzo, ya que se deberá agudizar el ingenio para realizar innovaciones sobre empaques, forma de venta, promociones, demostraciones, etcétera, pues los productos serán de excelente calidad; y sobre todo, puntualizar que los cultivos se han sembrado, desarrollado y producido en un medio libre de contaminación; y además, han sido regados con agua limpia. Se debe establecer un control del manejo y calidad del producto para uniformar tamaños, colores, calidad y fechas de entrega, como cualquier empresa.

Una vez que se ha decidido por una clase de plantas, se debe conocer o investigar los precios vigentes en el mercado, tanto de mayoreo como medio mayoreo y menudeo, dentro y fuera de temporada. Una forma práctica de obtener esta información, es comprar un periódico que publique los precios semanales por clase de comestible y el Estado de la Republica que lo produce; también recurrir a las oficinas de la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco), o establecer una comunicación directa con el posible cliente, realizar una encuesta con los distribuidores o compradores de los productos que desea vender, acudir a supermercados o tiendas de autoservicio, etcétera.

Si el fruto o el vegetal que se ha decidido sembrar son importados por nuestro país, será necesario que investigue que país lo produce, que problemas o plagas tiene el país productor, y a que precio es vendido en el extranjero. Los precios que proporcione la Profeco son al menudeo; sobre ellos, se considerará un 30 o 35% menos, para obtener precios de mayoreo.

En el caso de que se dediquen a la producción de plántulas, se tendría que recurrir a las asociaciones productoras de estas especies vegetales que en su mayoría compran las plantas y las desarrollan hasta la cosecha; allí, podría informarse sobre el precio que circula en el mercado. Pero cuando el interés sea el de vender flores o frutos de buena calidad, se puede visitar algunas tiendas departamentales, florerías, tiendas de regalo o restaurantes de primer nivel, para informarse de los precios.

Las hierbas aromáticas, ya sean frescas o deshidratadas, también se consumen y el precio varía de acuerdo a la oferta y la demanda.

Las semillas, yerbas aromáticas, flores y vegetales, así como las semillas híbridas para producción comercial, cada año se desarrollan en los laboratorios con nuevas variedades y diferentes características y salen a la venta por clasificación, como si se tratara de una marca de automóviles cuyos modelos se renuevan cada año.

2.1.1 Planeación del invernadero

Es muy importante la elección del área, terreno, y/o construcción o área de acondicionamiento para planear el invernadero. Si el terreno ha sido rellenado para su nivelación, probablemente sea conveniente aprovisionarlo con una zanja poca profunda y angosta a todo lo largo del invernadero para evitar encharcamientos.

Si se ha decidido vender al menudeo, le será suficiente con un espacio de 150 a 250 metros cuadrados. Para ventas al medio mayoreo, requiere aproximadamente de 500 a 600 metros cuadrados; o si se decide, por venta de mayoreo, 2,500 metros cuadrados o mas. Para el manejo de una hidroponia industrial, que permita la exportación, se requiere de una hectárea en adelante.

Para elegir la ubicación, es conveniente considerar detalles prioritarios como el abastecimiento de agua; la topografía del terreno; la orientación; las vías de comunicación próximas y la facilidad para obtener corriente eléctrica; ya que la mayoría de los invernaderos, dependen de la energía eléctrica para el bombeo de agua para riego, enfriamiento o calentamiento; así como, para la automatización.

Algunos lugares no tienen acceso a la energía eléctrica, e instalan una planta de luz que consta de un motor de combustión interna (gasolina o diesel); un generador de corriente alterna; un regulador de voltaje y un motor “autocebante”; de este modo, se puede producir la energía eléctrica en la cantidad y voltaje que el invernadero requiera; en el mercado las hay disponibles en diferentes capacidades y precios. Respecto a estos servicios lo

ideal sería contar con todos, y entre ellos el telefónico, que ayudará a ahorrar dinero y a optimizar tiempo.

Como primer paso, se debe de elaborar un plano (layout), considerando la orientación del invernadero (colocando la puerta principal y accesorios como deposito de nutrientes, oficinas, etcétera) hacia el norte, si el área lo permite, de manera que se cuente con mas horas de sol; también, se evitará que cerca de su instalación existan árboles o paredes que puedan proyectar sombras sobre la instalación (hasta donde sea posible).

2.1.2 Características del invernadero

Al respecto, las grandes compañías constructoras de invernaderos se rigen por diversas normativas, y esta son diferentes en cada país debido a las condiciones de suelo y clima de cada uno. Sin embargo, las características que finalmente se requieren son: funcionalidad, resistencia y luminosidad.

Las formas de la estructura no cuentan con una regla. Pueden ser circulante, elípticas, de una o dos aguas, con una altura mínima en su parte mas baja de 2.50 metros cuadrados y en su parte alta, de 4 metros. La puerta deberán medir 1.50 x 2.40 metros; los diseñadores de invernaderos consideran que estas medidas son las óptimas.

