

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**PRODUCCIÓN DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS EN VERDE,  
BAJO CONDICIONES DE HIDROPONÍA**

**POR**

**CINTHIA VARENKA BARAJAS MUÑOZ**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:**

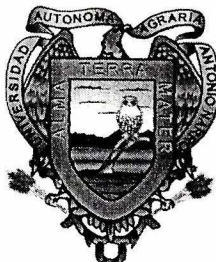
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN COAHUILA**

**AGOSTO DEL 2004**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Carreras Agronómicas



MONOGRAFÍA

CINTHIA VARENKA BARAJAS MUÑOZ

" Producción de gramíneas forrajeras en verde bajo  
condiciones de Hidroponía"

COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:

DR. ESTEBAN F. VELA CHÁVEZ

ASESOR:

ING. LUIS FELIPE ALVARADO MARTÍNEZ

ASESOR:

DR. JESUS ENRIQUE CANTÚ BRITO

ASESOR:

ING. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
División Regional de Carreras Agronómicas

MONOGRAFÍA

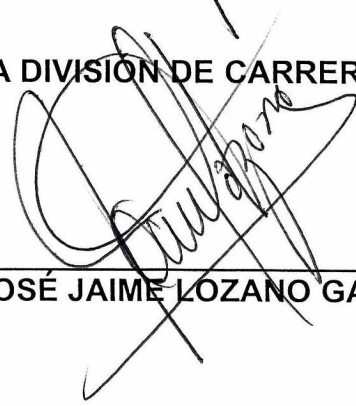
” Producción de gramíneas forrajeras en verde bajo condiciones de  
Hidroponía”

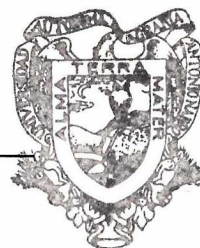
APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO

  
\_\_\_\_\_  
DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
\_\_\_\_\_  
M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Carreras Agronómicas

MONOGRAFÍA

CINTHIA VARENKA BARAJAS MUÑOZ

" Producción de gramíneas forrajeras en verde bajo  
condiciones de Hidroponía"

MONOGRAFÍA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESIDENTE:

DR. ESTEBAN RAVELA CHÁVEZ

VOCAL:

DR. JESUS ENRIQUE GANTU BRITO

VOCAL:

ING. FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

VOCAL SUPLENTE:

ING. LUIS FELIPE ALVARADO MARTÍNEZ

## AGRADECIMIENTOS

A continuación una lista de personas quienes me tendieron la mano en momentos difíciles, ayudándome a superar obstáculos y llegar a este día... a cada uno de ustedes **Mil Gracias**.

**M.V.Z.** José de Jesús Quezada Aguirre, **ING.** Saúl de los Santos Valadez,

**M.V.Z.** Esequiel Castillo Romero, **M.V.Z.** Pedro Antonio Robles Trillo, **ING.**

Rolando Loza Rodríguez, **ING.** Héctor Manuel Estrada Flores. **ING.** Víctor

Martínez Cueto, **M.V.Z.** Rodrigo Isidro Simón Alonso, **M.V.Z.** Ivonne Rosas

Macedo, **M.C.** José Luis Ríos González, **Sr.** Francisco Antero Torres, **Srita.**

Oralia Sánchez Borrego. **Sra.** Graciela Adame Sánchez.

## MIS ASESORES

**Dr.** Esteban Favela Chávez, **Dr.** Jesús Enrique Cantu Brito, **Ing.** Luis Felipe

Alvarado Martínez, **Ing.** Francisca Sánchez Bernal.

Al **Departamento de Suelos** en general, al igual que a los consejeros que laboraron en el período 2001-2002; en especial a Rigoberto Cruz Hernández.

Un agradecimiento muy especial, por su amistad incondicional a alguien que siempre creyó en mí; apoyando mis decisiones tanto buenas como erradas, porque me acompaña hoy y se que esta más orgulloso, **GRACIAS...M.C. JOSÉ LUIS FLORES PRADO** (que esté donde esté que esté bien).

## DEDICATORIAS.

**A DIOS**, por la salud, por los tropiezos y por todo lo que pones a mi paso sin merecerlo.

**MIS PADRES**, a mi papá por que luego de malcriarme por años al fin te doy el 3 titulo de tus 4 hijos, Má porque no es fácil ser madre y menos de una hija con este carácter, porque no me has dejado nunca sola y tu apoyo ha sido incondicional a pesar de mis errores, **POR TI SOMOS LO QUE SOMOS.**

**MIS HERMANOS:** Lic. Georgina, Ing. Alejandro, M.V.Z. Abril Barajas Muñoz, mi hermanito político M.V.Z. Mario García Tejeda.

**MIS SOBRINOS:** Ricardo y Diego Cepeda, (porque desde que existen no me falta nada, Los Amo).

**MIS AMIGAS (OS):** Ing. Cristy, Lic. Vero, Lic. Hope, M.C. Ivar: Porque hoy que he vuelto de un viaje tan lejano reafirmó: Pasaran los años y siempre estaremos unidos, por su apoyo incondicional y paciencia Gracias.

A todas las personas que en algún momento cruzaron por mi vida dejando buenas y malas experiencias, Gracias por enseñarme a luchar.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1.- Índice de figuras.....	v
2.- Índice de cuadros.....	vi
3.- Justificación .....	vii
I.- Introducción.....	1
II.- Objetivos.....	2
III.- Revisión Literaria .....	3
3.1.Historia y desarrollo de la hidroponía .....	3
3.2. Descripción de los tipos de cultivo sin suelo.....	11
3.3. Condiciones para el lugar del cultivo .....	15
3.4. Requerimientos de instalación.....	18
3.5. Fitosanidad de los cultivos forrajeros.....	19
3.6. Factores que influyen en la producción de FVH.....	25
IV.- Conclusiones .....	37
V.- Glosario .....	38
VI.- Bibliografía .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. - Organismos contaminantes de semillas forrajeras .....	24
2. - Semillas de trigo en diferentes estados de germinación .....	29
3. - FVH de 25 cm. De altura listo para cosechar .....	32
4. - Manta de FVH .....	34
5. - Detalle constitutivo de FVH.....	35



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. - Experimento De Woodward.....	4
2. - Cronología Hidropónica.....	6
3. - Esquema que muestra los tipos de sustratos utilizados en FVH .....	14
4. -Raciones de FVH recomendadas para especies de animales domésticos.....	33
5. - Análisis nutrimental de FVH de alfalfa, cebada y avena.....	33
6. - Ensayo de producción lechera .....	36
7. - cantidad de grasas en el ensayo de la producción lechera .....	36

## JUSTIFICACIÓN.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y otros animales menores como consecuencia de déficit alimentarios o faltas de forrajes, henos, ensilajes o granos para alimentación animal.

Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y lluvias de cenizas volcánicas, vienen incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional.

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

Estos fenómenos adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática ocurre sin que contemos muchas veces con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados, ello redundando en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas tales como abortos, pérdidas de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad.

Frente a estas y muchas otras circunstancias de déficit alimenticio en cuestión animal, es que surge como alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de **FVH**.

**“LA NECESIDAD ES LA MADRE DE LA INVENTATIVA”.**

## INTRODUCCIÓN

Leyendo el periódico, me llamo la atención un artículo que se titulaba: “**Curso sobre Cultivo sin Tierra**” al leerlo, me di cuenta que se trataba de la ya conocida y antiguamente practicada hidroponía, pero este artículo hablaba sobre la germinación de forrajes en verde, su bajo costo y además la cosecha se estimaba en 15 días aproximadamente, lo cual me resulta asombroso por la esperanza que brinda a los productores que actualmente tienen problemas debido a las condiciones climáticas de su entidad y al costo elevado para alimentación de ganado.

Hoy en día, la técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. Es debido a esto y a la tremenda situación por la que actualmente están pasando los agricultores y pequeños ganaderos es que surge mi necesidad de investigar más sobre este tema tan poco difundido.

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 las plántulas a partir de semillas viables, la práctica consiste en la germinación de granos (semillas de cereales) 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, centeno, sorgo y alfalfa. En las siguientes páginas se encuentra una recopilación sobre algunos de los requisitos que esta disciplina no tan moderna requiere, además de que mencionaremos las ventajas en amplios aspectos, incluyendo en este trabajo algunos resultados ya comprobados por agricultores o ganaderos sobre lo interesante que es esta técnica de producción, tanto para nosotros como para nuestra economía; inclusive para la comunidad entera ya que mediante esta disciplina estamos ayudando al nuestro ecosistema debido a que la hidroponía es 100% reciclable.

## OBJETIVOS

Compilar información sobre la producción de FVH, con el propósito de brindar al lector una proyección más amplia sobre dicho tema, y así fluya poco a poco la inquietud de las personas que han escuchado hablar sobre Hidroponía y las que aún no; se interesen en indagar más sobre esta maravillosa y antigua técnica que con el paso de los años se ha ido renovando has lograr ser el principal método de cultivo en toda Europa y Estado Unidos.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 HISTORIA Y DESARROLLO DE HIDROPONÍA.

El nombre de hidroponía es antiguo y, salvo algunas técnicas específicas, no refleja la realidad actual.

Probablemente inventada por el profesor **W. F. Gericke**, padre de la hidroponía moderna, tiene su ascendiente en el griego donde <<hidro>> se refiere al agua y >>ponos<< al trabajo. Podríamos decir entonces que **trabajo en agua** es una aceptable traducción de la palabra que nos ocupa.