El invernadero deberá tener las siguientes características básicas:

1. Orientación de norte a sur (si es posible).
2. Área de mayor actividad.
3. Espacios para el manejo de insumos, que debe ubicarse separado de la oficina de ventas.
4. Si se decide vender al menudeo, un área para este fin, evitando la cercanía a los cultivos.
5. Dentro de estos espacios se debe considerar un espacio para la privacidad.

6. El área de tráfico o paso para contenedores, herramientas y mantenimiento.
7. Fuera del área construida, un espacio sombreado para los clientes.
8. Área de servicios administrativos y sanitarios.

Será necesario también elaborar un plano o croquis de los sistemas eléctricos, hidráulicos, sanitarios, circulación de aire caliente, distribución de niebla o micro gota.

En el caso de un invernadero dedicado a la venta de mayoreo, será útil un estacionamiento; pero no deberá ubicarse cerca de los cultivos, para evitar la contaminación en la instalación.

También se debe considerar que todos los invernaderos sean exactamente iguales, ya que construir un invernadero es como hacer un traje a la medida del usuario.

Si en el futuro se decide la construcción de otro invernadero, se deberá dejar un espacio entre uno y otro de aproximadamente 3 metros cuadrados (también de otras estructuras): esto permitirá que haya luz y el paso de abundante aire. El objeto de la construcción de un invernadero es conseguir un crecimiento más rápido, saludable y económico, en los cultivos; además, de controlar temperaturas, humedad, luminosidad; así como, evitar plagas y lograr cosechas redituables fuera de temporada.

La abundancia del sol, agua y temperatura es un factor determinante para una buena o precaria cosecha.

Con la realización de un concienzudo análisis de costos se ha encontrado que, después de la instalaciones, la energía eléctrica, la mano de obra y el financiamiento de capital, son los 3 costos mas importantes para la industrialización de un típico y moderno sistema de producción en un invernadero; la planeación para la construcción de un invernadero puede

marcar la diferencia entre hacerlo barato y funcional; o caro, no redituable y además vulnerable a las inclemencias del tiempo.

Después de decidir las áreas que se ocupará para la construcción del invernadero (es recomendable el uso de áreas rectangulares), se deberá determinar con detalle, cada una de las actividades que realizar, para situar los espacios situados en hidroponia, para la germinación “cunero”, crecimiento y cosecha; así como, área de calentadores, bodegas, oficinas, baños, vestidores, área de carga y descarga, pasillos para tráficos, venta, estacionamiento para clientes y proveedores, localización de puertas y ventanas, etcétera.

2.2 Construcción del invernadero

2.2.1 Techos

Los materiales utilizados para el recubrimiento de un invernadero, ya sean rígidos o flexibles, deben ser translucidos y deben cumplir ciertas normas para lograr su objetivo.

2.2.2 Luminosidad

El material que se utilizará deberá cumplir con las siguientes características de transmitancia fotométrica: la transmisión, reflexión y absorción de luz, con base en las radiaciones que recibe, ya que estas son de diferentes tipos:

1. Ultravioleta
2. Visible
3. Fotosintética
4. Infrarroja a corta, larga o calorífica

Estas 4 características forman parte de la radiación solar y, por ultimo, la radiación térmica que emite un cuerpo caliente.

Decimos que los materiales serán translucidos; esto es, deben tener las suficientes transferencias para permitir todo el paso de la luz solar, y que esta transparencia pueda durar por lo menos hasta su amortización.

Los polietilenos de larga duración se fabrican con resina de buena calidad y estabilizadores de la acción ultravioleta; su duración es por lo general de 2 a 3 años: Los estabilizadores UV reducen la transmisión de la radiación solar, pero mejoran la capacidad de protección térmica del plástico, aumentando la absorción de radiación infrarroja larga.

Los polietilenos térmicos cuentan en su fabricación con adictivos de silicatos de magnesio o de aluminio, que también son estabilizadores de luz UV, y las láminas de acetato de estilo y vinilo son menos transparentes a la radiación calorífica, pero permiten el paso de luz. Entre los materiales semi-rígidos utilizados, el más popular es el poliéster armado con fibra de vidrio, que es de un costo alto y que debe ser retirado al perder su transparencia.

El policarbonato es otro material disponible, aunque su duración es inferior a la de polimetraquilato de metilo, también fabricado en placas. Para evitar complicaciones y no crear confusión, se puede solicitar “plástico para invernadero” las cuales se encuentran en diferentes medidas, calidades y precios, para diferentes usos.

2.2.3 Piso

Una vez determinadas las áreas, se considerará el piso sobre el cual se construirá el invernadero, el cual estará libre de basura, piedras grandes, palos, hierbas, etcétera. La superficie debe ser lisa, con una ligera pendiente no mayor de 1.5 a 2 %, en sentido transversal y longitudinal.

Si la superficie del suelo es demasiado húmeda y se ha decidido no usar concreto para cubrirlo, se puede colocar sobre ellas: tezontles, temporal, grava, arena gruesa, plástico agrícola para suelo y otros materiales inertes; pero se evitara el uso de materiales orgánicos como virutas de madera, paja, pastos,

etcétera. El aislamiento de la tierra es de suma importancia, ya que nos permite cultivar más sano, evitando la propagación de hongos e insectos que, dadas las condiciones óptimas que debe tener el invernadero, pueden proliferar en él. Si no se realiza estos aislamientos, entonces se tendría que hacer un gasto constante para controlar hierbas, proliferación de insectos, encharcamientos y contaminación.

Una construcción de concreto es excesivamente costosa; sin embargo, otros materiales, entre ellos la madera tratada, tubo mecánico, tubo galvanizado, perfiles de acero, ángulo, canal C, vigueta T, TT, CC, I, etcétera (PTR), además de ser menos costoso, actúan también como un muelle, absorbiendo las fuerzas del medio ambiente en que se construye el invernadero (cuentan con cierta flexibilidad).

La humedad constante del suelo puede afectar la durabilidad de cualquier material que se introduzca en la tierra; por tanto, se sugiere que al instalar el invernadero, se aíslen las bases con tabique, arena y cemento. Ahora bien, los tubos o postes enterrados directamente en el terreno, como base para el armado de la instalación y a la correcta profundidad, pueden soportar los vientos fuertes, y si estas bases son protegidas con algunos impermeabilizantes, su duración puede alargarse de tres a cuatro veces más. (Sampeiro, 1999).

CAPITULO III

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

3.1 Justificación del uso del forraje verde hidropónico

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Ñíguez,1988; 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 asociada 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; 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 1996; 1997).

La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelí, 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 una óptima producción de 112 kg de FVH por 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).

3.2 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 o en invernaderos, en los cuales se hayan establecido bandejas en pisos múltiples, 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 de envases desechables con corte longitudinal; estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico; bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico, las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos.

3.3 Elementos y etapas de producción de forraje verde hidropónico.

3.3.1 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.

3.3.2 Selección de la Semilla.

En términos ideales, se deberá 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 debe utilizar la semilla de 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 cura-semillas, agentes pre-emergentes o algún otro pesticida tóxico.

3.3.3 Lavado de la semilla.

Según los nuevos métodos de producción, 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; así como liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (Rodríguez *et al*, 2000).

El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas, causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

3.3.4 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 oreo.

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.

La etapa de remojo o pregerminación, 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.

3.3.5 Densidad de Siembra.

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 1).

La densidad recomendada de siembra por metro cuadrado oscila entre 2.2 kilos a 3.4 kilos de semilla.

Figura: 1:-Siembra en bandejas de semillas pre germinadas 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, se tapa 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.

3.3.6 Riego de las bandejas.

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

Al comienzo (primeros 4 días) no deben aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día, hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular (Sánchez, 1997)

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

En los sistemas hidropónicos con control automático, el riego se realiza mediante aspersiones muy reducidas por 10 minutos, cada 6 horas (Less (1983), citado por Hidalgo (1985)).

3.3.6.1 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 “ $\frac{1}{4}$ full”, es decir, por cada litro de agua usamos 1.25 cc de solución concentrada “A” y 0.5 cc de solución concentrada “B”.

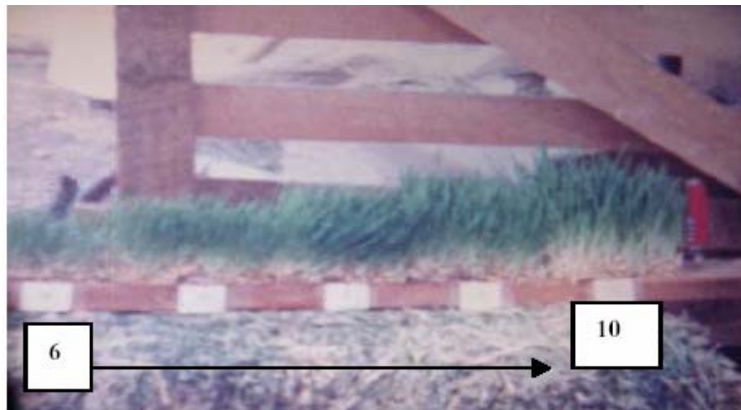
Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. Es decir, si estábamos aplicando 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado por día, el día 12 y 13, aplicaremos 2 litros por metro cuadrado por día.

3.3.7 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, ya que se obtiene un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera 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 (Níquez, 1988).

Figura: 2:- Estados de crecimiento diario durante los 10 primeros días para un FVH de cebada.



Fuente: Juan Izquierdo

La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende: hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinada (Foto 3).

Figura: 3:- FVH de maíz (a) y de cebada (b) producidos en buenas condiciones.