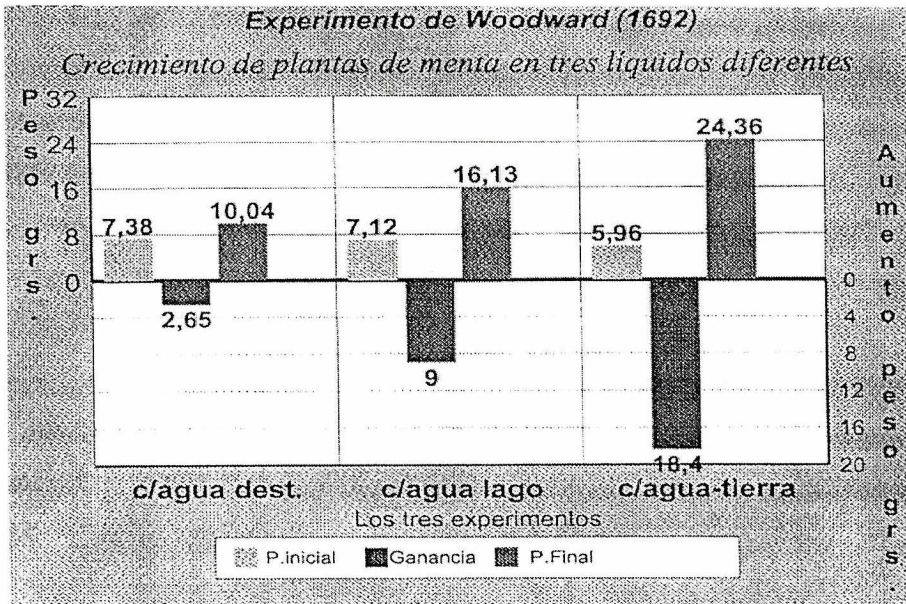
Algunos autores remontan el origen de los primeros cultivos hidropónicos a los famosos **jardines flotantes de Babilonia** (35 a 40 siglos atrás). Las famosas “**chinampas**”, o granjas en balsas, de los aztecas en México, lo mismo que los también **jardines en los lagos de Kashmir** en el actual territorio Pakistání, también corresponden de alguna forma con los principios de esta disciplina.

El científico irlandés **Robert Boyle** efectúa los primeros experimentos de cultivos en agua. Textualmente él dice << yo he intentado hacer crecer plantas en vasos llenos sólo con agua...>> (Origen de formas y cualidades de acuerdo a la Filosofía Corpuscular-1666). Luego de varias experiencias bien descritas en el mismo párrafo concluye con: <<.....y esta circunstancia demuestra una real asimilación y transmutación de agua en las sustancias del vegetal.>> en el mismo documento Boyle desconcierta que ya más adelante admite la necesidad de ciertos <<jugos>> para que prosperen algunas plantas.

Según **Arano (1998)**, menciona que **Steiner** dice: además de ser **Boyle** el descubridor de la ley que relaciona presión y volumen en los gases (**Ley de**

**Boyle**), <<es también el padre de la idea de hacer crecer las plantas en agua>>. Los cultivos de **Boyle** dan pie a los cultivos sin tierra.

**Arano (1998)**, el inglés **John Woodward (1665-1728)** en 1692 hizo crecer plantas de papa, menta y arveja por casi dos meses, en experimentos con agua destilada, misma que obtuvo del lago de Hyde Park de Londres y en agua del Hyde Park agitada con tierra del mismo parque.



**Cuadro 1: Experimento de Woodward**

**Arano (1998)**, **De Saussure (1804)** da un nuevo paso adelante en su abundante contribución científica: demuestra que el agua y el CO<sub>2</sub> del aire contribuyen a la conformación de las plantas. En un cuidadoso experimento en agua observa que ocurre con las plantas cuando se le suministran diferentes sustancias, muchas de ellas minerales. Y establece una lista de conclusiones realmente remarcables aún hoy en día. Pero ya era la época donde la primicia se le atribuía al humus y él se plegó a esta teoría. Para más, en uno de sus últimos trabajos, empleando humato de potasio en cultivo en agua, obtuvo muy buenos resultados, lo que lo colocó más a favor en defensa de la teoría del humus.

Según **Arano (1998)** en la década de 1828-1838 **Carl C. Sprengel** (1787-2859), <<un hombre olvidado en la química agrícola>> **Steiner**, publicó 37 artículos sobre la nutrición de las plantas. Definió en ellos los 15 elementos requeridos para el progreso de un vegetal, a saber: **O, C, H, N., K, P, S, Ca, Fe, Mn, Si, Al, Cl, Na y Mg.**

**FAO (2001)**, reporta que la primera mitad de la actual centuria encuentra al norteamericano **R. D. Hoagland** (1884-1949). En Berkeley, California, quien perfeccionó fórmulas sobre la composición de soluciones nutritivas. Apellidos tales como los de **Handke, Stohman, Knop, Pfeffer y Crone**, fueron comunes en el área mejorando tecnología con los macro y microelementos. Muchos otros nombre más, se sabe, contribuyeron durante estos años: **Wolf, Masé, Schreiner, Skinner, Shive**,...la lista se hace ya desde aquí interminable.

La Estación Experimental de Nueva Jersey, los trabajos de **R. Withrow** en la Universidad de Purdue, la técnica del uso de turba de **Penningsfeld**, los trabajos de **M. Schwarz** en Israel, cultivando el desierto, los desarrollos de **A. Steiner** con su solución nutritiva universal y el gran esfuerzo en la creación y mantenimiento de la Sociedad Internacional del Cultivo sin Tierra (hoy **ISOSC**), la aparición de la técnica de **NFT** por **A. Cooper**, los trabajos de **Davyan** en la Academia Armenia de las Ciencias, la Hidroponía de **S. Nosawa** en Japón, el desarrollo de la tecnología de la lana de piedra en Dinamarca, y en los últimos años los trabajos de la **NASA**, etc. Nos colocan al fin del milenio casi al borde de la imposibilidad de seguir todos los movimientos que se van produciendo.

Gran cantidad de colaboraciones está en el anonimato más riguroso. Otras no están aquí por desconocimiento o ignorancia de quien esto escribe, vidas y obras del esfuerzo humano de casi tres mil años, en una sola y pequeña disciplina, sepa el lector agradecer a todos ellos.

1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Krebs (1401-1464)	Da Vinci (1452-1519)	Glauber (1604-1668)	Dumonceau (1700-1782)	Boussingault (1802-18879)	Gericke (1829)	Crone
	Van Helmont (1577-1641)	Boyle (1627-1691)	Home (1719-1813)	Von Liebig (1803-1873)		Withrow
		Mayow (1642-1679)	Priestley (1733-1804)	Knop (1817-1901)		Amon
		Woodward (1665-1728)	Van Ingen- Hosz (1739-1799)	Von Sachs (1832-1897)		Sholto
		Tull (1647-1740)	Serebier (1742-1809)	Hoagland (1884-1949)		Douglas
		Hales (1677-1761)	Lavosier (1743-1809)			Ruthner
			De Saussure (1768-1845)			Penning sfeld
			Wlegman (1771-1853)			Schwarz
			Poistort 81781- 1844)			Steiner
			Sprengerl (1787-11859)			Cooper
			Salm-Horstmar (1799-1865)			Nosawa

**Cuadro 2: Cronología de la Hidroponía.**

La producción de Forraje Verde Hidropónico (**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 (**FAO, 2001**).



Existen intensas investigaciones para la aplicación de éste sistema en viajes espaciales, submarinos atómicos y regiones polares. En algunas regiones desérticas este método es una realidad. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos. En la actualidad, a través del mundo hay más de 40 mil hectáreas de invernadero bajo el sistema de hidroponía, cifra que se incrementa rápidamente.

La concepción común de hidroponía es el que las plantas son cultivadas eficientemente sin suelo, y para ello, los 16 elementos esenciales para su crecimiento son proporcionados periódicamente a las raíces a través de una solución nutritiva. Las plantas crecen rápidamente, son más precoces, ya que utilizan la energía para crecer hacia arriba y no a través del suelo. La recopilación de datos nos lleva a mencionar algunas de las ventajas ya comprobadas según literatura citada.

Ahorro de agua: en el sistema de producción de **FVH** las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones convencionales en especies forrajeras.

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

Eficiencia en el tiempo de producción: apto para alimentación animal con un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos por estrategia de manejo interno la cosecha se realiza a los 14 o 15 días.

Calidad del forraje para los animales: es un succulento forraje verde de 20 a 30 cm. de altura aproximadamente, alto valor nutritivo obtenido a la germinación de los granos.

Inocuidad: representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos, de calidad sanitaria, librándonos así de un hongo denominado “**cornezuelo**” que usualmente aparece en el centeno mediante el método convencional; que cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto.

Costos de producción: las inversiones dependerán del nivel y de la escala de producción, al no requerir de maquinaria agrícola para la siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.

Diversificación e intensificación de las actividades productivas: productores en Chile reportan 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas en 4 pisos para **FVH** de avena, equivalente a la producción convencional de 5 Ha.

Alianzas y enfoque comercial: el **FVH** ha demostrado ser una alternativa aceptable considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. Permite la colocación en el mercado de forraje que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje tales como las empresas semilleristas, cabañas de productores, tambos, locales de internada, ferias, locales de remate, aras de caballos, cuerpos de caballería del ejército, etc. (**FAO, 2001**).