Fuente: Centro de Investigación Hidroponía y Nutrición Mineral, Perú y 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, gran vigor; y en general, un alimento muy apetecido y apto para los animales (Foto 4).

Figura: 4:- FVH Listo para ser consumido por los animales.



Fuente: Héctor M. Lomelí Zúñiga

3.4 Ejemplos de utilización del FVH en la alimentación animal

Los usos del FVH son diversos, pudiéndose utilizar como alimento en vacas lecheras, (Fotos 5 y 6) caballos, (Foto 7) ganado de carne, terneros, gallinas ponedoras, (Foto 8) pollos, cerdos, conejos (Fotos 9 y 10) y cuyos. El cuadro 4 brinda información indicativa de las dosis en que puede ser usado el FVH en diversas especies de animales, siendo necesario aún, mayor investigación para ajustar los consumos diarios en función del peso vivo del animal, raza, y estado fisiológico o reproductivo.

Figura: 5:- Ganado Vacuno lechero alimentándose con FVH.



Fuente: Héctor Lomelí Zúñiga

Figura: 6:- Consumo de FVH por caballos de paso.



Fuente: Juan Izquierdo.

Figura: 7:- Uso de FVH por planteles de gallina ponedoras.



Fuente: Juan Izquierdo.

Figura: 8:- Utilización de FVH para la producción de conejo de carne.



Fuente: Álvaro Sánchez.

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: 1:- 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	Crecen 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.)

3.5 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.

3.5.1 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 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 9).

Figura: 9:- Germinación de semillas de mala calidad.



Fuente: A. Sánchez.

Figura: 10:- 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 el lote de semillas no deberá contener semillas partidas ni semillas de otros cultivares comerciales.

3.5.2 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, 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.

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.

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 facilitarse con una orientación de las instalaciones de Este a Oeste, favoreciendo de este modo, a la construcción de aberturas en estructuras preexistente, etc.

3.5.3 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 entre los 18° C y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos de diferentes especies, 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 2001; comunicación personal).

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 en 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 estas, están en función de la intensidad del frío que exista, y de la temperatura a la cual pretendamos alcanzar. (Schneider, 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.

3.5.4 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.

3.5.5 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 otro tipo de tratamiento que tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, decantación, asoleo, acidificación o alcalinización).

Ramos (1999), establece criterios en el uso de aguas para cultivos hidropónicos respecto al contenido en sales y elementos fito-tóxicos (sodio, cloro y boro); contenido de microorganismos patógenos; concentración de metales pesados; y concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

3.5.6 Potencial Hidrógeno (pH).

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

3.5.7 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 mili siemens 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, 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.

3.5.8 Bióxido de Carbono (CO₂).

El poder controlar la concentración del anhídrido carbónico dentro del ambiente de producción del FVH, ofrece una excelente oportunidad para aumentar la producción del forraje, a través de un incremento de la fotosíntesis. Se

pretende de esta manera, provocar un aumento significativo en la cosecha del FVH, a través del control atmosférico dentro del local de producción.

El control se ejerce mediante controladores automáticos, los cuales, enriquecen constantemente el ambiente interno con altos niveles de anhídrido carbónico, promoviendo una mayor foto asimilación 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).

3.6 Fertilización en la producción de FVH

Según diversos autores, Hidalgo (1985), Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positivo 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 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 2).

Cuadro: 2:- Fitomasa producida en avena hidropónica en periodos 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)	Indice de Conversión $\frac{\text{kg producido}}{\text{kg sembrado}}$
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 2) demuestran que el uso de fertilizaciones mayores a las 200 ppm de nitrógeno no resulta en mayor cantidad de producción de fito-masa. También se comprueba que la pérdida de fito-masa 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 3).

Cuadro: 3:- 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 desde hace años, en varios países de América Latina y el Caribe. Su aporte, en términos generales, se constituye de 13 elementos minerales (macro elementos y micro elementos esenciales) (Cuadro 4). 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 macro nutrientes y una solución concentrada “B” formada con los elementos minerales menores o micro nutrientes.

Cuadro: 4:- 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 recomienda, 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.

3.7 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 multi-compuesto (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 5).

Cuadro: 5:- 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 6).

Cuadro: 6:- 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 al 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 quelatizada 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.

3.8 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:

3.8.1 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 Nitrógeno (N) de la solución nutritiva, (hasta valores de 200 ppm). Una concentración mayor, (por ejemplo 400 ppm), no aumenta el aporte proteico, sino 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 fito-masa.

3.8.2 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 la pérdida 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 7) 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: 7:- Cambios en proteína (g/m^2) 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 después de la siembra (Koller, 1962; Fordhan *et al*, 1975; citados por Dosal, 1987).

3.8.3 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 8 demuestra lo anterior.

Cuadro: 8:- Cambios en el contenido de pared celular 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)	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.

3.8.4 Lignina.

Se ha demostrado que en el FVH existe un aumento de la cantidad de lignina (g/m^2) en comparación con el grano. Esto, nos indica que realmente existe una síntesis durante la etapa de crecimiento del FVH. La lignina cumple un importante rol en la estructura celular.

El aumento de la lignina en el FVH con respecto al grano, se debe 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 9).

Cuadro: 9:- 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

CAPITULO IV

COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

4.1 Costos del FVH.

4.1.1 Costos fijos de inversión.

Se compone de aquellos elementos imprescindibles a comprar, para llevar adelante nuestro proyecto. Por lo tanto, definiremos a los Costos Fijos de producción, (FAO) como aquellos costos que se refieren al equipamiento para la producción del FVH (Cuadros 10, 11 y 12).

Cuadro: 10:- Costos fijos de 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.

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.

4.1.2 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 a cultivar.

Cuadro: 11:- Costos fijos en la compra de equipo de 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: 12:-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 periodo 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.

Fundamentalmente, estos son bienes que no se recuperan, sino que se transforman conjuntamente con la semilla germinada en nuestro producto final (Cuadro 13).

Cuadro: 13:- 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.

4.1.3 Costos Totales.

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

Total de Costos Fijos por m²:.....US\$ 0.187 = \$ 2.104

Total de Costos Variable por m²: US\$ 1.280 = \$ 14.40

Total General de Costo por m²: US\$ 1.467 = \$ 16.504

1 metro cuadrado de FVH nos rinde un promedio de 12 kilos de biomasa vegetal fresca, en un período de producción nunca mayor a los 14 días; por lo

que, el costo de cada kilo de FVH oscila en los US\$ 0.122= (1.467/12) = (\$16.504/12).

4.1.4 Costos de Producción del Forraje Según la 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 14).

Cuadro: 14:- 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 y herramientas más utilizadas (Cuadro 15). Según lo que se observa en el cuadro 15, 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.

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.

Cuadro: 15:- Tipo de maquinaria agrícola utilizada en la producción de forraje por técnica convencional.

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.

CAPITULO V

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CULTIVO SIN TIERRA

5.1 Ventajas del cultivo sin tierra

- Reducción de costos de producción en forma considerable
- No se depende de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosecha fuera de estación (temporada)
- Se requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción.
- Increíble ahorro de agua, pues se recicla.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- No se usa maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).
- Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.
- Cultivo libre de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Producción de semilla certificada.
- Producción de almácigos 100 % fecundos.
- Rápida recuperación de la inversión.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Posibilidad de autorización casi completa.
- Ayuda a eliminar parte de la contaminación.
- No provoca riesgos de erosión que se presentan en la tierra.
- Soluciona el problema de producción en zonas áridas o frías.
- Se puede cultivar en ciudades.
- Se obtiene uniformidad en los cultivos.
- Permite ofrecer mejores precios en el mercado.
- Nos faculta para contribuir a la solución del problema de la conservación de los recursos.
- Es una técnica adaptable a los conocimientos, espacios y recursos.
- Se utilizan nutrientes naturales y limpios.
- Se puede cultivar en aquellos lugares donde la agricultura normal es difícil o casi imposible.

Entre los extraordinarios logros que se obtienen con esta técnica, podemos destacar los siguientes:

- a) El increíble aumento en la producción.
- b) Una importantísima reducción en los costos, mediante la utilización intensiva del espacio y de los recursos de cultivo (agua y nutrientes, principalmente), obteniéndose una excelente calidad de los productos alimenticios que se cultivan.
- c) A todo ello, hay que agregar otras dos ventajas suplementarias; pero no por eso, menos importantes que son:
 - 1.- Sus valores “ecológicos” y
 - 2.- Su valor “social” en general.

Cuadro 16. Comparativo de la producción que se puede obtener según se cultive en tierra o en hidroponía (toneladas por hectárea)

Cultivo	En tierra	En hidroponía
Arroz	1.2	6
Avena	1.12	2.8
Betabel	10	30
Col	14.5	20
Chícharo	2.5	22
Fríjol	12	50
Jitomate	25 a 30	200 a 700
Lechuga	6 a 10	23
Papa	30	150
Pepino	7 a 10	31 a 35
Soya	0.62	1.75
Trigo	0.67	4.6

Fuente: Según Resh H.M., Hydroponic Food Production, Woodbridge Press, San Ramon, Cal., 1992.).

Como se ve por la tabla anterior, ya se tiene las pruebas físicas y palpables de que en el aspecto de la producción hidropónica, ésta, es mucho más abundante que la tradicional. Pero, además, los frutos y hortalizas procedentes de cultivo hidropónico son de tamaño mas uniforme, con una textura más consistente y una mayor calidad de los nutrientes que necesita el organismo humano.

Con esta técnica, se puede acelerar sorprendentemente el tiempo de producción, y durante todo el año, puede cultivarse la misma variedad de plantas sin esperar al tiempo de lluvias o de secas para producir. Pues, además, de la productividad verdaderamente sorprendentemente de los cultivos hidropónicos, hay que destacar, también, que son prácticamente ilimitados en cuanto a su variedad. Entre las especies de plantas que se puede cultivar siguiendo el método hidropónico, reseñamos las más comunes. (Cuadro 17).