En cuanto al área de cultivo es pequeña, siendo equivalente a 1.20 metros cuadrados por cabeza animal. Pueden satisfacer las necesidades en productos verdes vivos durante todo el año hasta de 120 cabezas de ganado vacuno por día, el consumo de agua es mínimo ya que se estima utilizar menos de dos litros de agua por kilogramo de forraje verde producido, este forraje brinda proteínas, minerales, todas las vitaminas libres y solubles; haciéndolas más asimilables lo que no ocurre con el grano seco.

Lo anterior elimina en gran parte el uso de vitaminas sintéticas, la vitamina “A” tiene gran importancia en la fertilidad de los animales y el **FVH** la contiene en una proporción elevada. Al suministrar **FVH** durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición.

La relación de producción es de 1 a 9, es decir que con cada Kg. de semilla utilizada se obtienen 9 Kg. de forraje verde hidropónico. No es difícil llegar a relaciones de 1 a 12 y de 1 a 15, su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad y aumentan la asimilación de otros alimentos.

Ventajas en razón de espacio: la necesidad surge a causa de los altos costos de alimento para el ganado, con ésta técnica es posible producir grandes volúmenes en áreas muy reducidas y a un bajo costo, 1 Kg. de semilla a 9 o 10 Kg. de pasto en un lapso de 8 a 17 días, dependiendo de las condiciones. Al usar cultivo tradicional de alfalfa se producen alrededor de 2 Ton. por Ha. en un lapso de 15 días; con la producción de **FVH** asciende a 1 Ton. diaria en un espacio de 300 m<sup>2</sup>.

Ventajas de los gastos operacionales: el agua que la planta no consume se recicla, así como los nutrientes. En una instalación rústica la mano de obra de una sola persona suficiente para controlar una unidad de 600 cajas con una producción diaria aproximada de 200 a 250 kilos, sembrando al día, alrededor de 20 a 25 kilos de semilla, bajo condiciones elementales y con un manejo totalmente manual.

Ventajas de la calidad de alimento: éste contiene todas las vitaminas libres y solubles haciéndolas más asimilables al animal, evitando así el gasto de suplementos alimenticios. Ha mostrado excelentes resultados en animales monogástricos y poligástricos ya que estos consumen las primeras hojas verdes, los restos de la semilla y la zona radicular, todo esto constituye un alimentos completo en carbohidratos, azúcares, proteínas; además de que

su aspecto, sabor, color y textura (características organolépticas) le dan gran palatabilidad mejorando el metabolismo del animal, la insalivación es mucho más fácil puesto que la humedad del pasto facilita su masticación, aumentando la digestibilidad y asimilación de minerales que quedan como trazas en el colchón radicular, sirve de suero electrolítico lo que evita la deshidratación **(Rodríguez, 2003)**.

No se depende de fenómenos meteorológicos, permite producir cosechas fuera de estación (temporada), menor espacio y capital para una mayor producción, ahorro de agua (se recicla), ahorro de fertilizantes e insecticidas, no se usa maquinaria eléctrica, mayor limpieza e higiene desde la siembra hasta la cosecha, cultivo libre de parásitos, bacterias, hongos y contaminación, producción de semilla certificada, producción de almácigos al 100% fecundos, rápida recuperación de inversión, mayor precocidad de los cultivos, posibilidad de automatización completa, ayuda a eliminar parte de la contaminación, no provoca riesgos de erosión, soluciona el problema de solución en zonas áridas o muy frías, uniformidad de cultivos, mejores precios en el mercado, conservación de los recursos, no se abona con materia orgánica, se utilizan nutrientes naturales y limpios, se puede cultivar en aquellos lugares donde la agricultura es difícil o casi imposible **(Samperio, 1997)**.

Las ventajas del germinado según señala el autor son: sirve para toda clase animales (caballos, vacas, chivos, borregos, gallinas, conejos, cerdos, etc.), es de muy bajo costo (de 1.7 Kg. de maíz se obtienen hasta 12 kilos de grano germinado en 8 días después de sembrado), se puede producir todo el año **(Carballo, 2002)**.

El suministro de forraje verde hidropónico en la alimentación de vacas en producción produce los siguientes efectos: aumenta la producción de leche de 10 a 23. %, aumenta la grasa de la leche de 13.4 a 15.2%, aumenta la fertilidad por su alto contenido en vitamina “E”, mejora la salud del animal,

provoca una disminución de la incidencia de mastitis, aumenta la producción de carne, aumenta la carga animal por hectárea (considerando un consumo de forraje por vaca de 36 Kg. /día. , (<http://www.lamolina.edu.pe>).

La principal ventaja del FVH, es que puede ser rápidamente producido durante todo el año en cualquier lugar que haya sido condicionado a efecto. El crecimiento del forraje es muy rápido y si bien durante el mismo se pierde aproximadamente un 10% del valor nutritivo del grano virgen, como consecuencia de la energía disipada para la germinación, el producto final que mantiene el 90% restante de la misma, ha producido transformaciones químicas importantes para el metabolismo de los animales. El **FVH** es además forraje verde, tierno y jugoso, de alta palatabilidad y con un valor nutritivo excelente.

Las cualidades del producto obtenido según la fuente son estas: pasto verde fresco diariamente aún en invernadero, utilización del área mínima con alto rendimiento, producción continúa homogénea en estantes independientemente del tiempo, estación y/o suelo; rápida producción sin esfuerzo 20kgs/m<sup>2</sup>/día, alimento vivo, completo y natural de bajo costo, apto para ganado, caballos, cerdos, ovejas, cabras, pequeños animales, criaderos de animales para piel y caza, gallináceos; libre de parásitos, extremadamente activo y alto en contenido de proteínas y vitaminas. Se observa un apreciable incremento en proteínas, complejo vitamínico "**B**" y vitaminas "**A**", "**C**" y "**E**" (Arano, 1998).

### **3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE CULTIVO SIN SUELO.**

Cuando de cultivos sin tierra se trata, una clasificación básica elemental nos permite dividirlos en tres tipos fundamentales, a saber:

### Cultivos sin substrato:

Los cultivos sin substrato son verdaderamente >>trabajos en agua<<, en esta categoría se pueden incluir varios temas y sistemas; en algunos casos se pueden subdividir los mismos dentro de diferentes técnicas.

Según **Arano (1998)** la clásica **batea profunda** con solución nutritiva, basada históricamente en los trabajos de **Woodward** y de **Sachs**, ha sido actualizada y modernizada en los últimos años, principalmente por los industriales japoneses. La sencillez y el bajo costo de su implementación son factores fundamentales por lo que su futuro es promisorio.

**Arano (1998)**, la técnica de la película nutritiva (**TPN**) conocida internacionalmente como **NFT** (nutrient film technique), desarrollada probablemente por el **Dr. Alan Cooper** en Inglaterra, su implementación aún en sus formas simples requiere un esfuerzo económico algo mayor y cuidados especiales en cuanto a manejo.

Diferentes formas de la **Aeroponía** también deben considerarse dentro de esta clasificación. Las columnas de cultivo y los paneles planos, verticales u oblicuos, son las formas en la cual hasta el presente las conocemos. En los últimos años se ha desarrollado con suceso la técnica de las **mareas**. Consiste en el relleno y desagote posterior del recipiente que contienen las raíces de las plantas, a través de un "timer" se maneja el ciclo. También merecen especial atención los trabajos de la **NASA** para el desarrollo de plantas en el espacio extraterrestre, uno corresponde con la **NFT**, adecuadamente modificada para el fin propuesto y la otra una novedosa idea llamada **Técnica de Tubo Poroso**.

### Cultivos con Substrato Inerte:

Arena y grava entre los históricos, aserrín, leca, turba, perlita, vermiculita, piedra pómez, "pumice", fibra de coco, cascote, lana mineral, kuntan,

espumas sintéticas y lana de vidrio, entre los más modernos, conforman un listado no exhaustivo.

Entre los métodos en los cuales se utilizan estos sustratos se destacan principalmente los sistemas en bateas, los que utilizan bolsas, al menos de dos tipos fundamentales, y los cultivos en tubos verticales.

También se pueden añadir, turba, vermiculita, perlita, arcilla expandida (leca), poliestireno, arena, grava, cascote, piedra partida, aserrín, lana mineral, lana de vidrio, kuntan, espumas de poliuretano. Sintéticos: cultivos en bolsas, cultivo en bolsas chatas, cultivo en bolsa vertical, cultivo en tubos colgantes, cultivo en bateas, cultivo en bateas livianas de kutan, cultivo de alfombras de césped en bateas chatas, etc.