Cuadro 17. Algunos de los cultivos más comunes destinados a la alimentación.

Hortalizas y verduras	Plantas frutales	Gramíneas y Leguminosas	Tubérculos	Hierbas de olor y condimento	Otros
Acelga	Cereza	Alubia	Ajo	Acuyo	Algas
Tomate	Ciruela	Arroz	Betabel	Anís	Cacao
Apio	Coco	Avena	Camote	Azafrán	Forraje
Berenjena	Frambuesa	Café	Cebolla	Hierbabuena	Hongos
Berro	Fresa	Cebada	Nabo	Menta	Nopal
Brócoli	Higo	Fríjol	Papa	Mostaza	Pasto
Lechuga	Limón	Haba	Rábano	Perejil	Tabaco
Calabaza	Manzana	Garbanzo	Yuca	Romero	
Col	Melón	Lenteja	Zanahoria		
Coliflor	Naranja	Maíz			
Chayote	Papaya	Soya			
Chíncharo	Pera	Trigo			
Chile	Piña				
Espárrago	Sandía				
Espinaca	Uva				
Jitomate	Toronja				
Pepino					
Pimiento					
Verdolaga					
Zanahoria					

FUENTE: Sampeiro, 1997.

5.2 Ventajas en razón del espacio

Las necesidades de contar con una opción en la producción de alimentos forrajeros, surgió a causa de los altos costos del alimento de calidad para el ganado. Con esta técnica, es posible producir grandes volúmenes de forraje en áreas muy reducidas y a un bajo costo; esto, es posible con la producción de forraje verde hidropónico, que básicamente consiste en la germinación de

semillas, gramíneas o leguminosas, con una conversión de semilla a pasto en relación de 1 kilo de semilla por 9 o 10 kilogramos de pasto en un lapso de 8 a 17 días, dependiendo en las condiciones en que se desarrollen las plantas.

Una ventaja fundamental del cultivo de forraje verde hidropónico, es el mínimo espacio que se requiere para su producción; por ejemplo, una pradera necesita rastra, laboreo y riego, en contraposición a lo que se requiere para el cultivo de FVH. Al usar cultivos tradicionales en las plantaciones de alfalfa, se producen alrededor de 2 toneladas por hectáreas en un lapso de 15 días; con la producción de forraje verde hidropónico la producción asciende a una tonelada diaria en un espacio de 300 metros cuadrados. Con esta técnica se optimiza el uso del espacio, ya que se ocupa de manera vertical, con lo que, la producción se quintuplica y los costos de manejo se reducen significativamente.

Por otra parte, en el cultivo tradicional, los animales gastan una gran cantidad de energía en el pastoreo. Como se sabe, este trabajo hace músculos fibrosos, endurece la carne; y todo ello, reduce la cotización en el mercado.

5.3 Ventajas de los gastos operacionales

Si se habla de los gastos operacionales, se tiene que mencionar primero la reducción de costos en cuanto al consumo de agua. Con el sistema propuesto, el agua que la planta no consume se recicla, así como los nutrientes. El cultivo tradicional, en cambio, consume grandes cantidades de agua para riego; fertilizantes, insecticidas y fungicidas. Bajo el sistema controlado, todos estos insumos se reducen considerablemente.

En cuanto a la mano de obra, en una instalación rústica como referencia, tenemos que una persona es suficiente para controlar una unidad con 600 cajas, con una producción diaria aproximada de 200 a 250 kilos, sembrados al día (alrededor de 20 a 25 kilos de semilla), bajo condiciones elementales y un manejo totalmente manual.

En circunstancias ideales, es posible programar la producción de forraje verde hidropónico, al cierre de un ciclo de cosecha y siembra, es decir, todo lo que se siembra en semilla, se cosecha en proporción de su equivalente, de acuerdo a su producción, así, puede sembrarse y cosecharse diario el número de charolas o cajas que se consumen; de esta manera, se evitan desperdicios y se obtiene una producción constante y regular de alimento conforme a los requerimientos, y se asegura la producción de forraje verde durante todo el año, cuales sean las condiciones climáticas.

5.4 Ventajas de la calidad del alimento

En cuanto a la calidad del forraje hidropónico, éste, contiene todas las vitaminas libres y solubles, lo que la hace mas asimilable para los animales; y evita el gasto de suplementos alimenticios que se proporciona al ganado lechero y de engorda.

El uso del forraje verde hidropónico ha mostrado excelentes resultados en animales monogástricos y poligástricos; ya que estos animales, consumen las primeras hojas verdes (parte aérea); así como, los restos de la semilla y la zona radicular; todo esto, constituye un alimento completo, en carbohidratos, azúcares y proteínas; además, cabe mencionar, que su aspecto, sabor, color, y textura, (características organolépticas) le dan una gran palatabilidad, al tiempo que, aumenta la asimilación en los animales.

Con el consumo de FVH la insalivación es mucho más fácil, puesto que la humedad del pasto facilita la masticación por parte del animal, con lo que aumenta la digestibilidad y la asimilación de minerales. Así mismo, el FVH sirve de suero eléctrico, lo que evita la deshidratación del animal, haciéndolo mas productivo.

Al suministrar FVH en la dieta del animal, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos de origen vegetal. Se ha reportado que los establos lecheros que suministran alrededor de 18 a 20 kilos de FVH por cabeza, han incrementado su producción de leche de 10 a 12.5 %. Al mismo tiempo, provoca un aumento en

la fertilidad, disminuye la incidencia de mastitis y reduce el índice de abortos; pero, sobre todo, baja considerablemente el costo de alimentación por cabeza.

5.5 Ahorro de agua.

En el sistema de producción de FVH, las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración, son mínimas al compararlas 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 18). 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; Lomelí, 2000; Rodríguez, 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Cuadro: 18:- Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.

Espece	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 hayan observado y se observen generalmente en países con eco zonas desérticas; a la vez, que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad, inclusive, de agua potable para el consumo.

5.6 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.

Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo, su desarrollo e inserción social; a la vez, de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio. (Sánchez 1996; 1997).

5.7 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 has. 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.

5.8 Desventajas

5.8.1 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 haber 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. (Marulanda e Izquierdo, 1993).

5.8.2 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 brasileños 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.

Resultados de Investigación en la producción de FVH

López Ferreira (1988), evaluando diferentes cereales para producción de forraje en hidroponia, muestra en este cuadro que:

Comparación de la producción de forraje en hidroponia de diferentes cereales, respecto a la producción y % de germinación.

	TRIGO	CEBADA	TRITICALE	MAIZ	SORGO	AVENA
PRODUCCION (kg)	2.78	2.43	2.03	1.45	1.39	1.33
GERMINACION %	90.5	90.5	70.0	92.0	91.0	82.25

Datos obtenidos de: López Ferreira, 1988.

1. La producción obtenida en el cultivo del Trigo fue de 2.78 kg, con un % de germinación de 90.5%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 1^{er} lugar de producción.
2. Posteriormente menciona que la producción obtenida en el cultivo de la Cebada fue de 2.43 kg, con un % de germinación de 90.5%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 2^{do} lugar de producción.
3. También menciona que la producción obtenida en el cultivo del Triticale fue de 2.03 kg, con un % de germinación de 70.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 3^{er} lugar de producción.
4. Así también menciona que la producción obtenida en el cultivo del Maíz fue de 1.45 kg, con un % de germinación de 92.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 4^{to} lugar de producción.

5. De igual manera menciona que la producción obtenida en el cultivo del Sorgo fue de 1.39 kg, con un % de germinación de 91.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 5^{to} lugar de producción.
6. Por ultimo menciona que la producción obtenida en el cultivo de la Avena fue de 1.33 kg, con un % de germinación de 82.25%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 6^{to} lugar de producción.

García Pevia (1988), de igual manera, evaluando cinco cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de Biozyme bajo condiciones de invernadero demuestra que:

1. La producción obtenida en el cultivo del Trigo fue de 5.558 kg, quedando así en 1^{er} lugar de producción.
2. De igual manera menciona que la producción obtenida en el cultivo del Cebada fue de 3.700 kg, quedando así en 2^{do} lugar de producción. A pesar de que en este cultivo se presentó daño por calor y presentó un tipo de fermentación, no fue obstáculo para obtener la producción.
3. Posteriormente dice que la producción obtenida en el cultivo del Triticale fue de 3.533 kg, quedando así en 3^{er} lugar de producción, a pesar de haber sido el más fuertemente dañado por el hongo y la temperatura elevada.
4. Así también menciona que la producción obtenida en el cultivo del Avena fue de 3.300 kg, quedando así en 4^{to} lugar de producción.
5. También menciona que: la producción obtenida en el cultivo del Sorgo fue de 3.008 kg, quedando así en 5^{to} lugar de producción.

Comparación de 5 cultivos forrajeros con la técnica hidróponica y la aplicación de biozyme bajo condiciones de invernadero.

	TRIGO	CEBADA	TRITICALE	AVENA	SORGO
PRODUCCION (kg)	5.558	3.700	3.533	3.300	3.008

Datos obtenidos de: García Pevia, 1988.

Andrade Castañeda (2003), estudiando el efecto de la densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale nos muestra también que:

1. La mejor densidad de siembra fue 1.75 kg para las variables peso seco y peso fresco, para la altura del forraje fue la densidad 1.50 kg, pero se recomienda la densidad 1.50 kg para todas las variables evaluadas, ya que esta es de menor densidad de siembra y presenta resultados similares a la densidad 1.75 kg.
2. También demuestra que la aplicación de Biozyme PP o agua responden similarmente para las variables evaluadas.
3. Posteriormente concluye en que la mejor especie en este experimento fue Cebada CAN-435-95, seguida muy de cerca por Triticale AN-53 y por último el trigo AN-67-68, para las variables peso fresco, peso seco y altura del forraje.