#### Cultivos con sustratos no-inertes:

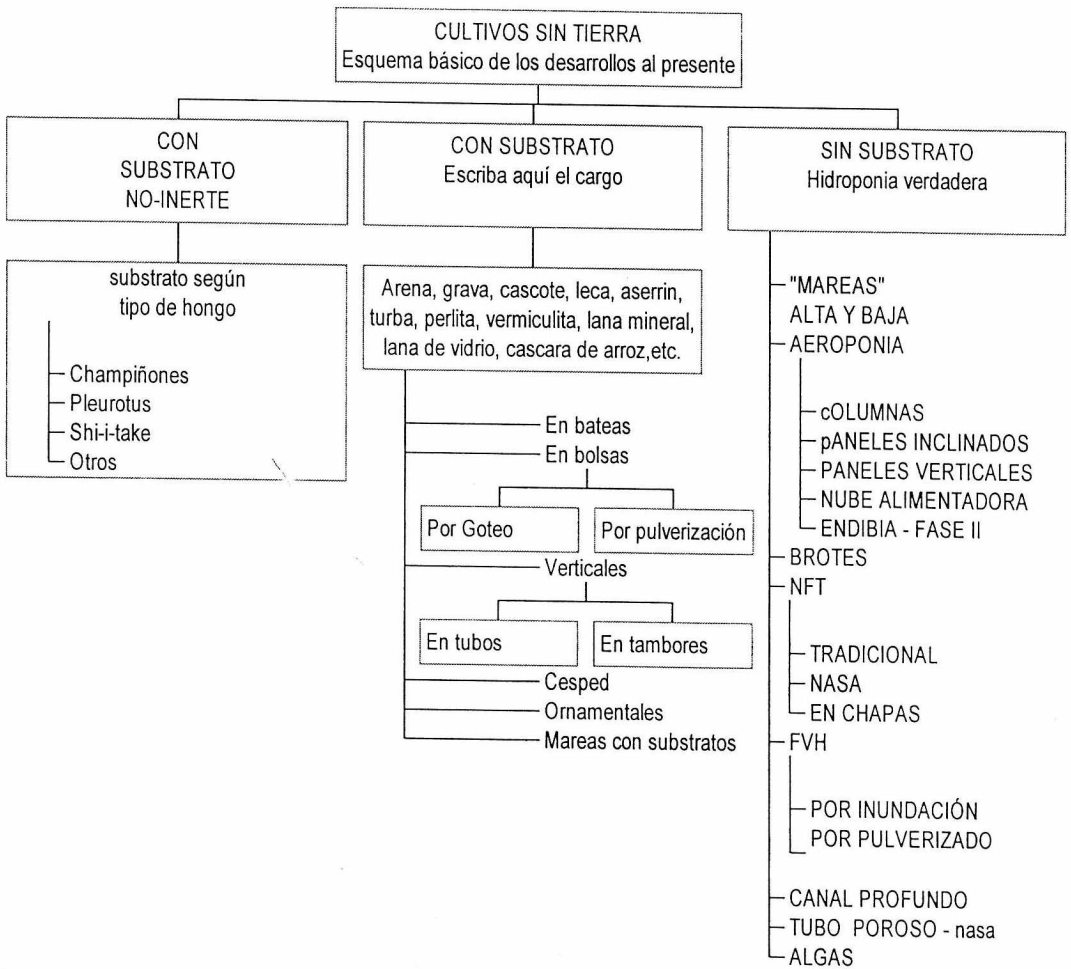
Método especial para la producción de hongos no comestibles, que se alimentan en general con productos en descomposición de materiales celósicos, que se cultivan con la utilización de sustratos no-inertes **(Arano, 1998)**.

Dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: cultivos en sustrato, cultivos en agua (hidropónicos) y cultivos en aire (aeropónicos).

Los cultivos realizados en sustrato, según el manejo al que se ven sometidos, pueden funcionar por inundación periódica del sustrato, ya sea por subirrigación con recogida del retorno de la misma balsa donde se guarda la solución nutritiva, o distribuyendo la solución nutritiva mediante sistemas de goteo. Los sustratos que se caracterizan por su baja capacidad para retener agua y nutrientes (grava, perlita) requieren un aporte de agua y soluciones nutritivas casi continuo. Los sistemas más utilizados (lana de roca, perlita, fibra de coco, arena), que se caracterizan por su mayor

capacidad de retención de agua, permiten utilizar riegos menos frecuentes. De los sistemas descritos, los dos primeros trabajan en circuito cerrado, mientras que el tercero puede trabajar en circuito abierto o cerrado.

En el mercado nacional y especialmente en las zonas donde los cultivos sin suelo son más importantes (Andalucía, Murcia, Valencia, Barcelona, Islas Canarias), existe una gran cantidad de materiales y sustratos que permiten realizar multitud de combinaciones a la hora de instalar un sistema de cultivo sin suelo (<http://www.Bitox.com>).



**Cuadro 3: Esquema que muestra los tipos de sustratos utilizados.**



### 3.3 CONDICIONES PARA EL LUGAR DEL CULTIVO

La instalación para el cultivo puede ser muy simple o muy sofisticada, en virtud del presupuesto con que contemos. Existen cámaras germinadoras equipadas con el control de todas las variables como humedad relativa, riego, temperatura, luminosidad, y todos los factores que intervienen en el crecimiento; adquirirlo es costoso más su ventaja es que la producción es de siete a ocho días. Por el contrario nuestra producción se llevará a cabo aproximadamente en 15 o 17 días y el beneficio será su bajo monto de inversión inicial, se mencionan los siguientes aspectos:

Ubicación de la instalación. Accesos dispuestos de tal forma que sea fácil la transportación de la producción a los comederos, esto permite un ahorro en tiempo y mano de obra.

Dimensiones de la instalación. Factor determinante con la cantidad de animales a alimentar.

Disponibilidad de agua. Considerar tanto la calidad como la cantidad. Para efecto de mejorar el agua de pozos, aljibes, o escurrimientos, se puede construir un filtro con grava, arena sílica y carbón activado. El carbón activado granular es muy útil para eliminar el cloro, pesticidas y los herbicidas provenientes de lixiviados en tierra de cultivo, el mantenimiento de este filtro consiste en reemplazar unidades de grava sílica y carbón activado cada ocho o doce meses.

Salubridad de la unidad de cultivo. La primera es la salubridad del cultivo y la segunda es la salud del animal que se alimentará con **FVH**.

Clima de la región. La construcción del invernadero será de acuerdo a las condiciones climáticas de la región y así podremos elegir la semilla a utilizar.

Área de ventilación. Ambientes muy húmedos 40% de ventilación en áreas laterales para evitar problemas de fungosidad, además de existir un intercambio adecuado de aire.

Materiales de construcción. Esta relacionado con la disponibilidad de cada productor, considerando la durabilidad y el costo/beneficio. Carrizos, bambúes, morrillos son económicos. Con respecto a cubiertas plásticas, la más recomendable es la llamada Dura Therm 4.

Servicios. Energía eléctrica, accesos y demás insumos, aun cuando se pueden hacer instalaciones que funcionen como equipos a base de gasolina, riegos por gravedad, etc.

Existe una estrecha relación entre el crecimiento de la planta y las condiciones, gran parte del éxito radica en el control de estas:

Luminosidad. El **FVH** es de las plantas menos exigentes con respecto a este punto porque no llega a su etapa productiva y sólo es un germinado, en un día sensiblemente luminoso se cuenta con una luminosidad aproximada de 108,000 a 120,000 luxes, y la luz que nos proporciona una lámpara fluorescente, tipo slime line es de 3,000 o 4,000 luxes. El rango para el proceso de germinado es de 2,800 y 40,000 luxes. En la producción de **FVH** se puede iluminar el cultivo por las noches para que la planta no interrumpa sus funciones y así obtendremos una producción en un tiempo mucho menor.

Temperatura. Influye en la germinación de la planta ya que a mayor temperatura mayor absorción de agua; también influye en la actividad fotosintética y metabólica, en el crecimiento y la reproducción. Hay que tener en cuenta que las altas temperaturas disminuyen su crecimiento, existen tres tipos de temperatura: la mínima bajo la cual no hay crecimiento, la óptima que proporciona un mayor e crecimiento, y la máxima, por encima de la cual

se interrumpe todo desarrollo, el crecimiento de la mayor parte de las plantas se realiza entre 10 y 30° C.

Humedad. El agua es necesaria para las relaciones químicas de la digestión; en la fotosíntesis el hidrógeno del agua se une al dióxido de carbono para formar azúcares. Las sustancias minerales y los alimentos elaborados por las hojas circulan en forma de solución hacia las otras partes de la planta. El agua empuja el citoplasma contra la pared celular y mantiene la turgencia de las células, de este modo contribuye a la rigidez y sostén de la planta y con la transpiración se disipa el calor. El rango óptimo oscila entre 60 y 80% se recomienda checar con el higrómetro.

Aireación. Para mantener una cuantificación exacta del aire, se debe tener el ambiente cerrado herméticamente y así medir la entrada y salida de los volúmenes de aire. Se considera suficiente cambiar dos o tres veces de aire en el invernadero; esto puede ser sustituido por una buena ventilación, la ventila cenital ayudará mucho en este intercambio, considerar espacios mínimos de ventilación de un 40% de las áreas laterales **(Rodríguez, 2003)**.

Colocación del Plástico (Impermeabilización). Para impermeabilizar el contenedor se necesita un plástico negro de calibre 0.10; su función es evitar el humedecimiento y pudrición de la madera e impedir que se pierdan los nutrientes rápidamente. El color negro es para evitar la formación de algas y para dar mayor oscuridad a la zona de las raíces. El plástico nunca debe colocarse sobre el piso, a menos que se hayan barrido de este todas las asperezas que pudieran perforarlo o que este forrado con periódicos viejos, siempre deberá medirse y cortarse sostenido en el aire **(FAO, 1997)**.

### 3.4 REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN

Para iniciar bien la construcción se debe nivelar bien el suelo, el sitio debe estar bien protegido de fuertes vientos, disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable y fácil acceso a energía eléctrica.

En los últimos años se ha desarrollado métodos modernos con instrumentos de medición y control (relojes, medidores de pH, conductividad eléctrica y controladores de tensión de CO<sub>2</sub>). Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad:

Populares. Estructura artesanal compuesta de palos y cañas, pisos de tierra, recipientes de plástico, muebles en desuso.

Estructuras o Recintos en Desuso. Antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. El ahorro que se tiene en este tipo de instalaciones surge de la disponibilidad de paredes y techos, los rendimientos son superiores debido al control ambiental logrado y el mayor número (7) de pisos, las bandejas pueden ser de fibra de vidrio, madera pintada, bandejas de plástico. Los equipos de riego pueden ser microaspersoras o nebulizadores.

Modernas o de Alta tecnología. Construcciones de albañilería, prefabricadas o importadas. Existen construcciones de albañilería que alcanzan un costo de 221 US\$ por metro cuadrado. Otros ejemplos de instalaciones para **FVH**, es el modelo “Hydro Harvest” (California), Magic Meadows (Arizona); Harvest Hydroponics (Ohio); Landsaver (Inglaterra), una de las instalaciones más sofisticadas es la de Tomar Ruthner (Viena Austria), más existe un modelo portátil por Australian Manufacturer de 60 metros que presenta el entre-techo de la unidad de forrado de “termopor” o “espuma plast” o “plumavit” para reducir la temperatura interna durante el verano (**FAO, 2001**).

Unidad Estándar de Cultivo de **FVH** en Gabinete, por sus siglas en inglés (**CCSU**) 1937, Unidad de Procesos de Germinado (**SPU**), Instituto Nacional de Investigaciones lecheras de Inglaterra, Hawkesbury College de Gales, Plantana firma Alemana, Hydro Harvest de California, Sinterra y Eleusis ambos de origen Español, Magic Meadows Arizona, Harvest Hydroponics de Ohio, EEUU; Landsaver y el Hydrograss ambos de Inglaterra, Agrotech Belgium de Europa, las instalaciones de Ruthner en Viena, etc.

Como elementos auxiliares de todo el sistema para la preparación de **FVH**, se deben mencionar: el tanque para la solución nutritiva, las cañerías de plástico, la bomba de recirculación, los picos aspersores o el sistema de sifón para el drenaje cuando se trabaja por inundación, baldes de plástico, piletas de lavado, etc. Un equipo de doble reloj ("timers") automatiza tanto el riego diurno como el corte del mismo y la iluminación durante las horas nocturnas (**Arano, 1998**).

### **3.5 FITOSANIDAD DE LOS CULTIVOS FORRAJEROS.**

Todo sistema exige extremar las medidas de limpieza. Los tratamientos deben incluir a los caños, reservorios, bombas, tanques, baldes y por supuesto las bandejas, sin olvidar el lugar de trabajo. Un final de limpieza con funguicidas y bactericidas debe ser seguido siempre con los enjuagues correspondientes. Para evitar los crecimientos fungales y bacterianos se recomienda el hipoclorito de sodio (lavandina), a una concentración tal que produzca un 0.1% de cloro activo (**Arano, 1998**).

La primera recomendación y en la que mas se insistirá es revisar diariamente, en estas revisiones buscamos percatarnos de la presencia de insectos adultos (que estén buscando donde poner sus huevos), de localizar a los huevos para destruirlos, o de encontrar las plagas cuando estén en sus primeros días de desarrollo. Esta revisión debe hacerse en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, ya que después de la salida

del sol la temperatura se eleva y los insectos no son fácilmente localizables, dado a que se han escondido para protegerse.

La revisión diaria o cada dos días, permitirá romper el ciclo de las plagas, la visita con revisión detallada causaran a las plagas un ambiente muy hostil para su permanencia, por lo que buscaran otro lugar para habitar, alimentarse y reproducirse. Se recomienda colocar banderas de plástico de color amarillo intenso impregnadas de aceite de transmisión o caja de cambios de auto; el color amarillo atrae muchas especies de insectos que al posarse sobre la lámina plástica, se quedan pegados. Colocar trampas de luz encima o dentro de un recipiente con agua y aceite quemado durante una o dos horas cada noche **(FAO, 1997)**.

Aunque el cultivo de FVH por el corto tiempo de producción, no es tan susceptible al ataque de plagas, sí debemos tener precauciones para evitar problemas de putrefacción y de hongos: es preciso mantener limpia el área de trabajo, evitar encharcamientos y derrames de agua, encalar paredes y poner barreras de cal en los límites del invernadero, para evitar la intrusión de plagas rastreras, esto se logra con una mezcla de agua con cal con una consistencia de pintura (5 gramos por litro de agua).

Antes de resembrar es recomendable asperjar los contenedores con productos comerciales hechos a base de oxiclورو de cobre y azufre elemental (1 gramo por litro de agua). Si el cultivo fuese atacado por algún hongo (manchas concéntricas de colores verdes, azules o blancuzcos en el área radicular) se puede aplicar la solución de oxiclورو de cobre y azufre elemental, en proporción de 1ml/1Lt de agua. Ésta práctica puede hacerse también de manera preventiva, puesto que ambos elementos son indispensables para el desarrollo y así llevaríamos a cabo dos funciones: reducir el riesgo de infecciones patógenas o de origen bacteriano o fungoso y proporcionar a la planta refuerzos alimenticios adicionales.

## Sintomatología de enfermedades en FVH.

Son pocas las enfermedades que se presentan, las más comunes están relacionadas con las condiciones de temperatura, luz y humedad. Más debemos de verificar que la semilla no presente algodoncillo, manchas o carboncillo (manchas negras). Dentro de la sintomatología encontramos lo siguiente:

Excesos de temperatura, déficit de temperatura, exceso de luminosidad, déficit de luminosidad, exceso de humedad y déficit de humedad, se recomienda que después de retirar la cosecha se sumerjan las charolas en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% por 10 minutos, se retiran y se dejan secar sin enjuagar.

En estados de mayor humedad relativa, existe el riesgo de que proliferen enfermedades fungosas, como el **Damping off** y los tizones. Los hongos que afectan directamente el rumen son aquellos llamados **Aflatoxinas**, este tipo de micotoxinas se encuentra en los granos almacenados y son metabolitos tóxicos producidos por diversas especies de hongos, que se desarrollan en granos mal secados o inadecuadamente almacenados **(Rodríguez, 2003)**.

Los productos metabólicos de semillas infectadas con microorganismos pueden afectar a la semilla o pueden tener otras serias consecuencias como toxicidad a animales y a la vida humana. **Aspergillus flavus**, produce aflatoxinas tóxicas y carcinogénicas, pueden introducir un virus a las semillas de maíz; **Penicillium oxalicum** causa amarillamiento en hojas de maíz. Las aflatoxinas son producidas por algunas cepas del grupo **Aspergillus flavus** (Link) y **Aspergillus parasiticus** (Speare). El nombre de aflatoxinas surgió asociado a la proliferación del hongo **Aspergillus flavus** con la presencia de la sustancia tóxica, la palabra aflatoxina se formó de la inicial **A** de **Aspergillus**, la sílaba **fla** de **flavus** y la palabra **toxina** de sustancia tóxica. La

palabra aflatoxina significa toxina producida por *Aspergillus flavus* (Ortiz, 1992).

Entre los factores ambientales que promueven la presencia de aflatoxinas se tiene la temperatura y la humedad, teniendo entonces su desarrollo óptimo cuando hay humedad relativa de 80%, con este contenido de humedad se acelera su presencia a medida que la temperatura es superior a 25°C (Ramírez, 1981).

Al examinar una enfermedad epidémica en el cultivo de la cebada producida como forraje en un sistema hidropónico encontraron que el agente causal fue *Pythium aphanidermatum*. El hongo permaneció infectado por el sistema de esterilización, usando en el procedimiento una solución de hipoclorito de sodio y es extremadamente difícil su erradicación por su adaptación al medio (Lane y Eddy, 1985).

En trigo las especies de *Fusarium* son patógenos importantes, estos causan en pre y post emergencia la muerte de semillas, de raíces e infección de espigas (Neergaard, 1979).

FAO (2001) según Hidalgo (1985) y Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positivo. Dosal probó en 1987 distintas dosis de fertilización en avena y encontró mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo.

Otra opción de fórmula de riego para el FVH, es la que se encuentra en el ---

“Manual de la FAO: La Huerta Hidropónica Popular” (Muralanda e Izquierdo, 1993), constituye de 13 elementos minerales (macroelementos y microelementos esenciales), de acuerdo a esta fórmula y para llegar a la solución nutritiva final o solución de riego debemos preparar dos soluciones concentradas denominadas solución concentrada “A” (macronutrientes) y



solución concentrada “**B**” (micronutrientes). Se debe recordar 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.

Efectos de la solución nitrogenada. La fertilización de **FVH** utilizando agua de riego conteniendo 200 ppm. de nitrógeno como mínimo, tiene efectos principales durante el proceso de crecimiento: proteína bruta, proteína verdadera, pared celular, lignina, digestibilidad estimada (**FAO, 2001**).

## Organismos contaminantes en semillas forrajeras.

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. -Bacteria: Bacillus sp.   | 11. - Chaetomium sp.          |
| 2. -Estreptomices sp.        | 12. - Humícula grisea         |
| 3.-Levaduras: Rodotorula sp. | 13. - Torula nigrescens       |
| 4. - Aspergillus sp.         | 14. - Cladosporium            |
| 5. - Penicillium sp.         | 15. - Doratomices estemonitis |
| 6. - Tricoderma sp.          | 16. - Mucor sp.               |
| 7. - Altenaria sp.           | 17. - Rizopus sp.             |
| 8. - Helmitosporium sp.      | 18. - Tamnidium elegans       |
| 9. - Curvalaria sp.          | 19. - Fusarium sp.            |
| 10. - Papularis araudinis    | 20. - Epicoccum sp.           |

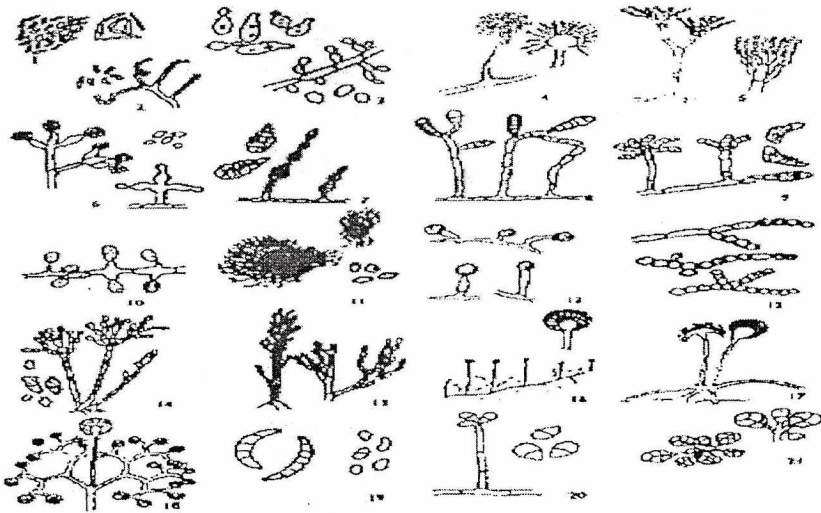


Figura 1: Organismos contaminantes de semillas Arano (1998).

### 3.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN.

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

La germinación es un proceso de cambio, el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo de una planta que crece activamente destinada a llegar a la autosuficiencia antes de que los materiales de reserva de la semilla se terminen (**Duffus y Slaughter, 1985**).

La absorción del agua es el primer requerimiento, esto es seguido por la ruptura de la capa protectora de la semilla, por las secreción de enzimas diastásicas, proteolíticas y lipolíticas de la capa celular del escudeto que rodea al embrión, las cuales preparan al material almacenado para ser transportado al mismo y ser usado por este en el proceso de crecimiento. Una gran proporción de los carbohidratos transportados y probablemente de las grasas, es quemado para producir la energía que el mismo requiere y es así que ocurre una pérdida de materia seca. Esto es recompensado en pequeña escala por la absorción de nitrógeno de la solución hidropónica. A pesar de esta absorción de nitrógeno y la síntesis con él de proteína en la plántula, una pérdida neta de proteína en los estados primarios de crecimiento es común que ocurra.

La proporción del material almacenado que la planta usa, varía con el tipo de semilla y la duración del crecimiento en el medio líquido. La totalidad de tal material almacenado raramente se usa y se puede decir, sin temor a equivocación, que en un período de crecimiento máximo de 10 días, con la clase de semillas usadas en el **FVH**, la proporción de pérdidas por uso de tal material almacenado es realmente muy baja.

### Minerales.

El fósforo, calcio, magnesio y el hierro pueden variar en cantidad, pero solamente dentro de los límites más bien estrechos. Algunos constituyentes, tal como el yodo, son realmente absorbidos por las plantas sin efectos tóxicos y por consiguiente pueden ser grandemente incrementados. Otros como el boro, que como se sabe son esenciales para las plantas en cantidades ínfimas (trazas), no pueden ser incrementados mucho sin que se cause un daño o la muerte de la planta. El manganeso puede ser elevado sin daño obvio a la planta hasta un nivel al cual puede producir intoxicaciones a los animales.

### Vitaminas.

Se desconocen hasta el presente informaciones relevantes para demostrar que el valor de la **vitamina "A"** en la semilla cambie mucho en la germinación, se puede suponer que hay un incremento en los últimos 3 días de producción cuando por actividad lumínica la clorofila aparece y el forraje se pone verde. Con respecto al complejo de **vitamina "B"** la **riboflavina** (constituyente del complejo **B<sub>2</sub>**) estudiada en centeno, avena y arvejas en germinación, ha demostrado incrementarse durante la misma. Un valor máximo de cerca de 20 veces mayor que el original es alcanzado en 2 días y después de mantiene en ese nivel hasta el 8 día. En el proceso de germinación se produce ácido ascórbico, conocido como **vitamina "C"**, se conoce un considerable incremento en algunos cereales como avena de 9 días de germinación, con cantidades tan grandes como 10 veces el contenido del primer día, **vitamina "E"** en germen de trigo es una fuente muy rica, así como en cereales tal el caso de maíz y arroz (**Arano, 1998**).

En la semilla después de hidratada, la absorción de O<sub>2</sub> y la emisión de CO<sub>2</sub> se aceleran, si en el remojo la semilla no se ventila adecuadamente ocurre la fermentación anaeróbica y alcohólica en la cual mas de la mitad del etanol formado entra al agua de remojo. En el aire, algo de etanol se evapora y es oxidado (**Briggs, 1968**).

### Selección de las especies de granos utilizados en FVH.

Esencialmente se utilizan granos de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La utilización de semilla de alfalfa no es tan eficiente como en los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje.

### Selección de la semilla.

Semilla de buena calidad, de origen conocido adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento, libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente que no hayan sido tratadas con curasemillas, agentes pre-emergentes o algún otro pesticida tóxico.

### Lavado de la semilla.

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 tiempo no debe ser menor a 30 segundos ni excederse de los 3 minutos.

### Remojo y germinación de las semillas.

Colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 2 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo lo dividiremos a su vez en 2 períodos de 1 hora cada uno, a las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora, las sumergimos nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado.

### Dosis de siembra.

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2.2 kilos a 3.4 kilos, no debe superar los 1.5 cm. de altura.

### Siembra en las bandejas e inicio de riegos.

Se procederá a la siembra en las bandejas, se distribuirá una delgada capa de semillas pregerminadas, la cual no deberá sobrepasar los 1.5 cm. de altura o espesor. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente tapamos con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en

semioscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.

### Riego de las bandejas.

El riego debe realizarse solo a través de microaspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o mochila de mano, el riego por inundación no es recomendado dado a que generalmente causa excesos de agua. 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 (**Sánchez, 1997**).

Las charolas llevan una malla de alambre con espacios de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> y sirve para sostener a las raíces de las plantas. Encima de esta malla se coloca un papel periódico o un material con propiedades semejantes de absorción, en la cara superior de este papel se colocan semillas ya remojadas o pregerminadas de avena, cebada, maíz, arroz, sorgo u otros materiales forrajeros. La calidad de semilla oscila entre 1y 3 Kg. por m<sup>2</sup> de charola dependiendo en el área 1m<sup>2</sup>, después de una semana de cultivo intensivo es de 10 a 20 veces el peso fresco del forraje verde de alto valor nutritivo y de mas de 20 cm. de altura (**Sholtó, 1976**).

El riego debe ser a baja velocidad (menos de 2 Km./h), o en neblina mediante atomizadores colocados dentro de las charolas. Las raíces de las plántulas absorben la solución y la iluminación continua, junto con la

temperatura permanentemente alta, contribuyen a un crecimiento muy rápido (Sholtó, 1976; Sánchez y Escalante, 1988).

Riego con solución nutritiva.

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4 y 5 día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Cuando llegamos a los días finales de crecimiento (12 o 13) el riego se realizara exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales, 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 y por día.

Cosecha y rendimientos.

Entre los días 12 y 14 se realiza la cosecha, si estamos necesitados de forraje podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. La mayor riqueza nutricional se alcanza entre los días 7 y 8. Se ha documentado que periodos de tiempo de 7 y 10 días son más que suficientes para completar el ciclo de un cereal sembrado para forraje.

Los siguientes factores también son considerados importantes en el emprendimiento de este sistema:



Semilla

Imbibición

Radícula

Plúmula

Figura 2: Semillas de trigo en diferentes estados de germinación.

### Calidad de la Semilla.

Elegir una buena semilla, tanto de calidad genética como fisiológica, aunque todo depende del precio y la disponibilidad la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdida de rendimiento, la semilla 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, el lote de semillas no deberá contener semillas partidas ni de otros cultivares comerciales.

### Iluminación.

Al comienzo del ciclo la presencia de luz durante la germinación no es deseable, por lo que hasta el 3 o 4 día de sembradas las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del 3 o 4 día iniciamos el riego con solución nutritiva y exponemos las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa a luz solar. Hasta los últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción directa de la luz para logra, como cosa primordial, que el forraje obtenga su color verde intenso característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima. Si la producción es en recinto cerrado sin luz natural, usaremos iluminación artificial a base de tubos fluorescentes bien distribuidos y encendidos por 12 a 15 horas como máximo.

### Temperatura.

El rango óptimo para la producción de **FVH** siempre entre los 18 y 26° C, los granos de avena, cebada y trigo requieren de temperaturas bajas para germinar, en el maíz esta entre los 25 y 28° C. En el caso de climas o épocas del año muy frías tendremos que calefaccionar nuestro ambiente y viceversa.



### Humedad.

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90% valores superiores a este sin buena ventilación causan graves problemas fitosanitarios, incrementando costos y trayendo enfermedades fungosas. En la situación adversa, (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo, por lo tanto hay que compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima.

### Calidad de agua de riego.

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 de agua no sea la más conveniente será imprescindible realizar un detallado análisis químico de la misma, y en base a ello reformular nuestra solución nutritiva.

### PH.

El valor de este en el agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7, las semillas de cereales mayormente no se comportan eficientemente encima del valor de 7.

### Conductividad Eléctrica.

CE nos indica cuál es la concentración de sales en una solución se mide con un conductivímetro previamente calibrado. El contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro y la concentración de cloruros debe estar entre 50 y 150 miligramos por litro de agua.

### CO<sub>2</sub>.

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

es mediante controladores automáticos los cuales enriquecen constantemente el ambiente interno con altos niveles de anhídrido carbónico, promoviendo una mayor fotoasimilación celular y el aumento de la masa vegetal **(FAO, 2001)**.

Bajo condiciones naturales en el maíz las temperaturas menores de 10°C retardan o inhiben la germinación, siendo óptimas para el desarrollo del cultivo de 25 a 30°C; para el trigo la temperatura óptima de germinación oscila entre 10 y 25°C; para avena y cebada, las temperaturas óptimas de germinación son de 25 a 31°C y 20°C respectivamente **(Robles, 1975)**.



**Figura 3: FVH. de 25 cm. de altura, listo para cosechar.**

<b>Animales</b>	<b>Relación de alimentación en Kg. de FVH Por cada 100kg de peso animal.</b>	<b>Remarcables</b>
<b>Vacas lecheras</b>	1-2	Suplementar con paja de cebada y otras fibras.
<b>Vacas secas</b>	0.5	Suplementar con fibra de buena calidad.
<b>Vacunos de carne</b>	0.5-2	Suplementar con fibra normal.
<b>Cerdos</b>	2	Crecen más rápido y se reproducen mejor.
<b>Aves</b>	25 Kg. de FVH/100kg de alimento seco	Mejoran considerablemente el factor de conversión.
<b>Caballos</b>	1	Agregar fibra y comida completa mejoran performance en caballos de carrera.
<b>Ovejas</b>	1-2	Agregar fibra.
<b>Conejos</b>	0.5-2	Suplementar con fibra y balanceados.

**Cuadro 4: Raciones de FVH para especies de animales domésticos.**

<b>CONTENIDO %</b>	<b>CEBADA</b>	<b>ALFALFA</b>	<b>AVENA</b>
<b>Proteínas</b>	18.31	16.3	8.5
<b>Grasas</b>	4.24	2.5	2.7
<b>Fibra</b>	17.17	28.4	33.5
<b>Elementos libres de N</b>	53.35	43.8	49.5
<b>Total de Nutrientes digestibles</b>	79.01	55.77	54.99

**Cuadro 5: Análisis nutrimental de FVH de cebada, alfalfa y avena. Revista Agrosíntesis de julio de 1981.**

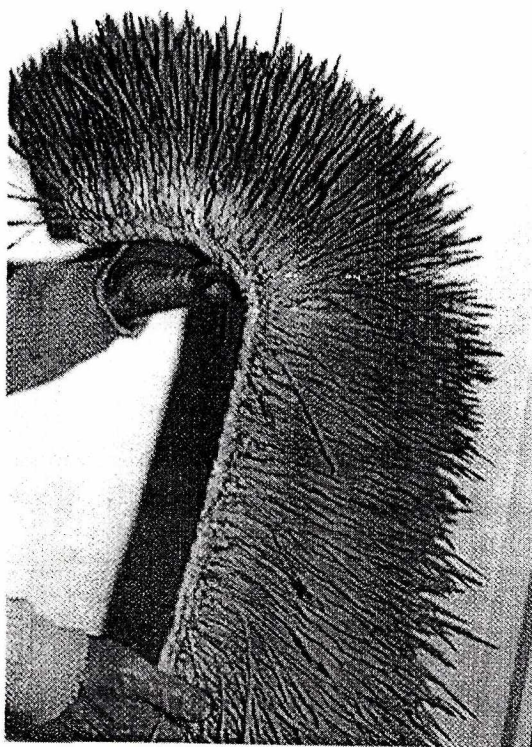


Figura 4: Manta de FVH.

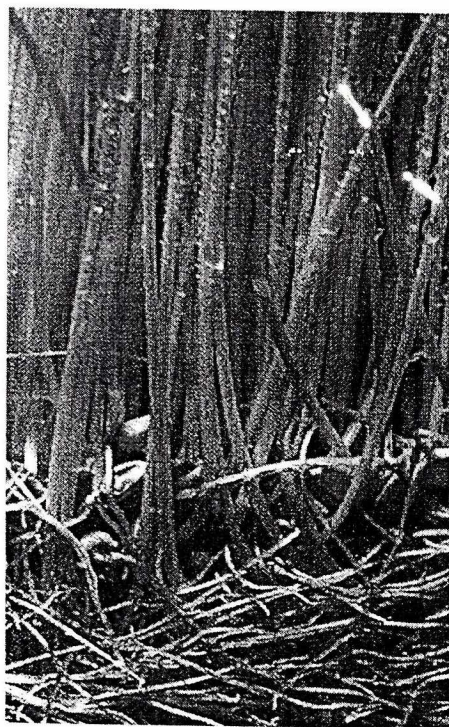
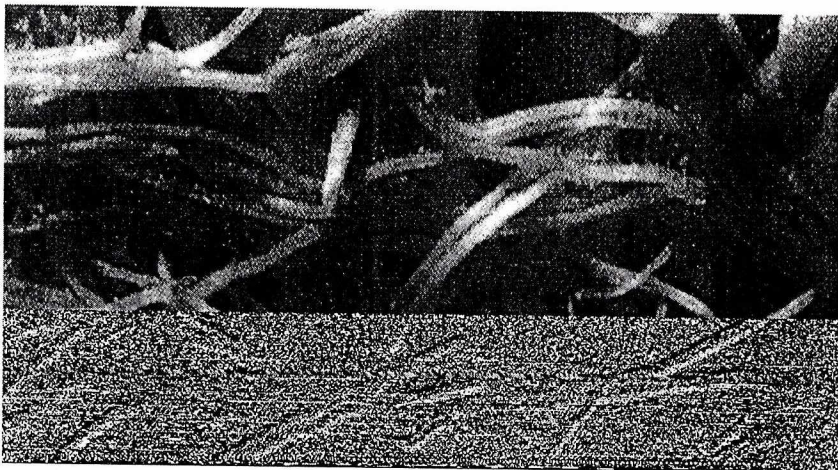


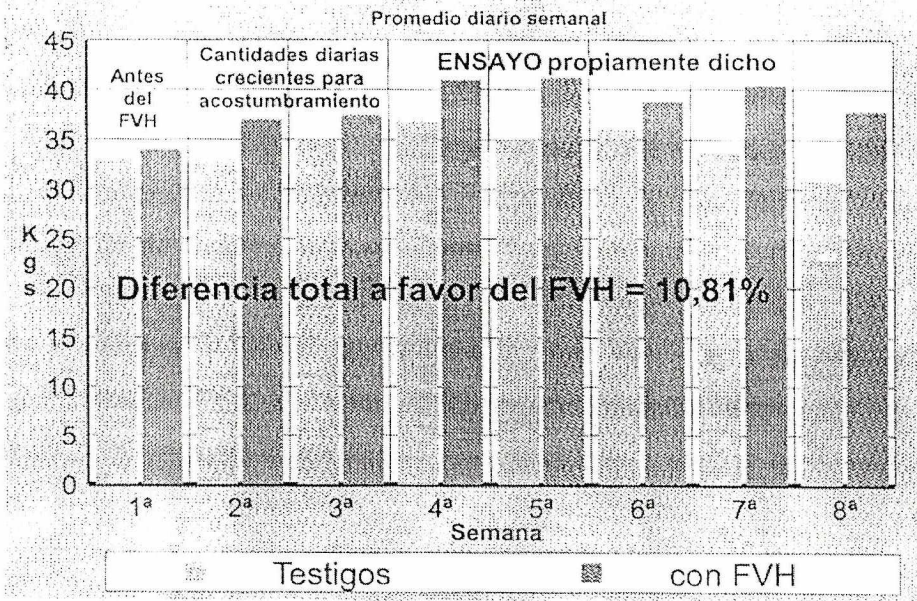
Figura 5: Detalle constitutivo del FVH



**Figura 6: Ampliación de detalle de raíces y restos de semillas.**

Tabla 41

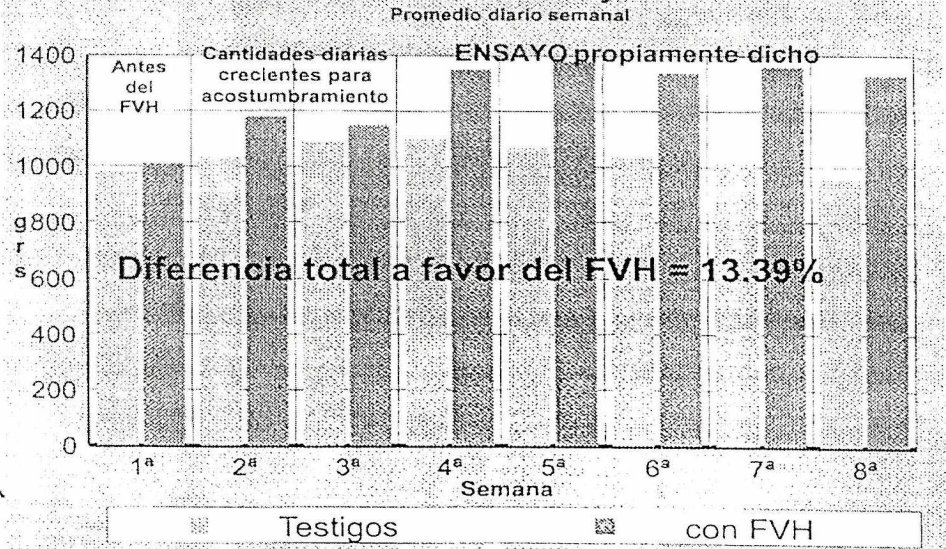
Ensayo de Producción Lechera



Cuadro 6: Ensayo de Producción Lechera.

Tabla 42

Cantidad de Grasas en el Ensayo de Prod. Lechera



Cuadro 7: Cantidad de Grasas en el Ensayo de Producción Lechera

## CONCLUSIONES.

La técnica de **FVH** debe ser rescatada y puesta en marcha; ya que comparada con los métodos de cultivo tradicionales, representa y ha comprobado que se pueden obtener los mejores resultados a un costo más bajo y con un menor tiempo de cosecha.

Se obtiene una aceptable respuesta por parte de los animales que lo consumen, debido a la palatabilidad y la digestibilidad que el **FVH** provoca en la insalivación del animal.

También se le atribuye la baja incidencia en Mastitis de ganado, así como abortos igualmente se hace mención sobre su contribución en cuanto a fertilidad, el **FVH** cuenta con innumerables vitaminas y minerales que el animal requiere y que el forraje las facilita de manera directa.

Gracias a la oportunidad que se me dio para viajar a España y poder trabajar de cerca con la hidroponía por espacio de 2 meses y medio; sin temor a equivocarme y apoyándome de la experiencia laboral; es que reafirmo lo **EXPECTACULAR** que es esta disciplina, en la cual esta la solución de los muchos problemas por los que pasa actualmente nuestra situación agro económica.

Anímese y ponga en marcha su propia fábrica de forraje, ya que su construcción estará relacionada con la disponibilidad de cada productor y así obtener forraje fresco los 365 días del año, dejando atrás la incertidumbre que nos causan los cambios climáticos de cada región.

## GLOSARIO

**Aeroponía:** cultivos en aire.

**Aflatoxinas:** toxina producida por el hongo *Aspergillus flavus*.

**Aljibes:** cisterna o pozo con agua.

**Áridas:** secas.

**Ascórbico:** ácido hexurónico o vitamina C.

**CE:** conductividad eléctrica.

**Celulósicos:** de celulosa (formado por células)

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono.

**Conductímetro:** instrumento donde dos placas de un material especial (platino, titanio, níquel recubierto de oro, grafito) son colocados dentro de una muestra para medir la cantidad de sales y su concentración.

**Complejidad:** formado de elementos diferentes.

**Desagote:** sistema de bajadas de una solución.

**Electrolito:** cuerpo que se somete a electrólisis

**Fotosíntesis:** proceso mediante el cual los vegetales sintetizan hidratos de carbono a partir del dióxido de carbono.

**Forraje:** material de origen vegetal, generalmente la parte aérea de la planta, destinada al consumo de herbívoros que contiene más del 12% de fibra cruda en la materia seca.

**Erosión:** proceso por el cual la tierra pierde sus propiedades nutritivas, dándose un desgaste del relieve de la superficie terrestre causada por el agua, viento o prácticas agrícolas defectuosas.

**Exhaustivo:** que agota o apura por completo.

**FVH:** forraje verde hidropónico

**Galpones:** cobertizo grande con paredes o sin ellas

**Herméticamente:** perfectamente cerrado.

**Homogéneos:** que son de igual naturaleza.

**Humus:** sustancia coloidal de aspecto negrozco, que resulta de la descomposición de vegetales y animales.

**Inmersión:** introducir una cosa en un líquido.



**Inocuo:** que no hace daño.

**Insalivación:** impregnación de los alimentos con la saliva de los animales.

**Ínfimas:** muy bajo.

**Imbibición:** absorción de agua o hinchazón de sustancias coloidales por absorción de moléculas de agua en sus superficies internas.

**Lavandina:** lejía de la ropa.

**Lejía:** disolución de álcalis o carbonatos alcalinos en agua. Producto detergente.

**Lignina:** principal componente no celuloso de la madera, se endurece y protege a la celulosa, polímero orgánico complejo que provee rigidez, consistencia y fuerza a las paredes celulares.

**Lipolíticas:** toda sustancia que disuelve o destruye la grasa

**Lixiviados:** sustancias alcalinas que han sido disueltas en agua

**Mastitis:** inflamación de las ubres en ganado lechero.

**Metabolitos:** sustancia producida por metabolismo

**Monogástricos:** animales que cuentan con una cavidad de acumulación y digestión de los alimentos.

**NFT:** técnica de la película nutritiva (por sus siglas en inglés).

**pH:** potencial de hidrógeno. Magnitud que expresa el grado de acidez ( $\text{pH} < 7$ ) o alcalinidad ( $\text{pH} > 7$ ) de una solución.

**Precipitados:** sedimento que se deposita en el fondo del recipiente a causa de reacciones químicas.

**Poligástricos:** animales que cuentan con cuatro cavidades para realizar sus procesos digestivos (rumiantes).

**Poliuretano:** materia plástica empleada en la industria de pinturas y barnices, fabricación de espumas y productos elásticos.

**Ppm:** unidad de medición, partes por millón.

**Reservorios:** cavidad en la que se almacena un líquido

**Sifón:** tubo en el que se hace el vacío y sirve para trasegar líquidos de un recipiente a otro.

**Turba:** carbón con mayor cantidad de materia orgánica sin descomponer.

**Turgencia:** aumento patológico del volumen de un órgano.

## BIBLIOGRAFIA

- Artículo Publicado Completo en Vida Rural no. 101. 1 de febrero del 2000. Copyright por Bitox.com.
- Arano, C. R. 1998. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Bs. Aires Argentina. 392 pp.
- Bidwell, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. 2da Reimpresión. AGT Editor S.A. México, DF. Pág. 36, 37, 38, 40.
- Briggs, D. E. 1968. Barley. Edited by Chapman and hall Ltd. New York. Pág. 20, 34, 56.
- Boyle, R. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Bs. Aires Argentina. Pág. 46.
- Canul, C. V. V. 1997. Evaluación de Métodos de Desinfección de Semillas y de Duración del Ciclo de Cultivo de Forraje verde Hidropónico. Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. De Fitotecnia. Chapingo, México. Pág. 66.
- Carballo, M. C. 2000. Manual de Procedimiento para Germinar Granos para Alimentación Animal. <http://www.zoetecnocampo.com/index.htm>. 5 pp.
- Cooper, A. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág.58.
- Duffus, C. Y. Slaughter, C. 1985. Las Semillas y sus Usos. AGT Editor, México, DF. 130 pp.
- De. Saussure. 1804. En Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. De Buenos Aires Argentina. Pág. 48.
- FAO. 1997. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". Santiago Chile. II Parte. 21-24 pág.
- FAO. 2001. Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico. Santiago Chile. 49 pp.
- García, R., Pelayo, Gross. 1998. Pequeño Larousse Ilustrado. Librería Larousse. México, DF. 520 pp.

- Hidalgo (1985) y Dosal (1987). En: FAO. 2001. Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico. Santiago Chile. II Parte. Pág.18.
- Hoagland, R. D. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág. 50.
- Lane, S. D. and Eddy, J. 1985. Observations on *Phytium aphanidermatum* in a green forage unit. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Summary Horticultural Abstract. Pág. 417-419.
- Muralanda, C. y Izquierdo, J. 1993. En: FAO. Manual "La Huerta Hidropónica Popular". Santiago Chile. 118 pp. II Parte.
- Neergaard, P. 1979. Seed Pathology. Vol. I. Ed. McMillan Press LTD. Great Britanic, Englad. Pág. 1-19, 44-59.
- Ortiz., C. A. 1992. Manual de Procedimientos para análisis de Aflatoxinas. ANDSA: México, DF. Pág. 37-39.
- Ramírez, G. M. 1981. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. ED. CECOSA. México, DF. Pág. 58-61.
- Risse, J. 1970. La alimentación del Ganado. Ed. Blumes. Madrid, España. Pág. 102-103.
- Robles, S. R. 1975. Producción de Granos y Forrajes. De Limusa. México, DF. Pág. 17, 18, 19, 26.
- Rodríguez, S.A. 2003. Forraje Verde Hidropónico. Diana. México, DF. 111 pp.
- Ruthner, T. 1998. En: FAO. Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico. Santiago Chile. Pág. 19, 20, 21.
- Ruthner, T. 2001. En: Arano, C R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Bs. Aires Argentina. 392 pp.
- Sánchez, 1997. En: FAO Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico. Santiago Chile. Pág. 14, 15, 16, 18.
- Sánchez, D. C. F y Escalante, R. E. 1988. Hidroponía. Principios y Métodos de Cultivo. 3ª. Edición. PATUCA. Pág.16-17, 110-114.
- Samperio, R. G. 1997. Hidroponía Básica. Diana. México, DF. 148 pp.

- Sholtó, D. J. 1976. Advanced guide to hydroponic. Draice publishers. Inc. N.Y. Great Britanic. Pág. 33.
- Sholtó, D. J. 1981. Hidroponía, como cultivar sin tierra: De. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 213 pp.
- Sprengel, C. C. 1998. En: Arano, C. R, Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág. 48.
- Steiner. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág. 46, 48.
- Woodward, J. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág. 46.
- Woodward y Sachs. 1998. En: Arano, C. R. Forraje Verde Hidropónico. Talleres Gráficos de Chivilcoy. Pcia. de Buenos Aires Argentina. Pág. 58.

<http://www.bitox.com>

<http://www.lamolina.edu.pe>