% de germinación de las variedades.

Variedad	Germinación %
Cebada CAN-435-95	99.75
Trigo AN-67-68	98.00
Triticale AN-53	96.75

Fuente: Andrade, 2003

Guzmán Roblero (2006), al determinar la densidad de siembra y dosis de fertilización para la producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*X. tritico-secale* W.) bajo dos condiciones de luz, encontró que:

1. Con respecto a la producción de trigo y triticale se obtiene mejor peso y altura del forraje en el triticale que en el trigo, con una densidad de siembra para las dos especies de 500 g, la cual fue la óptima.
2. También demuestra que utilizando el sombreado con malla proporciona aumento en la productividad y en la altura del forraje.
3. Con respecto al fertilizante, no muestran una gran diferencia entre ellos, pero en la radiación se observó un efecto negativo sobre el cultivo al tener una mayor radiación.
4. Con respecto a la temperatura, registró 2°C más de diferencia del invernadero sin malla al invernadero con malla, en lo que respecta a la temperatura interior del invernadero; y con lo que respecta a temperatura en el área de la raíz, fue 8°C mayor en el invernadero sin malla, con respecto al invernadero con malla, provocando así, un ambiente estresante, lo cual reflejó un número de plantas de menor peso y altura.

Comparación de medias en peso (gr) por charola de trigo y triticale.

	TRIGO		TRITICALE	
	6/marzo/2006	8/marzo/2006	6/marzo/2006	8/marzo/2006
Inv. Con malla	3765	3908	4358	4392
Inv. Sin malla	2953	3363	4096	4051

Comparación de medias en altura (cm) de trigo y triticale

	TRIGO		TRITICALE	
	6/marzo/2006	8/marzo/2006	6/marzo/2006	8/marzo/2006
Inv. Con malla	16.1	17.6	20.72	21.25
Inv. Sin malla	13.0	14.9	17.65	20.10

Datos obtenidos de: Guzmán Roblero, 2006.

Figura: 11:- Distribución de las charolas en el invernadero con malla



Figura: 12:- Distribución de las charolas en el invernadero sin malla



Fotos obtenidas de: Guzmán Roblero, 2006.

CONCLUSIONES

- ❖ 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.
- ❖ 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.
- ❖ Practicar la fertilización en el FVH, conlleva 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.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos. Aires, Argentina.
2. Andrade Castañeda Ángel, 2003. Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale., Ingeniero en Agrobiología.
3. 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.
4. 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.
5. FAO. 1980. El Conejo, Cría y Patología. Roma, Italia.
6. García Pevia Isidro, 1988. Evaluación de cinco cultivos forrajeros con la técnica hidroponía y la aplicación Biozyme bajo condiciones de invernadero, Ing. Agrónomo Horticultura.
7. Guzmán Roblero Yanci Anilú, 2006. Determinación de la Densidad de Siembra y Dosis de Fertilización para la Producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*X. triticosecale* W.) Bajo dos Condiciones de Luz. Ing. en Agrobiología.
8. 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.
9. Huterwal, G. 1992. Hidroponía. Edit. Albatros, Buenos Aires, Argentina.
 10. Lomelí Zúñiga, H. 2000. Agricultura. México.
 11. López Ferreira Francisco Javier, Evaluación de seis especies bajo técnica de hidroponía, Ing. Agrónomo Fitotecnia, octubre 1988.
 12. Martínez, E. 2001. Comunicación Personal. Maldonado. Uruguay.
 13. Marulanda, C; y Izquierdo, J. 1993. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAOPNUD. Santiago, Chile.
 14. 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.
 15. 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.
 16. 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.
 17. Ramos, C. 1999. El Uso de Aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.
 18. Resh, H. 1992. Cultivos Hidropónicos. Mundi-Prensa. Madrid, España.

19. Rodríguez, A; Chang, M; Hoyos, M; Falcón, F. 2000. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.
20. Rodríguez, Sonia. 2000. Hidroponía: Una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú.
21. Sampeiro Ruiz, Gloria. 1997. Hidroponía básica.; Diana, México.
22. Sampeiro Ruiz, Gloria. 1999. Hidroponía comercial.; Diana, México.
23. Rodríguez S. Ana Cristina. 2003. Como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados, Forraje Verde Hidropónico.; Diana, México.
24. 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.
25. Sepúlveda, R. 1994. Notas sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.
26. Schneider, A. 1991. Alternativas para Lecheras y Engordes: Forraje Verde Hidropónico. Revista El Campesino (Julio 1991). Santiago. Chile.
27. Valdivia, E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú.