

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**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.**

TESIS

**Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener el Título de:**

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Por:

YANCI ANILÚ GUZMÁN ROBLERO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2006

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

**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 Lúz.**

TESIS

**Por:
Yanci Anilú Guzmán Roblero**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador,
como requisito parcial para obtener el título de:**

Ingeniero en Agrobiología

Aprobada por:

Dr. Manuel de la Rosa Ibarra M.C. Ma. Rosario Quezada Martín
Presidente del Jurado Asesor Externo

Dr. Javier Lozano del Río M.C. Juanita Flores Velásquez
Sinodal

Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2006

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, por ser mi confidente, por ser quien me acompaña y me guía y esta conmigo en los momentos de lucha y de logros, por ser testigo de los momentos mas felices y tristes de mi vida, por darme la oportunidad y la dicha de ser una profesionista, por tantas cosas papito, te estaré eternamente agradecida.

A mi “ALMA MATER” por haberme cobijado en su seno y permitirme ser uno más de sus hijos y haberme formado como profesionista, siempre llevare en alto tu nombre..

A la M.C Ma. Rosario Quezada Martín, por su amistad, confianza, dedicación, enseñanza y apoyo en la realización de este trabajo. Muchas gracias.

A la M.C Juanita Flores Velásquez por su disponibilidad, amistad brindada y apoyo en la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra, por su amistad, dedicación y apoyo en la realización de este trabajo. Gracias.

Al Dr. Javier Lozano del Río, por su amistad y dedicar parte de su tiempo en la elaboración de este trabajo. Muchas gracias.

A la Q.F.B Noemí Cantú González, por depositar en mi su confianza y amistad, y por ser un gran apoyo en la parte practica de este trabajo.

Al Sr. Gregorio por su amabilidad, amistad y apoyo en la parte practica de este trabajo.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por abrirme las puertas y permitirme realizar el presente trabajo de investigación dentro de sus instalaciones y por el apoyo brindado económicamente.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) del Estado de Coahuila, por la aprobación del presente trabajo dentro del proyecto “Desarrollo de tecnología para producción de forraje verde hidropónico en invernaderos climatizados a base de energía alternativa para diferentes regiones de Coahuila”, mediante el cual se me otorgó una beca tesis de Licenciatura la cual fue un gran apoyo y le estoy muy agradecida.

**A todos
¡Gracias de todo corazón!**

DEDICATORIAS

A mis padres:

**Sr. Isabel Guzmán Rivera.
Sra. Cristobalina Roblero Moreno**

Por regalarme la vida, por todo su amor, confianza, cariño, desvelos, consejos, paciencia, sacrificios y esfuerzos, que 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 agradecida toda la vida, que Diosito los bendiga...

A mis abuelitos:

**Sr. Damazo Guzmán Roblero.
Sra. Juana Rivera Bravo.**

**Sr. Sergio Roblero Bartolon (+).
Sra. Rubí Moreno Roblero.**

Con mucho amor y cariño por todo el amor, confianza, oraciones y bendiciones, por sus sabios consejos y su apoyo incondicional que me han brindado en todo momento. Que Dios los bendiga siempre.

A mis hermanos:

**Lic. Ligman Odonell Guzmán Roblero.
Christian Isabel Guzmán Roblero.**

Con mucho cariño y amor por ser parte de mi vida, por todos los momentos que hemos compartido juntos, por ser parte de mi hermosa familia, unida y con mucha armonía. A ti Ligman, por tu amor, por tus consejos y tu apoyo incondicional. A ti kichi por tu amor y venir a nuestras vidas, y para que este trabajo sirva como ejemplo y sea un motivo de superación para ti. ¡Yo se que tu puedes!

A mis tíos y padrinos:

Darinel R.,Guadalupe R.,Sergio R., Edilsar R.,Rigoberto R, Alma Delia S., Magdalena V., Dominga S., Leodi R., Ofelia L., Salome G.(+), Abel G., Luis G.,Onesima D, Amadeo G.,Timoteo G., Obdulio G., Aidaberta G., Marielena G. Por la confianza y el cariño que me tienen y por el apoyo brindado incondicionalmente.

A Aunner Maudiel Gonzáles Roblero, por su cariño, sus consejos, por luchar juntos, Por sus ganas de superarse, que Dios lo bendiga y lo llene de salud, para lograr sus metas.¡tu puedes!

A mis primos:

Sergio, Royman, Jonny, Oguer, Wilian, Denis, Roxana, Amparito, Berenice, Mareni, Greici, Yareni, Deisi, Alejandrito, Roni, Dorian, Darian, Alfredito, Alem, Ivan, Angel, Alexis, Nardi, Carlos, Jose Luis, Ronaldo, Paquito. Sin olvidar a todos mis demás primos por el cariño y darme la inspiración para superarme y para invitarlos a seguir adelante y a no ponerse barreras.

En especial para:

Erick Arroyo Ramírez, por su inmenso amor, comprensión y apoyo en todo momento, por traer la paz y la felicidad a mi vida.

A mis amigos:

Edi, Quique, Chemo, Carlos V, Mirna, y Lupita. Por escucharme, apoyarme y por estar conmigo en los momentos en que más los necesite, y por nuestra bonita amistad que será para siempre. Que dios los bendiga.

Al profesor y amigo:

Biol. Javier González Moreno, por su amistad, por sus ánimos, por su confianza y por sus sabios consejos que me impulsaron a llegar hasta donde estoy y a ser lo que ahora soy. Mil gracias y que dios derrame sus bendiciones sobre usted.

A Saltillo, Coahuila, por su gente tan bondadosa y por cobijar cinco años y medio de mi vida en este maravilloso estado. Dios los bendiga.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivo Particular.....	2
Hipótesis.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Hidroponía.....	3
Historia y Origen de la Hidroponía.....	4
Importancia de la hidroponía.....	6
Ventajas de la Hidroponía.....	7
Desventajas de la Hidroponía.....	10
Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	12
Importancia de la Lúz.....	13
Generalidades de la Malla Sombra.....	15
Historia.....	15
Características y cualidades de la malla sombra.....	15
Ventajas de la malla sombra.....	20
Forraje Verde Hidropónico.....	21
Nutrición Mineral e Hidroponía.....	22
Solución Nutritiva.....	23
Cosecha de Forraje Hidropónico.....	24
Fitosanidad del cultivo.....	24
Efecto de las Condiciones Ambientales Sobre la Producción de FVH.....	25
Consumo de Forraje Verde por los Animales.....	27
Calidad del forraje.....	29
Fisiología de la Producción de FVH.....	30
Características Principales del F V H.....	31
Alimentación de Animales con FVH.....	33

Características Nutricionales del FVH.....	34
Proceso de Producción de FVH.....	37
Selección de especies de granos utilizados en FVH.....	37
Selección de semilla.....	37
<i>Lavado y desinfección de la semilla.....</i>	37
Remojo y germinación de las semillas.....	38
Densidad de siembra.....	39
Siembra en las bandejas.....	40
Riego de las bandejas.....	40
Riego con solución nutritiva.....	41
Factores que Influyen en la Producción de FVH.....	41
Descripción Botánica de las Especies Utilizadas.....	45
Triticale.....	45
Características morfológicas.....	46
Usos del triticale.....	46
Clasificación taxonómica.....	47
Enfermedades.....	47
Trigo.....	48
Descripción botánica.....	49
Clasificación taxonómica.....	49
Enfermedades del trigo.....	49
MATERIALES Y METODOS.....	51
Localización Geográfica del Área de Estudio.....	51
Características del Sitio Experimental.....	51
Material Vegetal.....	51
Material de Campo Utilizado.....	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Comparativo de raciones forrajeros de diferentes tipo de forrajes	35
Cuadro 1.2 Contenido nutricional por cada kilogramo de FVH	36
Cuadro 2.1 Dosis de fertilización (tratamientos) aplicados en el riego de FVH de trigo y triticales	58
Cuadro 3.1 Comparación de medias de peso en relación gr de trigo por gramos de forraje, primer evaluación de densidad de siembra	64
Cuadro 3.2 Comparación de medias de peso en relación gr de trigo por gramos de forraje, segunda evaluación de densidad de siembra	65
Cuadro 3.3 Comparación de medias en altura de trigo de la primera y segunda evaluación de densidades de siembra	67
Cuadro 3.4 Comparación de medias de peso en relación gr de triticales por gramos de forraje, primer evaluación de densidad de siembra	69
Cuadro 3.5 Comparación de medias de peso en relación gr de triticales por gramos de forraje, segunda evaluación de densidad de siembra	70
Cuadro 3.6 Comparación de medias de peso en relación gr de triticales por gramos de forraje, segunda evaluación de densidad de siembra.	72
Cuadro 3.7 Comparación de medias de peso en triticales y relación gr de semilla por gr de forraje ,con dosis de fertilización	74
Cuadro 3.8 Comparación de medias de peso en trigo, en relación gr de semilla por gr de forraje, con dosis de fertilización	76
Cuadro 3.9 comparación de medias en altura del forraje, en trigo y	78

triticale con dosis de fertilización	
Cuadro 3.10 Comparación de dos especies (trigo y triticale) en relación al peso por charola	79
Cuadro 3.11 Comparación de medias en altura de trigo y triticale	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribución de las charolas en el invernadero con malla	59
Figura 2.2 Distribución de charolas en el invernadero sin malla	59
Figura 3.1 Radiación fotosintéticamente activa.....	82
Figura 3.2 Radiación total.....	82
Figura 3.3 Temperatura del ambiente y de la raíz.....	83
Figura 3.4 Radiación fotosintéticamente activa.....	84
Figura 3.5 Radiación total.....	84
Figura 3.6 Temperatura del ambiente y de la raíz.....	85
Figura 3.7 Radiación fotosintéticamente activa.....	86
Figura 3.8 Radiación total.....	86
Figura 3.9 Temperatura del ambiente y de la raíz.....	87
Figura 3.10 Radiación fotosintéticamente activa.....	88
Figura 3.11 Radiación total.....	88
Figura 3.12 Temperatura del ambiente y de la raíz.....	89
Figura 3.13 Radiación fotosintéticamente activa.....	90
Figura 3.14 Radiación total.....	90
Figura 3.15 Temperatura del ambiente y de la raíz.....	91

INTRODUCCIÓN

Los forrajes son el material vegetativo con el cual se alimenta el ganado, las especies de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en la familia de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas forrajeras incluyen a pastos y cereales forrajeros los cuales tienen la característica de producir alta calidad y cantidad de alimento en un corto periodo de tiempo, presentar un alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y un bajo contenido de fibras poco lignificadas (SEP 1991).

En las regiones áridas y semiáridas existen problemas de disponibilidad de forraje o se requiere forraje por las siguientes causas: las lluvias son muy escasas y el recurso agua es muy limitado para la producción de forraje, cuando los pastizales son pobres y no existen, cuando el precio de la tierra es muy alto, o cuando se requiere reducir el desgaste de los animales al moverlos de un potrero a otro. por lo cual hay periodos críticos de escasez de alimento, principalmente en las épocas de estío, lo que representa un grave problema para los productores tanto de leche como de carne ya que tienen que comprar alimentos a costos mayores o los animales tienen pérdida de peso por falta de alimento, esto es mas crítico para los productores rurales de leche y carne de bovinos y caprinos, por los pocos recursos económicos de que disponen para la compra de forraje para la alimentación de sus animales.

Los resultados finales de la etapa I del programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología del estado de Coahuila (2002) ubican a la ganadería caprina como la de mayor importancia socioeconómica para la entidad y la ganadería bovina de gran importancia económica, por lo cual la disponibilidad de forraje es de gran importancia para estas actividades. Una alternativa viable para obtener forraje verde con buen valor nutritivo es por medio de producción hidropónica, utilizando grano forrajero de rápido desarrollo como el maíz, trigo, sorgo, cebada, centeno, etc. Y con técnicas sencillas y económicas.

Estudios realizados por Arano (1998) y Rodríguez S.(2003) permiten concluir que se puede producir forraje verde hidropónico de maíz en el periodo de verano y trigo en el de invierno con buenos resultados en un lapso de 14 días, obteniendo 10 Kg. de forraje por Kg. de semilla utilizada, lo que representa una buena opción para producir forraje verde hidropónico en túneles sencillos con poco agua y en forma continua y en periodos de escasez de alimento, pudiendo utilizar también los túneles para producir hortalizas para alimento de las comunidad en el tiempo que este no este en producción de forraje.

Según el análisis de Sustentabilidad de las Cadenas Agroalimentarias de Coahuila (2002), la producción de forraje y principalmente de alfalfa se las considera altos consumidores de agua, sin embargo, es la actividad que realmente ha representado una opción agrícola al alcance de todos los productores, que deja ganancias gracias a la comercialización ya establecida por la demanda de la producción de leche y carne. Se debe además tener en cuenta que la leche es fuente de alimento de alta calidad para la niñez que en la actualidad sufre de desnutrición, y los forrajes son necesarios para la

producción. Por lo tanto, se debe hacer un esfuerzo mayor para hacer mas eficiente la explotación de esta actividad y transformarlas en alternativas eficientes y productivas. Investigadores de Simple Shed Pty Ltd (2003) mencionan que se necesitan de 80 a 90 litros de agua para producir un Kg. de pasto verde en el campo, además de mayor espacio y tiempo, mientras que producir 1 Kg. de forraje verde hidropónico consume de uno a dos litro de agua, menor espacio y tiempo.

En base a lo anterior deben implementar proyectos de producción de forraje en forma masiva mediante el huso adecuado del recurso agua, haciendo mas productiva la tierra y haciendo un huso mas eficiente del agua que se utiliza en el riego de la producción de forraje.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la densidad de siembra y dosis de fertilización para trigo y triticales bajo dos condiciones de luz.

OBJETIVO PARTICULAR

Determinar la densidad de siembra, que genere mayor productividad en trigo y triticales como forraje hidropónico

Determinar la dosis de fertilización que sea la adecuada para la densidad de siembra que genere más productividad en trigo y triticales como forraje hidropónico.

De las dos condiciones de luz, determinar cual es la mejor para el desarrollo del forraje

HIPÓTESIS

A mayor densidad de siembra, mayor productividad.

De las densidades de siembra por lo menos una dosis de fertilización favorecerá al desarrollo y crecimiento del Forraje Verde Hidropónico del trigo y triticales

REVISIÓN DE LITERATURA

Hidroponía

El termino hidroponía deriva de los vocablos griegos “hydro” o “hudor” que significa agua y “ponos” equivalente a trabajo, literalmente se traduce como “trabajo del agua” o “actividad del agua”. Se puede definir a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua en el que a diferencia de los cultivos tradicionales en suelo, se utiliza como sustrato un material inerte o simplemente agua (Sánchez y Escalante,1988).

Existen otros términos que se usan como sinónimos de la palabra hidroponía tales como: “cultivo sin suelo”, “nutricultura”, “quimiocultura”, “cultivos artificiales”, “agricultura sin suelo”, etc. En la actualidad el termino hidroponía es el mas extendido y se usa en varios idiomas.

1.

El concepto hidropónico utiliza actualmente tres niveles distintos de definición (Canovas,1993).

1. Cultivo hidropónico puro: Es aquel en el que mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta desarrolla sus raíces en medio liquido (agua con nutrientes) sin ningún tipo de sustrato sólido.
2. Cultivo hidropónico: se utiliza para referirnos al cultivo en agua. (acuicultura) o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos a través de los cuales se hace circular la disolución nutritiva.
3. Cultivo hidropónico en su concepción más amplia: Engloba todo el sistema del cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de usar el suelo.

Historia y Origen de la Hidroponía

El cultivo de las plantas sin suelo, se desarrollo a partir de experiencias llevadas a cabo para determinar las sustancias que hacían crecer las plantas. No obstante, las plantas fueron cultivadas fuera del suelo mucho más antes (los jardines colgantes de Babilonia, los jardines colgantes de los aztecas, en México y los de la China imperial).

Muchos trabajos encaminados a esclarecer aspectos relacionados con la nutrición mineral de los vegetales demostraron que las plantas podrían cultivarse en un medio inerte humedecido por una disolución acuosa que contuviese los minerales requeridos por las plantas. El siguiente paso fue eliminar completamente el medio y cultivar las plantas en la disolución que contenía dichos minerales, lo que fue conseguido por dos científicos alemanes,(Sanchs y Knop, 1860).

El interés sobre la aplicación practica de este cultivo en nutrientes no llegó hasta cerca de 1925, cuando la industria de los invernaderos demostró interés en su uso, debido a la necesidad de cambiar la tierra, con frecuencia para evitar los problemas de estructura, fertilidad y enfermedades.(Resh,1997).

Jan Van Helmont en 1660, creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrimentos del agua, Su experimento consistió en colocar una plantita de sauce de poco más de 2 kg de peso en un tubo que contenía aproximadamente 80 kg de suelo seco, el cual fue cubierto para evitar cualquier aporte externo de polvo, Por cinco años solo se le añadió agua de lluvia. Al final del experimento la planta aumento 54 kg. mientras que el suelo perdió 60 gr. De peso, lo cual Van Helmont considero insignificante (Sánchez y Escalante, 1988).

Woodward en 1699, constato que la adición de pequeñas cantidades de suelo a diferentes tipos de agua mejoraba el crecimiento de las plantas. El concluyo diciendo que es la tierra y no el agua la materia que constituye a los vegetales” (Sánchez y Escalante, 1988).

Hamel, en 1758, continuó con la idea del cultivo en agua poniendo a germinar semillas de diversas plantas entre dos esponjas húmedas, colocando las pequeñas plántulas en botellas llenas con agua filtrada en una solución de baja concentración, de modo que las raíces estuvieran dentro de la solución nutritiva, finalmente llegó a la conclusión de que las plantas no solamente tomaban agua, si no también otros elementos disueltos (Almanza, 1984).

De Sausure 1804 y Boussingault 1851-1856 mostraron que las plantas contienen bióxido de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. De Sausure trabajó mediante “cultivo en agua” y Boussingault mediante “cultivo en arena” y “cultivo en carbón” (Sánchez y Escalante, 1988).

En 1938 la hidroponía entró en el campo de la horticultura, después de la segunda guerra mundial, el desarrollo de la hidroponía se incrementó tanto a nivel comercial, como en programas de investigación. Recientemente, la mayoría de los investigadores trabajan principalmente en dos aspectos: primero, buscar sistemas hidropónicos más baratos y fáciles de manejar por la gente no preparada en fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos, y segundo, en estudios que abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal. (Huterwal, 1983)

En México hace algunos siglos nuestros antepasados ya utilizaban esta técnica para conseguir sus alimentos con el uso de las “chinampas”, parecidas a las actuales de xochimilco en el lago que rodeaba Tenochtitlan. La chinampa prácticamente era una balsa sobre el lago, en la que sembraban todo tipo de plantas alimenticias, cuyas raíces se sumergían en las aguas para adquirir los nutrimentos requeridos. (Huterwal, 1983).

El cultivo hidropónico a beneficiado la mejor obtención de las plantas forrajeras. De aquí que con esta técnica aplicada ingeniosamente en Bélgica se obtiene en toda estación forraje fresco ya que debido a las condiciones climáticas que imperan en dicha región no permitirían la producción intensivamente (Huterwal, 1983)

Importancia de la Hidroponía

La importancia se basa en flexibilidad del sistema, es decir, la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo distintas condiciones “ ecológicas, económicas y sociales” (Sánchez y Escalante, 1988).

La hidroponía es una técnica de producción de cultivos sin suelo, que ha tenido importancia a través de los años como una alternativa de producción, en la agricultura moderna a nivel mundial y también en México. Sus estructuras y métodos han sufrido cambios muy importantes desde la aparición de los plásticos. Los países desarrollados ven en ella una alternativa económica para automatizar y programar su agricultura intensiva.

Actualmente se emplea con mucha frecuencia en los países en vías de desarrollo, por lo que la hidroponía se puede ofrecer como una opción para:

- Producir cultivos de alto valor económico, en localidades con limitantes de suelo o agua.
- Aumentar la generación de divisas a través de la exportación de cultivos de alto valor producidos en mas cantidad y calidad.
- Propiciar una mayor ocupación de mano de obra no calificada en el campo.
- Mejorar los ingresos de las familias campesinas de escasos recursos.

(Sánchez y Escalante, 1988).

Ventajas de la Hidroponía

Sánchez y Escalante 1988, mencionan que la hidroponía considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un numero de ventajas desde el punto de vista técnico como del económico, con respecto a otros sistemas del mismo genero, pero bajo cultivo en suelo; entre los que mas sobresalen se pueden mencionar las siguientes:

Humedad uniforme

Bajo un sistema hidropónico la humedad del sustrato puede ser siempre uniforme y controlada. En el suelo la falta o exceso de humedad dependen de otros factores.

Excelente drenaje.

Esta característica sumada a que los materiales usados como sustrato generalmente no se desintegran fácilmente, da como resultado una excelente aireación para las raíces.

Permite una mayor densidad de población

Ya que los nutrientes no son limitantes, las plantas cultivadas en hidroponía pueden plantarse mas cerca (entre un 10 y 30%) que sus similares en suelo.

Se pueden corregir fácil y rápidamente la diferencia o el exceso de un nutriente.

En el suelo, corregir una diferencia nutricional o el efecto tóxico de ion es un proceso de meses o años, mientras que en un sistema hidropónico, es cuestión de unos cuantos días.

No depende tanto de los fenómenos meteorológicos.

Normalmente los cultivos en hidroponía se protegen contra vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, sequías etc.

Mayores rendimientos por unidad de superficie.

Mayor calidad del producto

El eficiente control de aireación, temperaturas, nutrición, humedad, etc. Permite que los productos del sistema sean más uniformes en tamaño, peso, color, etc. Y además de alta calidad en comercio, que los productos de cultivo en suelo.

Mayor precocidad en los cultivos

En cultivos hidropónicos anuales se ha encontrado que, aun al aire libre maduran, dependiendo de la especie, 10 a 60 días antes que sus similares bajo condiciones de suelo.

Posibilidad de varias cosechas al año.

Esto implica un clima en donde el cultivo pueda crecer durante todo el año o bien el uso de invernaderos, que solo los altos rendimientos de algunos cultivos y el hecho de producir cosechas fuera de estación, pueden pegarlos.

Uniformidad en los cultivos

En hidroponía la situación normal es que todas las plantas sembradas floreen y maduren a un mismo tiempo, esto tiene importancia en la programación de la cosecha y la venta del producto.

Se requiere mucho menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento del suelo.

Este hecho es importante desde el punto de vista económico por requerir menor cantidad de terreno para trabajar con hidroponía, también es importante desde el punto de vista ecológico.

Gran ahorro en el consumo de agua.

En hidroponía generalmente se recicla el agua y se riega por métodos de subirrigación en lechos impermeables. De esta manera, casi todo el gasto del agua es debido a la transpiración, se requiere mucho menos agua para lograr rendimientos iguales. Se considera un gasto aproximado de 20 veces menos agua con un sistema hidropónico.

Reducción de los costos de producción.

Debido a menos gastos de fertilizantes, insecticidas, funguicidas, etc. Ya que no existen labores de preparación de suelo, se ahorra tiempo y dinero.

Mayor limpieza e higiene

Mediante el cultivo hidropónico se elimina el riesgo de contraer enfermedades infecciosas. El hecho de poder garantizar algunas hortalizas como libres de organismos infecciosos les permite alcanzar precios más altos en el mercado.

Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión

Ya que esta técnica no requiere de suelo.

Casi no hay gasto en maquinaria agrícola, ya que no se requiere del tractor, arado a otros implementos semejantes.

La recuperación de lo invertido es rápida.

Lo que depende del cultivo y el tipo de sistema empleado (Sánchez y Escalante, 1988).

Desventajas de la Hidroponía

La hidroponía presenta múltiples ventajas sobre los sistemas de cultivo en suelo, es lógico que surja la pregunta ¿por qué siendo tan ventajosa no ha alcanzado una popularidad más amplia? Las siguientes son algunas desventajas que presenta el sistema:

Requiere para su manejo a escala comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica, así como de agronomía.

A gran escala la hidroponía tiene márgenes estrechos de seguridad para alcanzar el éxito, es peligroso ignorar este hecho. Se requiere de cierta destreza técnica, conocimiento hortícola y control científico, por lo que, si alguien intenta trabajar a este nivel deberá proveerse de un asesor que posea estas cualidades o bien adquirir experiencia.

En el ámbito comercial el gasto inicial es relativamente alto.

En efecto el costo para establecer un sistema de cultivo hidropónico a nivel comercial es alto, ya que por lo general se tienen que construir camas y depósitos de concreto u otro material perdurable, comprar el material o usar como: sustrato, bombas, tuberías y en donde el clima no es favorable invernaderos.

Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.

Como en cualquier método de cultivo el desconocimiento de la planta y de su manejo es uno de los principales factores que ocasiona fracasos o pocos rendimientos.

Se requiere cuidado con los detalles.

Muchos de los fracasos en hidroponía a nivel comercial se han debido a descuidos de algunos detalles, como el de no mezclar correctamente la solución nutritiva, usar tubería o depósitos galvanizados, lo que ocasiona toxicidad por zinc, darle demasiada o muy poca pendiente a las camas provocando asfixia en las raíces, no usar las cantidades adecuadas de micronutrientes, no analizar el agua utilizada para preparar la solución, etc.

Requiere un abastecimiento continuo de agua.

Esta situación limita hasta cierto punto al cultivo hidropónico, pero es necesario resaltar que limita mucho más la agricultura de riego ya que en esta última se necesita más agua que la indispensable para mantener a un sistema hidropónico de las mismas dimensiones.

No existe una difusión amplia de lo que es la hidroponía (Sánchez y Escalante, 1988).

Producción de Forraje Verde Hidropónico

Sombreado

El sombreado es la técnica de refrigeración más usada en la práctica. La reducción de temperatura se basa en cortar más de lo conveniente el porcentaje de radiación fotoactiva, mientras que el infrarrojo corto llega en exceso a los cultivos. Se pueden dividir los distintos sistemas de sombreado en dos grupos: (www.infoagro.com).

- **Sistemas estáticos.** Son aquellos que una vez instalados somborean al invernadero de una manera constante, sin

posibilidad de regulación o control: encalado y mallas de sombreo.

- Sistemas dinámicos. Son aquellos que permiten el control más o menos perfecto de la radiación solar en función de las necesidades climáticas del invernadero: cortinas móviles y riego de la cubierta.

Utilizando mallas de sombreo (dependiendo del tipo de malla) la temperatura en el interior de la instalación puede reducirse al mismo nivel que la temperatura exterior si el sistema de ventilación entre la instalación y el ambiente es bueno. Combinando sistemas de refrigeración (e.g.. acolchados húmedos, aspersores) con mallas de sombreo. La temperatura del aire en el interior de la instalación debe ser mas baja que la temperatura exterior a la sombra (www.infoagro.com).

La malla interior absorbe la radiación solar y la convierte en calor dentro del invernadero, que debe evacuarse por ventilación. Sin embargo, la malla exterior se calienta con la radiación, pero se refrigera con el aire exterior del invernadero. En ensayos realizados se ha comprobado como en invernaderos sin sombreo se alcanzaban temperaturas medias máximas de 46,6° C. Al colocar la malla de sombreo negra por el exterior se conseguía reducir la temperatura a los 40,8° C, pero si se ponía en el interior ésta se incrementaba hasta los 50,5° C (www.infoagro.com).

El color de la malla es importante. La de color negro es la de mayor duración pero bajo el punto de vista climático no es la mejor. Por ello se recomienda que no sean de color, puesto que cualquier material coloreado corta un porcentaje mayor del espectro visible (www.infoagro.com).

Importancia de la Lúz

La fotosíntesis es la absorción de la energía lumínica proveniente del sol y su conversión en potencial químico estable, para la síntesis de compuestos orgánicos, lo anterior puede considerarse como un proceso de tres fases:

- a) Absorción de la luz y retención de energía lumínica.
- b) Conversión de energía lumínica en potencial químico
- c) Estabilización y almacenaje del potencial químico.

La fotosíntesis es importante por varias razones. Desde el punto de vista humano, su mayor importancia es el papel que desempeña en la producción de alimentos y oxígeno, por lo cual se estudia a menudo en función de sus productos finales pero la principal virtud del proceso de fotosíntesis es la capacidad de atrapar la energía proveniente de la radiación del sol y transformada en energía química, mediante una serie de complejas reacciones (Liva, 1994).

Factores ambientales que afectan la actividad fotosintética.

- Calidad de la luz (longitud de onda)
- Intensidad de la luz (brillantez)
- Duración de la luz (fotoperiodo)
- Temperatura.
- Concentración de CO₂
- Disponibilidad de agua

La fotosíntesis ocurre en estructuras especiales u organelos llamados cloroplastos, ubicados en las hojas y tallos verdes, contienen pigmentos capaces de interceptar la luz y convertir la energía electromagnética en energía química, necesaria para realizar el proceso fotosintético (Liva, 1994).

Cuando esos pigmentos, llamados clorofila A, clorofila B y algunos carotenoides, son irradiados con luz que contiene todas las longitudes de onda de luz visibles, absorben la mayor parte de las porciones rojo y azul del espectro y reflejan la porción verde (por esto el ojo humano las percibe en color verde) (Liva, 1994).

La luz al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadena una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir del bióxido de carbono y el agua, se forman diversos tipos de azúcares, que son la resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales (Manuel,1993).

La fotosíntesis se realiza en los rangos del espectro del azul-naranja-rojo (entre 4,000 y 7,000 Ångstrom); el fototropismo se ve influenciado por las radiaciones violeta-azul-verde (4,000 a 4,900 Ångstrom), la inhibición de la semilla ocurre, en el rojo e infrarrojo corto del espectro (6,600 a 800 Ångstrom), la germinación de la semilla se incrementa entre (5,400 y 6,800 Ångstrom) (Serrano,1979).

Generalidades de la Malla Sombra

Historia

El uso de las mallas tuvo su origen en Inglaterra pasando a América posteriormente, teniendo en México pocos años de ser utilizadas. Fueron desarrollados con la finalidad de evitar el deterioro de los cultivos hortícolas y particularmente el de la fruta para la incidencia de granizada (Díaz, 1984).

Características y cualidades de la malla sombra

El carbono es la base química de todos los plásticos. La malla-sombra y otras cubiertas utilizadas en la agricultura están hechos de materiales plásticos, pero muchas de ellas son diferentes en cuanto a sus propiedades, comportamiento y costo (Díaz, 1984).

Plásticos con buena transmisión de luz, termicidad, color, brillo, reflexión de luz, propiedades mecánicas y el coeficiente global de transmisión calorífica, son características deseadas para una mayor y mas precoz producción (Papaseit, 1997).

Las mallas de sombreo, utilizadas en la agricultura, se designaron para permitir un mejor control de los niveles de irradiación de acuerdo a requisitos específicos de diversas plantas en las distintas fases de desarrollo, y distintas estaciones en diferentes regiones climáticas.

Las mallas tienen diversos usos, así se utilizan para:

Sombreado, rompevientos, antigranizo, antiafidos, polinización, protección y forzado, recolección de frutos, entutorado de flores, soporte para vegetales, antipajaros, cubierta de piso antimaleza, secado de frutas, protección de plantas, refuerzo de césped y escudo térmico. . (www.tenax.com).

Estas características son para los productos utilizados en todo tipo de necesidades en la agricultura, tales como incrementar rendimientos, cosechas anticipadas, esto se ha logrado gracias a continuos intercambios de experiencias y agricultores y horticultores, investigación en campo, experiencia, gran apoyo y colaboración con instituciones de investigación (www.tenax.com).

La aplicación de la malla en la agricultura se basa en la disminución de la radiación que llega al cultivo. Teniendo en cuenta que la productividad esta íntimamente relacionada con la cantidad de luz que llega al cultivo, cabe

pensar que una pequeña reducción de la luz solar disponible causa una disminución de la producción.(Papaseit, 1997).

Las malla sombra fabricadas en México, son de polietileno generalmente, reciben un tratamiento especial con un material conocido como “negro de humo” que da cualidades benéficas como lo es mayor resistencia a la tensión, formación de enlaces dobles en la estructura química, protección contra luz ultravioleta (estabilizador y elasticidad), mientras que en otros como Inglaterra de utiliza el propileno (Ibarra, 1989).

Gracias a la mas avanzada estandarización en los sistemas de producción, los cuales son certificados por las mas recientes normas Europeas y constantes pruebas de laboratorio, las mallas-sombra existentes en el mercado pueden ofrecer seguridad completa en el mercado pueden ofrecer seguridad completa en el nivel de calidad de los productos como son:

1. Resistencia a la ruptura

Esta depende del tipo de material plástico empleado y del estirado de las fibras en la fabricación y se reporta en kg/cm^2 .

2. Garantía UV.

Es muy variable según la duración y época del año, la energía radiante y la protección a la radiación UV incorporada a los filamentos, la mayoría de las mallas se consideran con una duración de cuatro a ocho años.

3. Materia prima

La mayoría son mallas tejidas con polietileno de alta intensidad.

4. Dimensiones

La malla-sombra puede ser de cualquier longitud (hasta 200 a 400m y de 4,6,8 o 10 m de anchura; con un tamaño del orificio de 0.27 X 0.78 mm hasta de 4X9 mm.

5. Duración

Dependerá del peso de los siguientes factores.

- Grosor o peso

Debe ser tal, que resista los fenómenos físicos pero al mismo tiempo que le de un peso adecuado para poder ser sostenida fácilmente por la estructura metálica que va desde 40-90 g/m².

- Tipo y clase de polímero

Generalmente de polietileno y propileno

- Tiempo de exposición

Es necesario que no permanezcan colocadas mas tiempo de lo necesario.

- Radiación ultravioleta

Provoca una degradación química en la estructura de la malla-sombra si no esta estabilizada adecuadamente.

- Oxigeno y humedad

Provoca la oxidación del polímero.

- Temperatura

Los cambios de esta modifican la rigidez del material. (www.tenax.com).

El grado de sombreado de la malla se escoge de forma que el mediodía las plantas reciban una cantidad de radiación cercana a su punto de saturación lumínica. Por lo tanto, es preciso conocer la curva de saturación de la especie y el régimen térmico del invernadero, puesto que la respuesta fotosintética varía con la temperatura.

Siempre que sea posible, deben situarse las mallas de sombreado en el exterior, aunque así se limita la vida útil de la red y se complica la instalación, la reducción de temperatura es más adecuada (Mallana y Montero, 2001).

La malla interior absorbe la radiación solar y la convierte en calor dentro del invernadero calor que debe ser evacuado por ventilación. Por el contrario, la malla exterior se calienta con la radiación, pero se refrigera con el aire exterior del invernadero, se debe tener en cuenta que a menudo, se provoca una disminución de los intercambios de aire entre la zona de vegetación y el medio exterior, el sombreado y la ventilación tienen que ir asociados (Mallana y Montero, 2001).

Otro asunto importante es el color de la malla, de color negro es la de mayor duración y por eso suele ser más utilizada, sin embargo bajo el punto de vista climático no es la mejor.

En relación con el uso de las mallas es preciso tener en cuenta los siguientes puntos.

- El porcentaje de sombreado mencionado en los prospectos comerciales, rara vez corresponde con las determinaciones de laboratorio.
- Todos los materiales son menos transparentes a la radiación difusa que a la radiación solar directa.

- La intensidad del color de la pantalla no tiene una relación directa con el porcentaje de sombreo.

El ojo humano es mal medidor de las propiedades ópticas de las mallas.

El uso de mallas de sombreo fijas tienen un claro inconveniente; durante las primeras horas del día y las últimas de la tarde, así como durante días nublados, el sombreo es excesivo y la fotosíntesis neta queda reducida, pues la radiación en el invernadero queda por debajo del punto de saturación (Mallana y Montero, 2001).

Ventajas de la malla sombra

- Para sombrear cultivos de plantas hortícolas, ornamentales de forraje y plantas de interior.
- Elimina el estrés de la planta y economiza el uso del agua.
- Mantiene el clima ideal para mejores productos de cultivo.
- Incrementa y uniformiza la luminosidad a cada tipo de cultivo para una respuesta máxima.
- Fácil de manejar, instalar, peso ligero y de larga duración.
- Ahorra energía calorífica en invernadero, túneles y a campo abierto, efectiva en la preservación de calor durante el verano.
- Reduce los cambios de temperatura.
- Mayor y mejor producción por superficie de cultivo
- Deja filtrar el agua.
- Mantiene la temperatura interior baja durante el día y mas calidad por la noche (cuando la temperatura exterior es de -1°C , la temperatura debajo de la malla sombra es de 1°C)
- Actúa como repelente a insectos, protección contra el viento.
- En zonas cálidas para proteger las hortalizas contra la insolación y regular el tiempo de maduración.

Forraje Verde Hidropónico (FVH)

El FVH es el resultado de la germinación de los granos de cebada, maíz, sorgo, avena, trigo; en condiciones óptimas de temperatura, iluminación y riego. El embrión de la futura planta a partir de un almacén de energía en forma de hidratos de carbono o lípidos es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía lumínica (fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. En este estado, la plántula se encuentra en un crecimiento acelerado, con muy poca fibra y alto contenido de proteína en su composición, esta última se encuentra en estado de formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son más fácilmente aprovechables por los animales que la consumen. El FVH, es por tanto un producto de especiales características alimenticias. (Valdivia, 1997).

Sánchez (2001), menciona que el forraje verde hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas a partir de semillas viables. El FVH es un pienso o forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal

COLJAP (1997) menciona que el FVH es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa) que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Se utilizan técnicas de hidroponía sin ningún sustrato. El grano germinado alcanza una altura promedio de 25 cm; el animal consume la parte aérea formada por el tallo y las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz. Con el FVH podemos alimentar ganado vacuno, porcino, caprino y equino, conejos y una gran cantidad de animales domésticos, con excelentes resultados.

Las unidades hidropónicas para el cultivo de FVH pueden producir a lo largo de todo el año en el sitio de consumo, no siendo necesario ni el almacenamiento, ni el ensilado, ya que la hierba fresca se produce diariamente, el cual puede

crecer en un área muy pequeña, en comparación con los campos destinados para la alimentación animal. Los gastos en insecticidas, fertilizantes, maquinaria para el cultivo, así como todas las labores necesarias en los cultivos al aire libre de forrajes, pueden calcularse que son 10 veces mayores que los normales en el cultivo de FVH (Arano, 1998).

Nutrición mineral e hidroponía

El punto más importante para un buen manejo hidropónico es la nutrición de la planta. La nutrición mineral ha tenido un impacto importante en el desarrollo de la agricultura moderna y ha sido y sigue siendo una herramienta necesaria para comprender la fisiología de las plantas. En la agricultura, los altos rendimientos están asociados a una adecuada fertilización, ya sea química u orgánica (Rodríguez, et al.2001).

Para evitar la aparición de desordenes fisiológicos en las plantas, los nutrientes deben ser repuestos en la solución nutritiva a través de sales o fertilizantes. Los fertilizantes que proveen nutrientes en las formas inorgánicas se llaman fertilizantes químicos; aquellos que provienen de residuos de plantas y animales se llaman fertilizantes orgánicos, en ambos casos las plantas absorben los nutrientes como iones orgánicos(Rodríguez, et al.2001).

La composición de una solución nutritiva es la base para producir cualquier cultivo hidropónico. La solución nutritiva en un sistema es la base para producir cualquier cultivo hidropónico. La solución nutritiva en un sistema hidropónico tiene dos aspectos importantes: 1) la concentración de los elementos minerales en el agua y en la solución nutritiva y 2) el balance de los elementos minerales en la solución nutritiva (Rodríguez, et al.2001).

La solución nutritiva

Es bien sabido que todas las plantas se alimentan de los mismos elementos; en el FVH la solución nutritiva no es tan importante como en otros cultivos puesto que la planta no llegara a sus etapas productivas, que son las mas demandantes de nutrientes; sin embargo, para una buena conversión de semilla a pasto, la planta desde el momento que toma el color verde, necesita de minerales para completar sus procesos metabólicos. Los macroelementos que necesita son: nitrógeno, potasio, carbono y fósforo, y los micro elementos: calcio, magnesio, manganeso, azufre, cloro, sodio, hierro, boro, cobre, zinc, molibdeno, silicio, níquel y cobalto (Rodríguez, 2003).

El pH (potencial de hidrógeno) es muy importante en la asimilación de los nutrientes, por lo que es necesario comprobarlo, si mide en los tanques de solución mediante un pH metro o a través de tiras, y se encuentra que un pH optimo oscila entre el 6.5 y el 7.5. se puede regular adicionando ácido fosforico a la solución ya mezclada y diluida. Cuando es alcalina (mas de 7.5), o cal agrícola cuando es ácida (menos de 6.5) (Rodríguez, 2003).

Existen en el mercado productos comerciales fabricados expresamente para cultivos hidropónicos; estos productos se deben utilizar a la cantidad recomendada.

En este tipo de cultivo la nutrición se hace sobre las hojas y una concentración mayor sobre estas provocaría que perdieran humedad y que una gran cantidad de sales dañara al cultivo. Por lo tanto, la proporción ideal es de medio gramo de sales nutritiva por litro de agua (Rodríguez, 2003)

Cosecha de forraje hidropónico

Esta es la culminación del proceso, una vez que las plántulas han alcanzado una altura de 14 a 18 cm. Se habrá formado una alfombra de pasto verde con un colchón radicular blanco y consistente, esta alfombra se desprende y está listo para dárselo al animal; cuando se trata de ganado bovino (vacas, terneras, bueyes etc), de preferencia se da picado y revuelto con los demás ingredientes de la dieta; a las cabras, ovejas y especies menores se les puede dar completo (Rodríguez, 2003).

Existe una estrecha relación entre el tamaño y el porcentaje de proteína que contiene este alimento; la cebada alcanza su punto óptimo a los 16 centímetros de altura y precisamente a esa altura está el contenido mayor de proteína. De acuerdo con el estadio del animal (destete, vacas secas, productoras de leche, gestación, etc) o lo que se pretenda obtener de él (carne, leche), se verá que el tamaño es el más adecuado en relación a la proteína y a la cantidad de alimento que necesita (Rodríguez, 2003).

Cada planta y variedad conserva una relación diferente entre el tamaño y el porcentaje de proteína. De acuerdo con el tipo de semilla que se decida utilizar, habrán de hacerse los análisis respectivos para configurar la manera más adecuada de la dieta del ganado. Este trabajo se reflejará en un menor costo en la alimentación y dará como ventaja una mejor calidad en esta (Rodríguez, 2003).

Fitosanidad del cultivo.

Según Rodríguez (2003) la sanidad en cualquier cultivo, puede ser la diferencia entre el éxito y el fracaso. Aun cuando el cultivo de forraje verde hidropónico, por el corto tiempo de producción no es tan susceptible al ataque de plagas, se debe tener precauciones para evitar problemas de putrefacción:

1. Es preciso mantener limpia el área de trabajo y evitar encharcamiento y derrames de agua,

2. se recomienda encalar las paredes y poner barreras de cal en los límites del invernadero, con el fin de evitar la intrusión de plagas rastreras. Esto último se logra con una mezcla de agua con cal (quedando como una especie de pintura).
3. antes de sembrar es recomendable asperjar los contenedores con productos comerciales hechos a base de oxiclورو de cobre y azufre elemental, en porciones de un gramo / litro de agua, o con agua y cal a razón de 5 gramos / litro de agua. Esto atacará las esporas que circunden en el área de trabajo.
4. si el cultivo fuese atacado por algún hongo (manchas concéntricas de color verde, azul o blancuzcas en el área radicular) se puede aplicar la solución de oxiclورو de cobre y azufre elemental en proporción de un mililitro / litro de agua. Esta práctica puede hacerse también de manera preventiva, puesto que el azufre y el cobalto son indispensables para el desarrollo del cultivo así se llevarían a cabo dos funciones:
 - reducir el riesgo de infecciones patógenas de origen bacteriano o fungoso.
 - Proporcionar a la planta refuerzos alimenticios adicionales de estos 2 elementos

Efecto de las Condiciones Ambientales Sobre la Producción de FVH.

Son pocas las enfermedades que presenta la producción de forraje verde hidropónico. Las más comunes están relacionadas con las condiciones de temperatura, luz y humedad, pero también tiene que preverse que la semilla no debe presentar algodoncillo, manchas o carboncillo (manchas negras) (Rodríguez 2003)

De acuerdo a Rodríguez (2003) las condiciones ambientales pueden provocar diferentes respuestas como las que continuación se mencionan:

Exceso de temperatura

El forraje pierde su consistencia eréctil, muestra síntomas de marchitamiento y detiene su crecimiento; sus hojas se vuelven opacas y débiles. En la fase de germinación, un exceso de temperatura provocara que el almidón del albumen se hidrolice (encapsulamiento de los carbohidratos) y no estarán disponibles para alimentar al embrión.

Déficit de temperatura

Según la temperatura es su desarrollo: si se presenta déficit de temperatura en la fase de germinación, la semilla puede morir; si después de siete días a bajas temperaturas la semilla no germina, no lo hará nunca.

Exceso de luminosidad

El forraje presenta un color verde intenso (verde botella) y un apacharramiento, posteriormente empezará a perder proteína sin haber alcanzado su altura óptima.

Déficit de luminosidad

El forraje presentara un color verde claro, llegando al amarillo; sus tallos se elongarán haciéndose mas altos, pero no se lograra el peso de conversión. Tendremos pastos muy altos pobres en proteína y de bajo peso.

Exceso de humedad.

En la fase de germinación, el exceso de humedad provocará que gran parte de la semilla no pueda respirar y muera, posteriormente este material muerto empezará a pudrirse.

Cuando la planta está en crecimiento, un exceso de humedad provocara la asfixia de algunas raíces. Una vez muerta estas, serán un foco de infección de hongos.

Déficit de humedad

En cualquiera de las fases de crecimiento ,la falta de húmedad hará que se dessequen las células; es difícil que después de un estrés hídrico en cualquiera de las fases de crecimiento del cultivo la planta se recupere.

En este tipo de cultivo no se debe usar ningún insecticida o funguicida sistémico ni de contacto para el control de plagas , ya que la residualidad afecta al animal. De cualquier forma si llegara a presentarse una plaga no estaría todo perdido: Cualesquiera que sean las condiciones del cultivo se le puede dar como alimento al animal.

Consumo de Forraje Verde Por los Animales

La deficiencia de minerales se manifiesta por signos externos, como la falta de apetito, disminución del crecimiento o producción de leche, diarreas, apetito desmedido, anormalidades en el pelaje o síntomas característicos de cada elemento en particular (Rodríguez 2003).

Existen tres variables en la ingesta de hierba por parte del animal.

1. Capacidad del tracto digestivo para acomodar mas alimento (capacidad volumétrica).
2. La duración de la digestión
3. el porcentaje de los productos de la digestión que son absorbidos y el porcentaje de los residuos sin digerir que pasan por el tracto.

Un incremento en la digestibilidad de forrajes verdes resulta en una ventaja doble, en primer termino da un incremento en la concentración de los nutrimentos de la dieta y al mismo tiempo un aumento en la cantidad consumida.

Proporcionar a nuestro animal un forraje verde, trae consigo las siguientes ventajas: (Rodríguez 2003)

- Es un alimento de alta digestibilidad

- Contiene las dosis de vitaminas, enzimas, coenzimas y aminoácidos libres de calidad.
- Es un alimento con altos porcentajes de proteínas
- Las trazas de sales minerales que contiene le servirán de complemento de los mismos

La única y probable desventaja es la gran cantidad de humedad que se encuentra en los forrajes verdes, que puede disminuir el porcentaje de materia seca que debe consumir el animal. Por eso es recomendable también darle una parte de forraje seco, una combinación de ambos hará una sinergia para el mejor aprovechamiento de nutrientes de ambos tipos de forrajes. Por lo regular, el proceso digestivo de los forrajes secos (rastrajo, acicalados, etc.) es un proceso lento, ya que la celulosa, la hemicelulosa y la lignina se degradan difícilmente. Con un porcentaje de forraje verde, esta degradación se lleva a cabo más eficientemente aprovechando mayor cantidad de los sacáridos que se desdoblaron de los anteriores (Rodríguez 2003)

Calidad del Forraje

En cuanto a la calidad del forraje verde hidropónico, este contiene todas las vitaminas libres y solubles, lo que las hace más asimilables para los animales, y evita el gasto de suplementos alimenticios que se proporcionan 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), los restos de las semillas y la zona radicular, todo lo cual constituye un alimento completo en carbohidratos, azúcares, proteínas; además cabe mencionar que su aspecto, sabor, color, textura (características organolépticas) le dan una gran palatabilidad al tiempo que aumentan la asimilación de otros alimentos, mejorando el metabolismo del animal. Con el consumo de FVH la insalivación es mucho más fácil puesto que la humedad del pasto facilita la masticación al animal, con lo que aumenta la

digestibilidad y la asimilación de minerales que quedan como trazas en el colchón radicular.

Asimismo, el FVH sirve de suero electrolítico, lo que evita la deshidratación del animal, haciéndolo mas productivo (Rodriguez,2003)

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 por ciento. Al propio tiempo este alimento ha aumentado la fertilidad, disminuido la incidencia de mastitis y ha reducido el índice de abortos; pero sobre todo, ha bajado considerablemente el costo de alimentación por cabeza. (Rodríguez, 2003)

Fisiología de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

En el proceso de germinación se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas. La germinación es la reanudación del estado de latencia al crecimiento del embrión. Dicho proceso termina cuando; a) aparece la radícula, b) la parte aérea (hojas) se torna verde y c) la plántula es autosuficiente, es decir, comienza con sus procesos fotosintéticos, y a través de la raíz sintetiza los mismos minerales con total autonomía (Rodríguez, 2003).

Absorción de humedad o imbibición

Aquí se inicia la actividad vital de la semilla, se reanuda el metabolismo que se encontraba en estado de latencia y los carbohidratos se hidratan. La respiración de la semilla seca y durmiente es muy lenta y en algunos casos, cuando ha perdido gran parte de su humedad es nula, conforme la semilla esta

cada vez mas seca, la viabilidad de germinación (menos del 12% de humedad) es afectada en gran medida. El humedecimiento de la semilla hace que la respiración aumente considerablemente. Cuando la germinación esta en marcha, el índice respiratorio se ha elevado cientos de veces (es importante restringir la humedad ambiental en los almacenes de semillas, ya que con una humedad relativa de mas de 30% se inicia la actividad enzimatica) (Rodríguez, 2003).

Movilización de nutrientes

Una vez que la semilla se ha humedecido por un tiempo determinado se hincha y las enzimas empiezan a funcionar, el almidón es digerido y se transforma en azucares y los lípidos y las proteínas se transforman en aminoácidos.

La disponibilidad de estas sustancias permite la liberación de energía y comienza entonces el intercambio gaseoso. Así es como los nutrientes están disponibles para que el embrión comience su desarrollo (Rodríguez 2003).

Crecimiento y diferenciación del tejido

A consecuencia de la actividad enzimatica, con el alimento y la energía disponibles se inicia el alargamiento y la multiplicación celular, la capa seminal o tegumento se rompe y empieza a emerger la radícula. Poco después se produce la raíz primaria, que a su vez se llenara de pelos radicales que posteriormente serán las raíces secundarias, enseguida se da la diferenciación de tejido y emerge la plúmula que origina un tallo y las primeras hojas, mismas que al principio tendrán un color verde amarillento para luego, tomar su color definitivo según su capacidad fotosintética. En esta etapa, la planta ya puede obtener sus alimentos del exterior (Rodríguez, 2003)

Características Principales del Forraje Verde Hidropónico

Valdivia (1996), cita las siguientes características sobresalientes que se obtienen en la producción de FVH:

- Esta vivo

A diferencia de cualquier forraje no consumido directamente del campo, este es un producto que llega a la boca del animal, vivo, en pleno crecimiento, conservando todas sus vitaminas y enzimas digestivas, que tan valiosa son para el ganado.

- Es completo y compuesto

Es un forraje distinto a los demás, porque el animal consume la parte aérea, primeras hojas verdes, restos de semilla con el algodón movilizado y la zona radicular rica en azúcares y proteínas.

- Es natural

Para su producción solo se aprovecha el poder germinativo de la semilla, no existiendo ningún proceso ni manipulación artificial en su desarrollo. No se usan funguicidas, ni insecticidas. A diferencia de otros forrajes, el FVH procede de la germinación natural y formación de una plántula que el animal come por entero; los mismos factores que producen el rápido crecimiento de la planta se transmiten en una correcta asimilación en el proceso metabólico del animal.

- Es apetecible

Su aspecto: Color, sabor y textura, atraen al animal que reencuentra en el forraje verde un alimento conocido genéticamente por él.

- Es económico

Definitivamente es la proteína mas barata; siendo además completamente digerible, lo que representa una economía en la alimentación del animal.

- Aumenta la fertilidad y elimina casi totalmente los abortos.

Gracias a su alto contenido de vitamina E, es un alimento ideal tanto para monogástricos como poligástricos en gestación y en etapas previas a la gestación.

Alimentación de Animales con FVH.

Según Rodríguez (2003) con alimentación de forraje hidropónico se observaron los resultados que a continuación se mencionan:

- En un hato de 100 cabezas de ganado lechero raza holstein, en el estado de México se obtuvieron las siguientes comparaciones entre animales a los que se les adicionó a su dieta un porcentaje de forraje verde hidropónico a razón de incrementar de 1.5 a 2.0 kilos cada tercer día, hasta un limite de 20 kilos diarios por cabeza. Las primeras evidencias se notaron después de tres semanas y comenzaron con una brillantez en el pelo, se obtuvo una ganancia de 180 gramos en promedio diario con respecto al peso vivo que mostró el hato testigo, hubo un incremento del 60% de la digestibilidad de la materia seca, se incremento 12% la producción de leche, disminuyo el índice de mastitis un 40% aproximadamente y aumento el índice de fertilidad a razón del 16%.

- En ganado productor de carne, se observó una disminución de grasas amarillas y una mayor proporción de grasas blancas, además de que la carne presento una excelente apariencia, singularmente tierna.

- La administración de forraje verde hidropónico en aves domesticas fue de trigo con seis días de germinación, y mostró una digestibilidad mas uniforme con respecto al grano.

El peso de los huevos se incremento aproximadamente en 20% y la calidad de la carne resultó mas firme y de mejor sabor.

➤ En granjas porcinas se observó que los animales que estaban exclusivamente bajo régimen alimenticio de forraje verde hidropónico de cebada de siete cm. De altura, tardaron tres días más en llegar a los 99 kilos (peso de mercado) con respecto a los que fueron alimentados con concentrados.

Se llegó a la conclusión de que la combinación de forraje verde hidropónico y concentrados proporcionaba la mejor dieta al animal y por ende una mayor producción y una reducción en los costos de aproximadamente 18%. (Rodríguez, 2003).

Características Nutricionales del Forraje Verde Hidropónico

Según Valdivia (1997)

➤ Los forrajes tiernos en condiciones normales de siembra en suelos poseen entre 23% y 25% de contenido proteínico referido a materia seca. Dicho valor es notablemente más elevado que el nivel de proteínas de las mismas plantas en épocas de mayor desarrollo (floración y maduración), donde baja su contenido proteínico. La proteína contenida en forrajes tiernos es de mayor digestibilidad que la de plantas maduras.

➤ Los forrajes tiernos contienen poca fibra bruta, respecto a una planta adulta, y esta representada por celulosa pura, sustancia altamente digerible. En los forrajes maduros, junto con el progresivo aumento del contenido de la celulosa, se verifica el proceso de lignificación de su estructura orgánica, por esta razón su porcentaje de digestibilidad disminuye notablemente.

➤ La planta tierna tiene un elevado contenido de calcio, fósforo y hierro, minerales que sufren importantes variaciones a medida que crece la planta y por influencia del medio ambiente y suelo; tal fenómeno es muy acentuado en zonas áridas y desérticas.

- Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente en carotenos (250-350) mg/kg de materia seca y vitaminas liposolubles (A y E), por lo que los alimentos basados en forrajes tiernos o recién germinados proporcionan a los animales todos los minerales y vitaminas necesarias para su subsistencia.

- En el forraje verde hidropónico, todas las vitaminas se presentan libres y solubles. La vitamina E se encuentra en estado completamente asimilable y en libre circulación por toda la planta joven

- Este producto tiene una cantidad de enzimas que lo hacen doblemente aprovechable, ya que evita un trabajo en el tracto digestivo del animal, teniendo en cuenta que está predigerido, además estimula el sistema endocrino del animal y aumenta la actividad metabólica. Se observa un aumento de la fertilidad ya que la vitamina C, factor de gran importancia para esta actividad, es de 15.45 mg. por cada 100 gr en el FVH y de autodefensa contra las enfermedades.

- El caroteno aumenta en 100% en el germinado.

- Las plantas absorben los minerales de abono que están en solución en el agua de riego y realizan una elaboración que conduce a un equilibrio casi perfecto de calcio, magnesio y fósforo.

- El pH, del FVH está entre 6 y 6.5. Es ligeramente ácido, lo que hace que este sea muy conveniente como alimento.

- Comparativamente las raciones hidropónicas o FVH equivalen a las siguientes unidades forrajeras por Kg.

Cuadro 1.1 Comparativo de raciones forrajeras de diferentes tipos de forrajes

Forraje verde hidropónico	2.50 kg = 1 UF
Brotos de pradera	6.66 kg = 1 UF
Alfalfa fresca	7.69 kg = 1 UF
Maíz forrajero	7.62 kg = 1 UF

Fuente: Valdivia, 1997

- La asimilación del FVH es superior a las demás raciones conocidas, cada kg. De pasto hidropónico contiene:

Cuadro 1.2 Contenido nutricional por cada kilogramo de FVH

Prótidos	16.20 gr
Polipéptidos, aminoácidos y aminos	33.54 gr
Valor proteico	49.74 gr
Lípidos brutos	19.50 gr
Almidón	78.90 gr
Azúcares solubles (maltosa)	63.30 gr
Celulosa	20.10 gr
Fibras brutas	39.60 gr
Sustancias minerales	16.86 gr
Valor energético (Equivalente a 0.40 UF)	1178/1190 calorías

Fuente: Valdivia, 1997

- Las raciones hidropónicas son inmediatamente asimilables, su digestibilidad es de 85 % a 90%. La palatabilidad es excelente.
- Su aspecto, color, sabor y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal.

Proceso de producción de Forraje Verde Hidropónico

El proceso a seguir para una buena producción, debe considerar las siguientes etapas:

➤ Selección de especies de granos utilizados en FVH

Esencialmente granos de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección depende de la disponibilidad local y/o del precio. La utilización de semillas de alfalfa no es tan eficiente como los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los rendimientos son similares a la producción convencional de forraje (FAO, 2001).

➤ Selección de semilla

Se debe utilizar semilla de buena calidad, origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles, de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por razones de eficiencia y costos, puede producirse con semillas de menor calidad pero con porcentaje de germinación adecuado. Las semillas deben de estar libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas, de otras plantas, y fundamentalmente que no hayan sido tratadas con productos químicos (curasemillas, preemergentes, u otros) (FAO, 2001).

El tipo de grano seleccionado debe ser de buena calidad (Arano, 1998).

- No hayan sido sobrecalentados durante el secado
- No hayan sido dañados en su manipuleo
- Se encuentren limpios de polvo
- Estén libres de residuos de fumigaciones.

➤ **Lavado y desinfección de la semilla**

Deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias (Rodríguez, et al., 2000). El desinfectado en hipoclorito elimina los ataques de microorganismos patógenos, el tiempo que dejamos las semillas en la solución desinfectante no debe ser menor a los 30 seg. ni mayor a los 3 minutos, finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001)

Valdivia (1997), recomienda que toda semilla que flote al momento del lavado se elimine, por ser grano vano, con poco peso y/o sin germen.

➤ **Remojo y germinación de las semillas.**

Consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un periodo no mayor a las 24 h. para lograr una completa imbibición. Transcurridas 12 h. procedemos a secarlas y orearlas durante una hora, para luego sumergirlas nuevamente las 12 h. restantes y finalmente realizarle el último oreado. Con lo anterior se induce la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión, esto nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que estaremos utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada (FAO, 2001).

Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que nos estaría explicando por que se acelera el crecimiento de la semilla cuando la dejamos en remojo por un periodo no superior a las 24 hrs. varias experiencias han demostrado que periodos de imbibición más prolongados no resultan efectivos en cuanto al aumento de la producción de FVH.

Arano (1998), menciona que habiendo seguido estrictamente el procedimiento de lavado y desinfección de los granos, a continuación se colocan en remojo por 24 h. en agua clorada. Es conveniente cambiar el agua una o dos veces durante el periodo de remojado.

Cumplidas las 24 h, se tira el agua, se les escurre y se mantienen húmedas otras 24 h. para que la germinación comience. Para este segundo día de preparación previa es conveniente mantener los granos tapados, con el objeto de mantener el microclima necesario que se obtiene para la liberación de calor de los mismos (Arano 1998).

El tiempo de remojo es variable; cuando la temperatura es alta (verano), el número de horas puede variar de 18 a 20, mientras, mientras que en invierno dura máximo 24 hrs. Lo importante en el remojo es la imbibición del grano, para lograrlo es necesario variar el pH del agua agregando cal (2 por mil.), para comprobar que el proceso de imbibición se ha dado, al abrir las válvulas, el agua que escurre, debe ser de color amarillo lechoso (Valdivia, 1997).

Para obviar problemas de procedencia y manejo histórico, y asegurar la calidad germinativa de las semillas, se aconseja efectuarse un ensayo de germinación, si el resultado supera el 90 %, la semilla puede ser considerada apta para la producción de FVH (Arano, 1998).

➤ **Densidad de siembra**

La relación de siembra es de aproximadamente 5 a 7.5 kg/m², dependiendo del tipo de grano a utilizar (Arano, 1998).

La dosis óptima de semillas a sembrar por metro cuadrado oscila entre 2.2 a 3.4 Kg., considerando que la disposición de las semillas no debe superar los 1.5 cm de altura en la bandeja (FAO, 2001)

Valdivia (1997), menciona que la relación de las semillas para siembra es de 1.4 a 1.7 Kg/bandeja de 400 cm², mayor densidad no da mayores conversiones.

➤ **Siembra en las bandejas**

Se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no debe exceder de 1.5 cm. de espesor, para luego colocar por encima de las semillas una capa de papel filtro el cual también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben de 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 (FAO,2002).

Al observar perfectamente los brotes de los granos (después de las 48 hrs. De tratamiento), es el momento adecuado para colocar las semillas germinadas en las bandejas, en capas finas y cuidando no romper los brotes (Arano,1998).

Rodríguez et al. (2000), sugiere el uso de charolas de plástico o de fibra de vidrio como contenedores con una altura de 6 a 10 cm. de altura, que debe de contar con un sistema de drenaje.

➤ **Riego de las bandejas**

Debe realizarse solo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o mochila de mano en varias aplicaciones por día, espaciados según la estación del año (8 a 10 veces no mayor de 2 minutos). El volumen de agua de riego esta de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción, un indicador practico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas se encuentran levemente húmedas al igual que su masa radicular (Sánchez, 1997)

➤ **Riego con solución nutritiva**

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Sobre la cantidad de nutrientes, en la practica cada productor debe ensayar su propia formulación, variando uno u otro

elemento hasta obtener una formulación ideal para sus condiciones de cultivo (tipo de agua, calidad de semilla, etc.). Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizara exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudiera haber quedado sobre las hojas y/o raíces (FAO,2001).

Los riego se realizan únicamente con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 cm. 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 optimo 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).

Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

Calidad de la semilla

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar perdidas en los rendimientos. El usar semillas mas baratas, o cultivares desconocidos, pueden constituir una falsa económica y hacer fracasar totalmente la producción. La semilla debe estar lo mas limpia posible y no contener semillas partidas ni de otros cultivares (FAO,2001).

Iluminación

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 tenue

pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del tercer o cuarto día iniciamos el riego con solución nutritiva y exponemos las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa de luz solar (FAO, 2001)

Temperatura

Es una de las variables mas importantes en la producción de forraje verde hidropónico. el rango óptimo para la producción se sitúa siempre entre los 18 y 23°C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso, es así que los granos de avena, cebada, trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar (entre los 18 a 21 °C). Sin embargo el maíz, necesita de temperaturas optimas que varían entre los 25 y 28 °C (Martínez E., 2001, citado por FAO, 2001)

Una herramienta importante que debe estar instalada en los locales de producción es un termómetro de máxima y mínima que permitirá llevar el control diario de temperaturas y detectar rápidamente posibles problemas debido a variaciones del rango optimo de la misma. En el caso de épocas frías, tendremos que calefaccionar y en el caso de épocas de altas temperaturas, habrá que ventilarlo o enfriarlo. El número de estas esta en función de la intensidad del frío y de la temperatura que pretendemos alcanzar (Schneider, 1991).

Humedad

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar problemas sanitarios, 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 (FAO, 2001).

Calidad del agua de riego

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, se tendrá problemas sanitarios y nutricionales con el FVH. para el caso anterior, será imprescindible el realizar un detallado análisis químico de la misma y en base a ello formular la solución nutritiva, así como evaluar que otro tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, decantación, asoleo, acidificación o alcalinización). La calidad de agua no puede ser descuidada y existen casos donde desconocer su importancia fue causada de fracasos y pérdidas de tiempo (FAO, 2001).

Ramos (1999), establece criterios en el uso de aguas para cultivos hidropónicos respecto a:

1. Contenido de sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro)
2. Contenido de microorganismos patógenos
3. Concentración de metales pesados
4. Concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

pH

El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que deben 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 de 7 (FAO, 2001)

Conductividad

En este caso nos referimos a la concentración de sales en la solución nutritiva que se le aplica al cultivo. 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 de 1.0 serían las más aptas para preparar la solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 mg de carbonato de calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre los 50-150 mg por litro de agua (Ramos, 1999).

CO₂

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

Descripción Botánica de las Especies Utilizadas

Triticale (*X. triticosecale* W.)

El grupo mas importante de especies vegetales que alimentan al hombre en forma directa e indirecta corresponden a los cereales. El triticale por ser una especie hecha por el hombre, se pretendió desde su inicio unir en una nueva especie características favorables tanto del trigo como del centeno.

El triticale es un cereal relativamente nuevo y resultado de la cruce entre trigo (*Triticum* sp) y centeno (*Secale* sp); donde el trigo se ha utilizado mayormente y con mejores éxitos como progenitor femenino, mientras que el centeno se utiliza como progenitor masculino (Robles, 1986). El mismo autor menciona que en el proceso de formación de triticales, a través del cruzamiento de genomas diferentes, se pueden utilizar trigos harineros con la subsecuente obtención de triticales octaploides o bien, trigos duros para la obtención de triticales hexaploides, siendo estos últimos los mas comercializados hoy en día, según lo manifestado por Royo(1992), quien hace notar la conveniencia de hacer una subdivisión mas dentro de los triticales, con la finalidad de diferenciar los triticales completos de los substituidos; los primeros son aquellos que presentan una completa dotación cromosomica del centeno (genomio R del centeno); mientras que en los segundos, algunos cromosomas del genomio R del centeno son substituidos por cromosomas que provienen del genomio D del trigo harinero.

Según Royo (1992), es reporte que se tiene acerca del primer cruzamiento entre trigo y centeno, es de que se realizo en Edimburgo en 1876 por Stephen Wilson, aunque careció en ese momento de utilidad práctica, ya que el producto de este cruzamiento fue la obtención de plantas estériles, y no fue hasta 1973, año en que se realizó otro importante hallazgo, el descubrimiento del uso de la colchicina, lo cual permitió la duplicación cromosomica, obteniéndose logros en la fertilidad, convirtiéndose así en una especie de mucho interés.

Colín (1997) menciona que el triticale heredó las características positivas del centeno, referidas como mejor tolerancia a sequía y frío, resistencia superior a muchas enfermedades y una eficiente absorción del fósforo.

Características Morfológicas

Generalmente la planta de triticale es un poco mas alta comparada con el trigo, posee hojas mas gruesas y grandes, las espigas son de mayor longitud comparada con la espiga de trigo y centeno. El color de la planta tiende a un verde-azulado. Un aspecto muy importante y que se refleja en la comercialización del triticale es el chupado del grano, aunado al bajo peso especifico y ausencia de brillo del mismo, lo cual hace poco atractivo para el productor y consumidor, cabe mencionar que estos aspectos están altamente influenciados por el ambiente (Royo, 1992). Estas características son algunas por las cuales se puede diferenciar el triticale de las otras especies de cereales, siendo en el resto de sus características morfológicas muy similares.

Usos del Triticale.

Dentro de los usos mas importantes, es el que se destina a la alimentación humana y animal; aunque su uso es limitado en la alimentación humana; dado que tiene un alto rendimiento en la producción de grano y al tener valores altos de proteína, es ideal en la producción de harina al tener un valor alimenticio bastante alto, motivo por el cual es utilizado en la producción de pasteles, galletas así como sémolas. En la alimentación animal es a través de alimentos balanceados, en la producción de forraje para ensilaje o bien para el pastoreo directo (Royo, 1992).

Clasificación Taxonómica

Reino.....Vegetal
División.....Tracheophyta
Clase.....Angiospermae
Orden.....Graminales

Familia.....Graminae
Genero.....X
Especie.....*triticosecale*.

Enfermedades

Hasta la actualidad el triticale muestra en general una mayor resistencias a las enfermedades que el trigo, con un elevado nivel de resistencia a *Septoria tritici*, y buena resistencia a la roya del tallo y a la roya de la hoja.

Trigo (*Triticum aestivum* L.)

La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa 'quebrado', 'triturado' o 'trillado', haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre.

Es la especie que ocupa el primer lugar en producción y superficie, entre los cuatro cereales a nivel mundial (trigo, arroz, maíz y cebada) en la alimentación humana y animal, debido a que esta ampliamente distribuido en el mundo, quizá por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países, por otro lado es una especie tolerante a bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo, su mayor producción tiende a concentrarse en ciertas áreas, principalmente en aquellos países de clima templado y frío (Andrade, 2003).

En la actualidad el trigo ocupa aproximadamente el 20 % de la tierra cultivada a nivel mundial. La mayor parte de siembra en el hemisferio Norte con el 80% del área en Norte América, Europa y la Ex – Unión Soviética.

La importancia que tiene el trigo en México de acuerdo con el área de producción, ocupa el cuarto lugar, se siembra en casi todos los estados de la republica mexicana y se adapta a tierras pobres en nutrientes, como tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas; bajo estas condiciones se pueden considerar seis zonas importantes para su producción: zona noreste del país, abarca sonora, Sinaloa y Baja California; zona del bajío, que incluye Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y parte de San Luis Potosí; región de la laguna, la compone parte de Coahuila y Durango; zona norte, que comprende Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; zona centro que comprende Aguascalientes, Zacatecas, Durango y el Valle de Toluca (Andrade, 2003).

Descripción Botánica

El trigo es una planta anual, de raíz fibrosa, es una caña herbácea cilíndrica, hueca o con medula que termina con una espiga; las hojas nacen al nivel de los nudos del tallo, son envainantes y con limbo, plano por lo general, en la base del limbo se desarrolla una lígula y dos aurículas; el fruto es un grano o cariósipide cuyo pericarpio está soldado a la almendra, formado por el albumen y embrión o germen (Andrade, 2003).

Clasificación Taxonómica

Reino.....Vegetal
División.....Tracheophyta
Subdivisión.....Pteropsidae
Clase.....Angiospermae
Subclase.....Monocotiledoneae
Grupo.....Glumiflora
Orden.....Graminales
Familia.....Graminae
Genero.....*Triticum*
Especie.....*aestivum*
Variedad.....*Pelón colorado*.

Enfermedades del trigo

El trigo es susceptible a más enfermedades que cualquiera de los demás granos y en las estaciones húmedas las pérdidas más grandes se producen debido a la patología de otros cereales que afecta a la planta de trigo.

La planta de trigo puede ser afectada principalmente por enfermedades provenientes de bacterias, hongos, parásitos o por virus. El trigo además puede sufrir del ataque de insectos en la raíz, también puede sufrir del ataque de plagas que afectan principalmente la hoja o la paja (cascarilla del grano), y que finalmente privan al grano del alimento suficiente con mayor gravedad, también

puede ser afectado por la *Fusariosis*, que es un efecto de la presencia de moho en la espiga, la cual se manifiesta principalmente en la decoloración de la planta y la *Septoriosis*, que es un hongo que aparece en las semillas y se extiende a las hojas y el tejido verde de la planta.

En su almacenamiento, el grano de trigo también puede ser atacado por cuatro tipos de plagas: los insectos (principalmente gorgojos y polillas), los microorganismos (principalmente hongos y bacterias por efecto de la temperatura y la humedad), los roedores y los pájaros, cualquiera de ellos puede contaminar el producto e impedir su consumo.

MATERIALES Y METODOS

Localización Geográfica del Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido del 17 de enero al 17 de junio del 2006, en dos de los invernaderos del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), que se localiza al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas geográficas son 25° 27' de latitud Norte y 101°02' de longitud Oeste, con una altitud de 1610 msnm.

Características del Sitio Experimental

El trabajo se realizó en dos invernaderos tipo túnel de 12 m de largo y 8 m de ancho, de tubo galvanizado de 1" y anclas de 1 ½", de una altura de 3.15 m y con ventilación estática por medio de dos ventanas laterales manejadas manualmente. El túnel está cubierto con polietileno calibre 720, térmico y larga duración. Dentro de los túneles hay módulos metálicos con racks de perfil de fierro con 4 niveles a 4° cm entre ellos, colocados los racks uno arriba del otro. Uno de los invernaderos estaba cubierto con una malla de 30% de sombreado sobre el plástico y el otro solamente el plástico sin malla esto para manejar diferentes cantidades de radiación solar captada por las plantas.

Material Vegetal

Las especies utilizadas en este trabajo fueron: Trigo (*Triticum aestivum* L.) Pelon colorado y Triticale (X triticosecale), los cuales fueron materiales conseguidos en la UAAAN eran materiales comercializados para consumo humano, sin utilizar variedades o híbridos forrajeros con la intención de reducir los costos de producción del forraje.

Material de Campo Utilizado

- ✓ Estructuras de invernadero tipo túnel.
- ✓ Equipo de fertirriego (fertimix de METAFIM)
- ✓ Data-Logger para almacenamiento de datos.(LYCOR)
- ✓ Sensores para medición de temperatura del ambiente y radiación solar (LYCOR)
- ✓ Cámara de secado vegetal (BLUEM)
- ✓ Balanza electronica digital AL-3k (Dener instrument company)
- ✓ charolas de polietileno para producción de FVH
- ✓ Botes de 20 litros
- ✓ Regla de 30 cm.
- ✓ Marcador
- ✓ Cinta maskintape
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Probeta graduada de 100 ml
- ✓ Recipiente (escurridor)
- ✓ Hipoclorito de sodio (cloro)
- ✓ Fertilizantes (Grofol, Nitrato de potasio, Loby) (GBM)
- ✓ Agua
- ✓ Fibra (lavar charolas)
- ✓ Polietileno negro
- ✓ Atomizador
- ✓ Balanza de reloj
- ✓ Malla sombra (30% sombreo)
- ✓ Calculadora

Explicación de los experimentos

Se realizaron dos experimentos, en el primer experimento se realizaron pruebas de densidades de siembra para determinar la que diera mejor rendimiento en peso en gr. por charola y gr por gr producido. El segundo experimento consistió en aplicar dosis de fertilización a la densidad de siembra obtenida en el primer experimento y determinar cual dosis fuera la adecuada para tener mejor productividad.

Experimento 1. Densidades de Siembra

Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Trigo y Triticale

- **Pesado y desinfección**

Se pesaron 18 Kg. de semilla de trigo y 18 kg de semilla de triticale para cubrir 80 charolas cada una con un área de un área de 0.214 m^2 , de tal forma que la cantidad de semilla para diez charolas fueron de 300gr, diez de 400gr, diez de 500gr y diez de 600gr para trigo, haciendo lo mismo en triticale. Después de pesado se colocaron las semillas en botes para ser lavadas con agua, eliminando las impurezas y granos inservibles, para luego ser tratadas con una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de cloro / litro de agua), por 15 minutos.

- **Remojo**

Transcurridos los 15 minutos de desinfección se le dio otro lavado con agua limpia para después dejarla remojada por un lapso de 24 hrs. La cantidad de agua para el remojo fue de aproximadamente 2 litros de agua por cada Kg. De semilla.

- **Brotación**

Pasadas las 24 h. de remojo, se escurrieron totalmente eliminando toda el agua permaneciendo las semillas en el bote otras 24 h; el bote estuvo semicerrado para que la semilla pudiera respirar sin perder mucha humedad y de esta forma acelerar la germinación de las semillas.

- **Siembra**

Cumplido el tiempo de brotación, toda la masa de semillas de observa brotada para lo cual la siguiente etapa consistió en pasarlas a las charolas y para asegurar la completa autonomía de la planta se dejaron otras 24 h. estivadas dentro del edificio cubiertas con un plástico negro, esto con el fin de impulsar el crecimiento de las raicillas y estar seguros de su capacidad de absorción de agua.

- **Riego**

Teniendo ya plantas bien brotadas y con buena raíz se colocaron en los racks ó anaqueles de producción, para inmediatamente empezar los riegos, los cuales se aplicaron con intervalos de tiempo de media hora con una duración de 10 segundos cada uno, de las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde y una última aplicación a las 6 de la tarde, hasta completar su ciclo de producción.

- **Parcela experimental**

La parcela experimental estuvo constituida por 80 charolas (40 en el invernadero con malla y 40 en el invernadero sin malla), distribuidas en los anaqueles de producción

T₁ : 10 Charolas en el inv. c/malla y 10 charolas en el inv. s/malla

T₂: 10 Charolas en el inv. c/malla y 10 charolas en el inv. s/malla

T₃: 10 Charolas en el inv. c/malla y 10 charolas en el inv. s/malla

T₄: 10 Charolas en el inv. c/malla y 10 charolas en el inv. s/malla

Diseño Experimental

En el experimento 1 el diseño experimental utilizado fue en parcelas divididas con arreglo factorial (AXB) completamente al azar. Con dos niveles en el factor A (Invernadero con malla y sin malla) y el factor B con densidades de (300,400,500 y 600 gr/charola), con 10 repeticiones en cada uno de los tratamientos, dando un total de 80 unidades experimentales.

Tratamientos

Factor A

Invernadero con malla sombra 30%

Invernadero sin malla sombra

Factor B

T₁: 300 gr. de semilla en el invernadero con malla y sin malla

T₂: 400 gr. de semilla en el invernadero con malla y sin malla

T₃: 500 gr. de semilla en el invernadero con malla y sin malla

T₄: 600 gr. de semilla en el invernadero con malla y sin malla

Variables Evaluadas

El peso de charolas con Forraje Verde Hidropónico (FVH)

Esta variable consistió en tomar el peso fresco de cada muestra (charola) de las dos especies (trigo y triticale) con la ayuda de una bascula, escurriendo toda el agua que pudiera tener. La unidad de medida fue en gr.

La altura alcanzada por la planta al final del ciclo.

Esta se hizo midiendo la altura de cada una de las muestras de los diferentes tratamientos tomados de la población total, con una regla de 30 cm. El procedimiento para la toma de datos de esta variable fue extendiendo lo mejor posible la planta y medir desde la base del tallo hasta el ápice de la ultima hoja, la unidad de medida fue en cm.

Cantidad de gr de forraje producido por gramo de semilla

Esta variable consistió en dividir el peso total obtenido por charola de cada tratamiento entre la densidad a la que correspondía el tratamiento.

Experimento 2. Pruebas de Fertilización

Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Trigo y Triticale

- **Pesado y desinfección**

Se pesaron 20 Kg. de semilla de trigo para cubrir 40 charolas de un área de 0.210 m², de tal forma que la cantidad de semilla para cada charola fue de aproximadamente 0.50 Kg. (2.38 kg/m²), se siguió el mismo procedimiento para el triticale. Después de pesado se colocaron las semillas en botes para ser lavadas con agua, eliminando las impurezas y granos inservibles, para luego ser tratadas con una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de cloro / litro de agua), por 15 minutos.

- **Remojo**

Transcurridos los 15 minutos de desinfección se le dio otro lavado con agua limpia para después dejarla remojada por un lapso de 24 hrs. La cantidad de agua para el remojo fue de aproximadamente 2 litros de agua por cada Kg. De semilla.

- **Brotación**

Pasadas las 24 h. de remojo, se escurrieron totalmente eliminando toda el agua permaneciendo las semillas en el bote otras 24 hrs; el bote estuvo semicerrado para que la semilla pudiera respirar sin perder mucha humedad y de esta forma acelerar la germinación de las semillas.

- **Siembra**

Cumplido el tiempo de brotación, toda la masa de semillas se observa brotada para lo cual la siguiente etapa consistió en pasarlas a las charolas y para

asegurarnos de la completa autonomía de la planta, se dejaron otras 24 h. estivadas dentro del edificio y cubiertas con un plástico negro, esto con el fin de impulsar el crecimiento de las raicillas y estar seguros de su capacidad de absorción de agua y nutrientes.

- **Riego**

Teniendo ya plantas bien brotadas y con buena raíz se colocaron en los racks ó anaqueles de producción, para inmediatamente empezar los riegos, los cuales se aplicaron con intervalos de tiempo de media hora con una duración de 10 segundos cada uno, de las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde y una última aplicación a las 6 de la tarde. Esto durante los primeros 4 días de establecido el cultivo en el invernadero ya bien formado el colchón de la raíz se procedió a la fertilización con los nutrientes.

- **Fertilización**

Al quinto día de crecimiento del FVH se inicio con la fertilización, en la cual se probaron 3 dosis de fertilización diferentes y el testigo (agua solamente). En el siguiente cuadro podemos apreciar los fertilizantes utilizados y las dosis aplicadas de cada uno de ellos:

Cuadro: 2.1 Dosis de fertilización (tratamientos) aplicados en el riego de FVH de trigo y triticale

FERTILIZANTES (gr/lt)			
Tratamiento (ppm N:P:K)	Grofol (20-30-10)	Nitrato de potasio (12-00-46)	Loby (44-00-00)
T₁: 50-20-50	0.066	0.0943	0.0576
T₂: 75-30-75	0.100	0.1413	0.0869
T₃: 100-40-100	0.132	0.1886	0.1158
T₄: Testigo (agua)	0	0	0

- **Aplicación del fertilizante**

La cantidad de solución aplicada fue de ½ litro de solución nutritiva por charola, 3 veces al día cada hora (11:00, 12:00 y 1:00 horas), esta actividad se realizó manualmente, debido a que la fertilización no podía hacerse en el sistema de riego por la diferencia de tratamientos; el riego con agua no fue interrumpido, ya que a la hora de la fertilización se suspendía y la siguiente ½ hora continuaban con normalidad.

- **Parcela experimental**

La parcela experimental estuvo constituida por 40 charolas (20 en el invernadero con malla y 20 en el invernadero sin malla), distribuidas en los anaqueles de producción, haciéndose lo mismo en triticale.

T₁ : 5 Charolas en el inv. c/malla y 5 charolas en el inv. s/malla

T₂: 5 Charolas en el inv. c/malla y 5 charolas en el inv. s/malla

T₃: 5 Charolas en el inv. c/malla y 5 charolas en el inv. s/malla

T₄: 5 Charolas en el inv. c/malla y 5 charolas en el inv. s/malla



Fig. 2.1 Distribución de las charolas en el invernadero con malla



Fig. 2.2 Distribución de las charolas en el invernadero sin malla

Diseño Experimental

En el experimento 2 el diseño experimental utilizado fue en parcelas divididas con arreglo factorial (AXB) completamente al azar. Con dos niveles en el factor A (Invernadero con malla y sin malla) y 4 niveles de fertilización en el factor B (T_1, T_2, T_3, T_4), con 10 repeticiones en cada uno de los tratamientos, dando un total de 40 unidades experimentales, en trigo y triticale.

Descripción de los tratamientos (Dosis de fertilización)

T_1 : 50 ppm N; 20 ppm P; 50 ppm K

T_2 : 75 ppm N; 30 ppm P; 75 ppm K

T_3 : 100 ppm N; 40 ppm P; 100 ppm K

T_4 : Testigo (sin fertilizante 0N; 0P; 0k)

Variables Evaluadas

Peso Fresco Total de las Charolas

Esta variable consistió en tomar el peso fresco de cada muestra (charola) de las dos especies (trigo y triticale) con la ayuda de una bascula, escurriendo toda el agua que pudiera tener. La unidad de medida fue en gr.

Altura de la planta

Esta se hizo midiendo la altura de cada una de las muestras de los diferentes tratamientos tomados de la población total, con una regla de 30 cm. El procedimiento para la toma de datos de esta variable fue extendiendo lo mejor posible la planta y medir desde la base del tallo hasta el ápice de la ultima hoja, la unidad de medida fue en cm.

Radiación Solar y Temperatura del Ambiente y de la Raíz

Se determinó la temperatura del ambiente dentro de los túneles y la temperatura del área radicular utilizando sensores de temperatura Li-Cor tipo 1000-15, también se determinó la radiación fotosintéticamente activa dentro y fuera de los túneles con sensores Li-Cor tipo Quantum. Todos los sensores se conectaron a un Data-Logger LI-1000 de Li-Cor el cual se programó para tomar lecturas cada minuto y almacenar la media de cada hora, durante las 24 horas del día y durante el tiempo que duró cada prueba.

Densidad de siembra

Esta se hizo pesando la cantidad de trigo y tricale que se utilizarían, se prosiguió a el lavado y la desinfección, teniendo todo desinfectado, se busco un recipiente como medida para la colocación de las semillas de diferentes especies en las charolas, tratando de que fuera la medida exacta para las semillas que ya estarían húmedas, se medía y se colocaba en la charola con su respectiva densidad y especie.

Muestreos

Para los dos experimentos se realizaron 2 muestreos durante todo el ciclo de producción, tanto en trigo como en triticales, en intervalos de 3 días. La metodología del muestreo consistió en tomar diez charolas al azar de cada uno de los tratamientos, obteniendo un total de 80 charolas (40 en el invernadero con malla y 40 en el invernadero sin malla). Para A cada una de las muestras se le midió la altura total y posteriormente su peso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Fresco en Trigo

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza y de la comparación de medias (Cuadro 3.1 y 3.2), se puede observar que, para los componentes del factor A (sombreo y no sombreado), no existen diferencias estadísticas significativas, pero se puede observar que existe una diferencia de mayor peso en las plantas desarrolladas en el invernadero con malla sombra, para los dos muestreos, lo cual indica que en el invernadero con malla hay una mayor acumulación de biomasa en comparación con el invernadero sin malla, y esto puede deberse a que las plantas en este invernadero se encuentran con menos estrés, que en el que no tiene malla sombra.

Para el primer muestreo, en el factor B, en lo que respecta a las densidades de siembra, se encuentra significancia entre los tratamientos, siendo mejor el tratamiento de 600gr, en producción total comparando con el tratamiento de 300gr el cual tiene mayor relación gr/gr pero tiene menor peso total. Por lo tanto haciendo un análisis de las cuatro densidades se considera que la densidad de siembra de 500gr es la mejor, ya que se obtiene buen peso total y buena productividad gr/gr por lo tanto se aprovecha el espacio en la charola y tiene buena relación en gr de semilla por gr. de forraje y en lo que respecta al rendimiento, presenta buena relación de gramo de semilla por gramo de forraje, casi igualando a la densidad de 600 gr la cual se sobrepasa un poco en densidad.

Para el segundo muestreo, en el factor B, en lo que respecta a las densidades de siembra, se encuentra significancia entre los tratamientos, siendo mejor los tratamientos de (600gr) y (500gr), comparando con el tratamientos de (300gr) y (400 gr) el cuales tienen buena relación gr/gr pero tienen menor peso total. Por lo tanto de las densidades de siembra de 500gr y 600 gr la mejor es la de 500 gr, ya que presenta mayor peso en comparación de la de 600gr y mayor

relación en gr de semilla por gr. de forraje, la densidad de 500gr es la recomendable para tener buena producción.

En la interacción AXB, en la primera evaluación se observan diferencias estadísticas significativas en una de las evaluaciones, obteniendo buen peso la densidad de 500 gr y 600 gr. en comparación con las demás. Siendo mejor el invernadero con malla sombra.

En la segunda evaluación existen diferencia en peso cuando se utiliza malla sombra en cualquiera de las densidades usadas, se observan plantas de mayor peso en el invernadero con malla sombra en comparación con las plantas del invernadero sin malla sombra.

Cuadro 3.1 Comparación de medias de peso en relación gr. de trigo por gr. de forraje, primer evaluación de densidades de siembra.

	<i>Primera evaluación de trigo</i>			
	14 de febrero del 2006		16 de febrero del 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relación gr/gr	Peso/charola gr	Relación gr/gr
Inv. Con Malla	2935		3282	
Inv. Sin Malla	2612		2904	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
300 gr	2152 D		2374 C	
400 gr	2544 C		2860 B	
500 gr	2900 B		3180 B	
600 gr	3499 A		3959 A	
Significancia	**		**	
DMS	306.4		476.53	
INTERACCION AXB				
Con malla 300 gr	2304 B	7.68	2552	8.50
Sin malla 300 gr	2000 B	6.66	2196	7.32
Con malla 400 gr	2674 B	6.68	2952	7.38
Sin malla 400 gr	2414 BC	6.03	2768	6.92
Con malla 500 gr	3305 A	6.61	3653	7.30
Sin malla 500 gr	2496 B	4.99	2708	5.41
Con malla 600 gr	3460 A	5.76	3974	6.62
Sin malla 600 gr	3538 A	5.89	3944	6.57
C.V (%)	11.97		16.69	

Cuadro 3.2 Comparación de medias de peso en relación gr. de trigo por gr. de forraje, segunda evaluación de densidades de siembra.

	<i>Segunda evaluación de trigo</i>			
	6 de marzo del 2006		8 de marzo del 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relación gr/gr	Peso/charola gr	Relación gr/gr
Inv. Con Malla	3765		3908	
Inv. Sin Malla	2953		3363	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
300 gr	2397 B		2756 B	
400 gr	2930 B		3120 B	
500 gr	4172 A		4181 A	
600 gr	3936 A		4485 A	
Significancia	**		**	
DMS	742.3		788.55	
INTERACCION AXB				
Con malla 300 gr	2414	8.04	2414	8.04
Sin malla 300 gr	2381	7.93	3098	10.3
Con malla 400 gr	3015	7.53	3489	8.7
Sin malla 400gr	2845	7.11	2751	6.87
Con malla 500 gr	4913	9.82	4921	9.08
Sin malla 500gr	3431	6.86	3442	6.88
Con malla 600 gr	4718	7.86	4808	8
Sin malla 600gr	3155	5.25	4163	6.9
Significancia	**		**	
C.V (%)	23.94		16.61	

Altura en trigo

De acuerdo a los resultados (Cuadro 3.3), para esta variable se observaron diferencias estadísticas significativas en altura de planta, para el factor A (sombreo y no sombreo), en el primer muestreo a diferencia de el segundo muestreo que no presenta diferencias estadísticas significativas, pero se observa que en los dos muestreos hay mayor crecimiento de la planta en el

invernadero con malla sombra con respecto al invernadero sin malla sombra, siendo lógico ya que generalmente todas las plantas que se someten a sombreado tienden a etiolarse y las plantas que se encuentran en el invernadero sin malla están sometidas a temperaturas más altas, la evapotranspiración es mayor y la cantidad de agua disponible para las plantas en el invernadero sin malla es más limitada y se estresan, de tal manera que su desarrollo se ve retrasado.

De Leon 2005, en un trabajo con maíz encontró que las plantas que se encuentran en invernaderos con malla sombra tienen menor radiación y es por eso la necesidad de las plantas de buscar la luz lo que provoca mayor altura, coincidiendo con los resultados de este trabajo.

Para el factor B, hay diferencias estadísticas significativas, en los dos muestreos, observándose que las densidades de siembra de 500 gr. Y 600 gr provocan mayor altura de las plantas que la de 400 y 300gr, la de 500 gr es la mejor ya que en el segundo muestreo se puede observar que es igual en altura a la de 600 gr,

En la interacción AXB existen diferencias en peso cuando se utiliza malla sombra en cualquiera de las densidades usadas, se observan plantas de mayor peso en el invernadero con malla sombra en comparación con las plantas del invernadero sin malla sombra.

Es más recomendable usar la densidad de 500gr ya que las plantas se encuentran con mejor espacio en la charola a diferencia de la de 600 gr que al ser mayor la cantidad de semilla estas se compactan y quedan muy unidas quedando unas semillas encima de otras y habiendo más competencia entre plantas por lo cual se elongan más al estar sombreadas unas con otras.

Cuadro 3.3 Comparación de medias en altura de trigo de la primera y segunda evaluación de densidades de siembra.

	Altura de trigo en cm.		
	Primer evaluación	Segunda evaluación	
FACTOR "A"	16 /febrero/06	6/marzo/06	8/marzo/06
Inv.Con Malla	11.2	16.1	17.6
Inv. Sin Malla	9.2	13.0	14.9
Significancia	*	NS	NS
FACTOR "B"			
Dens. de siembra			
300 gr	8.2 C	13.0	14.6
400 gr	10.1 B	13.5	15.3
500 gr	10.4 AB	15.9	17.2
600 gr	12.0 A	15.9	18.0
Significancia	**	NS	NS
DMS	1.80		
INTERACCION AXB			
Con malla 300 gr	9.4	12.4	13.6
Sin malla 300 gr	7.1	13.6	15.6
Con malla 400 gr	11.0	15.4	17.1
Sin malla 400 gr	9.3	11.6	13.5
Con malla 500 gr	12.5	19.2	20.2
Sin malla 500 gr	8.4	12.6	14.2
Con malla 600 gr	11.9	17.7	19.6
Sin malla 600 gr	12.1	14.2	16.4
C.V (%)	19.11	20.23	18.20

Peso fresco en triticale

De acuerdo a los resultados de la comparación de medias (Cuadro 3.4 Y 3.5) para los componentes del factor A (Sombreo y no sombreo) no existen diferencias estadísticas significativas para los dos muestreos, pero se puede observar que existe mayor peso en el invernadero con malla sombra, en comparación con el invernadero sin malla sombra, esto puede deberse a que

las plantas en este invernadero se encuentran con menos estrés, que en el que no tiene malla sombra por lo tanto se refleja un mayor desarrollo del forraje.

En el primer muestreo (Cuadro 3.4), para el factor "B" existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, siendo mejor el tratamiento de 600gr seguido del tratamiento de densidad de 500gr y el peor el de 300gr, ya que este presenta menor peso de semilla y lógicamente menor peso total, sin embargo, se considera mejor el tratamiento de 500gr, ya que en rendimiento de gr de forraje por gr de semilla presenta mejores resultados que el tratamiento de 600gr.

En el segundo muestreo (Cuadro 3.5), para el factor "B" existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos siendo mejor el tratamiento de 500 gr ,incluso que el de densidad de 600 gr en peso total y en producción gr por gr. El tratamiento de 300 gr presenta mayor rendimiento gr/gr, en peso total presenta menor rendimiento. El de 500gr presenta mayor peso y buena relación en rendimiento de gr. de semilla por gramo de forraje, es el mejor ya que presenta las cualidades que cualquier productor desea obtener.

En la interacción AXB, se observan diferencias entre los tratamientos, mostrando mejores resultados en peso las plantas que se encuentran en el invernadero con malla en comparación con el que no tiene malla,

Cuadro 3.4 Comparación de medias de peso en relación gr. de Triticale por gr. de forraje, primer evaluación de densidades de siembra

	<i>Primera evaluación de triticale</i>			
	14 de febrero del 2006		16 de febrero del 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relación gr/gr	Peso/charola gr	Relación gr/gr
Inv. Con Malla	3751.50		4003.50	
Inv. Sin Malla	3516.50		3839.14	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
300 gr	2790.50 C		3156.00 B	
400 gr	3022.00 C		3317.50 B	
500 gr	4002.50 B		4268.29 A	
600 gr	4721.00 A		4943.50 A	
Significancia	**		**	
DMS	553.33		872.75	
INTERACCION AXB				
Con malla 300 gr	2870	9.56	3226	10.75
Sin malla 300 gr	2711	9.03	3086	10.28
Con malla 400 gr	3387	8.46	3729	9.32
Sin malla 400 gr	2657	6.64	2906	7.26
Con malla 500 gr	4238	8.47	4606	9.21
Sin malla 500 gr	3767	7.53	3930	7.86
Con malla 600 gr	4511	7.51	4453	7.42
Sin malla 600 gr	4931	8.21	5434	9.05
C.V (%)	16.50		24.11	

Cuadro 3.5 Comparación de medias de peso en relación gr. de Triticale por gr. de forraje, segunda evaluación de densidades de siembra.

	<i>Segunda evaluación de triticale</i>			
	6/marzo/ 2006		8/marzo/ 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relación gr/gr	Peso/charola gr	Relación gr/gr
Inv.Con Malla	4358.25		4392.50	
Inv. Sin Malla	4096.50		4051.25	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
300 gr	3296.50 B		3228.50 C	
400 gr	3616.50 B		3572.50 C	
500 gr	5200.50 A		5337.50 A	
600 gr	4796.00 A		4749.50 B	
Significancia	**		**	
DMS	454.3		512.6	
INTERACCION AXB				
Con malla 300 gr	3326	11.8	3276	10.92
Sin malla 300 gr	3267	10.89	3181	10.60
Con malla 400 gr	4059	10.14	4030	10.07
Sin malla 400 gr	3174	7.93	3115	7.78
Con malla 500 gr	5291	10.58	5476	10.95
Sin malla 500 gr	5110	10.22	5199	10.39
Con malla 600 gr	4757	7.92	4788	7.98
Sin malla 600 gr	4.05	8.05	4710	7.85
C.V (%)	11.64		13.15	

Altura del triticale

Para esta variable se observaron diferencias estadísticas significativas en el factor A (sombreo y no sombreado), para una etapa de la evaluación 2, teniendo mayor altura las plantas que están en el invernadero con malla sombra a diferencia del invernadero que no tiene malla, para el primer muestreo no hay diferencia estadística significativa, pero se observa lo mismo, mayor altura de plantas en el invernadero con malla sombra, por lo tanto se considera que el

tratamiento con invernadero con malla sombra, en comparación con el invernadero sin malla (Cuadro 3.6).

De León 2005, en trabajos realizados con forraje hidropónico de maíz usando sombreados encontró que las plantas desarrolladas en un invernadero sombreado con 30% sombra tuvieron mayor altura 15.7 cm que las plantas de un invernadero sin sombreado que tuvieron 13.5 cm por lo tanto estos resultados coinciden con las obtenidas en esta tesis.

Lira (1994), en trabajos con frijol, menciona que la intensidad de la luz afecta el tamaño y la forma de las hojas diferencialmente. Generalmente las plantas crecen más a bajas intensidades de luz que aquellas a intensidades más altas. Lo anterior coincide con el presente trabajo.

Para el factor B, solamente hay significancia estadística altamente significativa en el primer muestreo, siendo de mayor altura los tratamientos de 500 y 600 gr, en comparación del tratamiento de 300gr y en el segundo muestreo no existe diferencia estadística significativa pero se observa que el tratamiento de 500gr presenta plantas mas altas, llegando a la conclusión que la mejor densidad es la de 500 gr. Ya que presentan buena altura, además de mayor productividad total y relación gr de forraje por gr de semilla.

En la interacción AXB existe ligera diferencia en altura cuando se utiliza malla sombra en cualquiera de las densidades usadas, se observan plantas de mayor tamaño en el invernadero con malla sombra en comparación con las plantas del invernadero sin malla sombra.

Cuadro 3.6 Comparación de medias en altura de Triticale ,primera y segunda evaluación de densidades de siembra.

	Altura de triticale en cm.		
	Primer muestreo	Segundo muestreo	
	16 /febrero/06	6/marzo/06	8/marzo/06
FACTOR "A"			
Inv.Con Malla	14.70	20.72 A	21.25
Inv. Sin Malla	13.15	17.65 B	20.10
Significancia	NS	*	NS
DMS		2.19	
FACTOR "B"			
Dens. de siembra			
300 gr	12.65 B	18.15	19.65
400 gr	12.10 B	18.70	20.75
500 gr	14.90 A	20.29	21.00
600 gr	16.05 A	19.60	21.29
Significancia	**	NS	NS
DMS	1.90		
INTERACCION AXB			
Con malla 300 gr	13.5	19.6	20.8
Sin malla 300 gr	11.8	16.7	18.5
Con malla 400 gr	13.8	20.6	20.8
Sin malla 400 gr	10.4	16.8	20.7
Con malla 500 gr	15.3	21.9	21.8
Sin malla 500 gr	14.5	18.7	20.2
Con malla 600 gr	16.2	20.8	21.6
Sin malla 600 gr	15.9	18.4	21
C.V (%)	14.85	11.63	9.04

Dosis de Fertilización

Triticale

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza y de la comparación de medias, para el factor A (sombreo y no sombreo)(Cuadro 3.7), no existe diferencia estadística significativa, pero se observa que las plantas con mayor peso se encuentran en el invernadero con malla sombra a diferencia de las que se encuentran en el invernadero sin malla de sombreo.

Para el factor "B" tampoco existe diferencia estadística significativa pero se puede observar que el tratamiento que obtuvo mayor peso en plantas fue el tratamiento 4 (solo agua), y el que obtuvo mayor rendimiento en gramo de semilla por gramo de forraje fue igualmente el tratamiento 4 de solo agua, esto indica que el T4 puede dar buen rendimiento y con la ventaja de que el productor se ahorrara en fertilizantes y será un trabajo mas practico, barato y rentable, lo que se desea como productor y talvez se deba a que las plantas a esa etapa no necesiten los nutrientes del fertilizante y los necesiten en una etapa mas adelante ya que los necesarios los obtienen del agua y como para el forraje hidropónico se requiere se tendrá solamente en esa etapa, por lo tanto no se necesita fertilizantes para tener buena producción de Forraje Verde Hidropónico.

En la interacción AXB, se observan ligeras diferencias entre los tratamientos, mostrando mejores resultados en peso las plantas que se encuentran en el invernadero con malla en comparación con el que no tiene malla,

De León 2005 también en un estudio con forraje verde hidropónico de maíz probando dosis de fertilización y solo agua encontró resultados iguales usando fertilización y solo agua al igual que en este trabajo por lo que se confirma que se pueden obtener buenos resultados sin usar fertilizantes con el subsecuente ahorro para el productor.

Cuadro 3.7 Comparación de medias de peso en Triticale, y relación gr. de semilla por gramo de forraje, con dosis de fertilización.

	<i>Primera evaluacion de triticales</i>			
	12 /mayo/2006		15/mayo/ 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relacion gr/gr	Peso/charola gr	Relacion gr/gr
Inv.Con Malla	3903.75		4273.00	
Inv. Sin Malla	3644.75		4068.94	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
50N; 20P; 50k	3744.50		4030.89	
75N; 30P; 75k	3562.00		4091.00	
100N: 40P; 100K	3947.00		4156.50	
Agua	3843.50		4405.50	
Significancia	NS		NS	
INTERACCION AXB				
Inv. C/M 50N;20P;50k	4011	8.0	4096	8.1
Inv. S/M 50N;20P;50k	3478	6.9	3965	7.9
Inv. C/M 75N;30P;75k	3556	7.1	4103	8.2
Inv. S/M 75N;30P;75k	3568	7.1	4079	8.1
Inv. C/M 100N:40P;100K	4177	8.3	4439	8.8
Inv. S/M 100N:40P;100K	3717	7.4	3874	7.7
Inv. C/M Agua	3871	7.7	4454	8.9
Inv. S/M Agua	3816	7.6	4357	8.7
C.V (%)	14.47		15.22	

Trigo

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza y de la comparación de medias, para el factor A (sombreo y no sombreo)(Cuadro 3.8), no existe diferencia estadística significativa, pero se observa que las plantas con mayor peso se encuentran en el invernadero con malla sombra a diferencia de las que se encuentran en el invernadero sin malla de sombreo, probablemente se deba a que están menos estresadas y la energía la usan para acumular mas biomasa.

Para el factor "B" tampoco existe diferencia estadística significativa y se puede observar que todos lo tratamientos de fertilización y el de solo agua prácticamente tuvieron la misma producción confirmándose nuevamente que para producción de forraje verde hidropónico y considerando solo producción y no calidad el usar o no usar fertilización da lo mismo, pero económicamente si seria mejor usar solo agua ya que hay un ahorro económico sin detrimento de la productividad.

En la interacción AXB, se observan ligeras diferencias entre los tratamientos, mostrando mejores resultados en peso las plantas que se encuentran en el invernadero con malla en comparación con el que no tiene malla,

Cuadro 3.8 Comparación de medias de peso en Trigo, en relación gr. de semilla por gramo de forraje, con dosis de fertilización.

	<i>Primera evaluación de trigo</i>			
	26/mayo/ 2006		29/mayo/ 2006	
FACTOR "A"	Peso/charola gr	Relación gr/gr	Peso/charola gr	Relación gr/gr
Inv. Con Malla	3699.0		3989.0	
Inv. Sin Malla	3577.0		3764.2	
Significancia	NS		NS	
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
50N; 20P; 50k	3395.0		3730.0	
75N; 30P; 75k	3851.5		3954.0	
100N: 40P; 100K	3681.5		3987.5	
Agua	3624.0		3835.0	
INTERACCION AXB				
Inv. C/M 50N;20P;50k	3572	7.1	3989	7.9
Inv. S/M 50N;20P;50k	3218	6.4	3471	6.9
Inv. C/M 75N;30P;75k	3764	7.5	3930	7.8
Inv. S/M 75N;30P;75k	3939	7.8	3978	7.9
Inv. C/M 100N:40P;100K	3692	7.3	4067	8.1
Inv. S/M 100N:40P;100K	3671	7.3	3908	7.8
Inv. C/M Agua	3768	7.5	3970	7.9
Inv. S/M Agua	3480	6.9	3700	7.4
Significancia	NS		NS	
C.V (%)	18.73		17.57	

Altura

Para el Triticale, en lo que respecta a esta variable, para el factor A (sombreo y no sombreado) no existe diferencia estadística significativa pero se observa un mayor crecimiento de las plantas en el invernadero con malla sombra a diferencia del invernadero sin malla.

Para el trigo, en lo que respecta a esta variable, para el factor A (sombreo y no sombreado) existe diferencia estadística significativa, teniendo plantas de mayor tamaño en el invernadero con malla sombra, en comparación del invernadero sin malla.

En lo que respecta al factor B. Tanto para el trigo como para Triticale, no existen diferencias estadísticas significativas, se concluye que para obtener plantas de mayor tamaño no es necesario la aplicación de fertilizantes ya que el tratamiento sin fertilizante mostró igual altura de plantas que los tratamientos con fertilización.

En cuanto a la interacción se observa que en las combinaciones son mejores aquellas que se manejan bajo el sistema de malla sombra.

De León 2005, en trabajo realizado con maíz menciona que la fertilización influye positivamente en el crecimiento del cultivo y que una concentración mayor de fertilizante no provoca mayor crecimiento, lo cual no concuerdan con los resultados de este trabajo.

Cuadro 3.9 Comparación de medias en altura del forraje, en trigo y triticale, con dosis de fertilización.

	Altura del triticale y trigo en (cm)			
	Triticale		Trigo	
FACTOR "A"	12/mayo/06	15/ mayo/06	26/ mayo/06	29 mayo/06
Inv.Con Malla	16.02	21	17.5	20.45
Inv. Sin Malla	14.97	20.20	15.9	20.02
Significancia	NS	NS	NS	NS
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
50N; 20P; 50k	15.05	20.45	16.6	20.75
75N; 30P; 75k	15.35	20.70	17.2	20.75
100N: 40P; 100K	15.80	20.54	16.7	19.85
Agua	15.80	20.70	16.2	19.86
INTERACCION AXB				
Inv. C/M 50N;20P;50k	16.1	21.1	17.4	20
Inv. S/M 50N;20P;50k	14.0	19.8	15.8	21.5
Inv. C/M 75N;30P;75k	15.9	20.8	17.9	20.1
Inv. S/M 75N;30P;75k	14.8	20.6	16.6	21.4
Inv. C/M 100N:40P;100K	16.4	21.3	17.2	21.1
Inv. S/M 100N:40P;100K	15.2	19.8	16.2	18.6
Inv. C/M Agua	15.7	20.8	17.5	20.6
Inv. S/M Agua	15.9	20.6	15.1	18.6
Significancia	NS	NS	NS	NS
C.V (%)	10.81	8.55	10.92	11.95

Peso en trigo y triticale

Se hizo una comparación del peso entre las dos especies trigo y triticale (Cuadro 3.10) para ver cual era mejor y se pudo observar que existe diferencia entre las dos especies, observándose que existe mayor peso de las charolas

en el triticale en comparación al trigo en todos los tratamientos realizados, talvez por que esta sea una especie mejorada y esa característica la haga mas resistente.

En la interacción se observa que en las dos especies es mejor el invernadero con malla sombra en comparación al invernadero que no tiene malla sombra

Cuadro 3.10 Comparación de las dos especies: trigo y triticale, en relación al peso por charola

	<i>Comparación de medias en peso por charola (gr) de trigo y triticale</i>			
	<i>Trigo</i>		<i>Triticale</i>	
FACTOR "A"	6/marzo/06	8/marzo/06	6/marzo/06	8/marzo/06
Inv. Con Malla	3765	3908	4358	4392
Inv. Sin Malla	2953	3363	4096	4051
Significancia	NS	NS	NS	NS
FACTOR "B"				
Dens. de siembra				
300 gr	2397 B	2756 B	3296 B	3228 C
400 gr	2930 B	3120 B	3616 B	3572 C
500 gr	4172 A	4181 A	5200 A	5337 A
600 gr	3936 A	4485 A	4796 A	4749 B
600 gr	3936 A	4485 A	4796 A	4749 B
Significancia	**	**	**	**
DMS	742.3	788.55	454.3	512.6
INTERACCION AXB				
Inv. C/M 300 gr	2414	2414	3326	3276
Inv. S/M 300 gr	2381	3098	3267	3181
Inv. C/M 400 gr	3015	3489	4059	4030
Inv. S/M 400 gr	2845	2751	3174	3115
Inv. C/M 500 gr	4913	4921	5291	5476
Inv. S/M 500 gr	3431	3442	5110	5199
Inv. C/M 600 gr	4718	4808	4757	4788
Inv. S/M 600 gr	3155	4163	4005	4710
C.V (%)	23.94	16.61	11.64	13.15

Altura en trigo y triticale

Se puede observar (Cuadro 3.11) que el triticale presenta mayor altura de planta en todos los tratamientos en comparación al trigo que son más pequeñas

En la interacción se observa que plantas en invernadero con malla sombra tienen mayor altura que las del invernadero que no tiene malla

Cuadro 3.11 Comparación de medias en altura de trigo y triticale

	Altura de trigo en cm.			
	Trigo		Triticale	
FACTOR "A"	6/marzo/06	8/marzo/06	6/marzo/06	8/marzo/06
Inv. Con Malla	16.1	17.6	20.72 A	21.25
Inv. Sin Malla	13.0	14.9	17.65 B	20.10
Significancia	NS	NS	*	NS
DMS			2.19	
FACTOR "B" Dens. de siembra				
300 gr	13.0	14.6	18.15	19.65
400 gr	13.5	15.3	18.70	20.75
500 gr	15.9	17.2	20.29	21.00
600 gr	15.9	18.0	19.60	21.29
Significancia	NS	*	NS	NS
DMS				
INTERACCION AXB				
Inv. C/M 300 gr	12.4	13.6	19.6	20.8
Inv. S/M 300 gr	13.6	15.6	16.7	18.5
Inv. C/M 400 gr	15.4	17.1	20.6	20.8
Inv. S/M 400 gr	11.6	13.5	16.8	20.7
Inv. C/M 500 gr	19.2	20.2	21.9	21.8
Inv. S/M 500 gr	12.6	14.2	18.7	20.2
Inv. C/M 600 gr	17.7	19.6	20.8	21.6
Inv. S/M 600 gr	14.2	16.4	18.4	21
C.V (%)	20.23	18.20	11.63	9.04

RADIACIÓN Y TEMPERATURA

La radiación y la temperatura dentro de los invernaderos evaluados tienen influencia importante sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas.

En la producción de Forraje Verde Hidropónico, se observó un efecto negativo sobre el cultivo al tener altas, la radiación (Radiación exterior con una diferencia a la interior de $400 \text{ mmol m}^2\text{seg}^{-1}$) y la temperatura 2°C 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 la raíz es de 8°C mayor en el invernadero sin malla con respecto al invernadero con malla, provocando así un ambiente estresante lo que se reflejó en plantas de menor peso y altura.

En los resultados del trabajo realizado por De León 2005 muestran que también en las evaluaciones hechas en invernadero con sombra y sin sombra en forraje de maíz los mejores resultados en peso y altura se encontraron en el invernadero sombreado al igual que en este trabajo.

En las gráficas siguientes se observan los comportamientos de la radiación fotosintéticamente activa, (Figuras:3.1;3.4;3.7;3.10;3.13) radiación total (Figuras.3.2;3.5;3.8;3.11;3.14) y temperatura del ambiente y de la raíz (Figuras 3.3;3.6;3.9;3.12;3.15) forraje verde hidropónico de trigo y triticale en invernadero con y sin malla sombra, en diferentes fechas, todas dentro del intervalo de producción en la que se llevó a cabo el presente trabajo. Esto con la finalidad de tener una perspectiva más amplia de la interacción del ambiente con los cultivos.

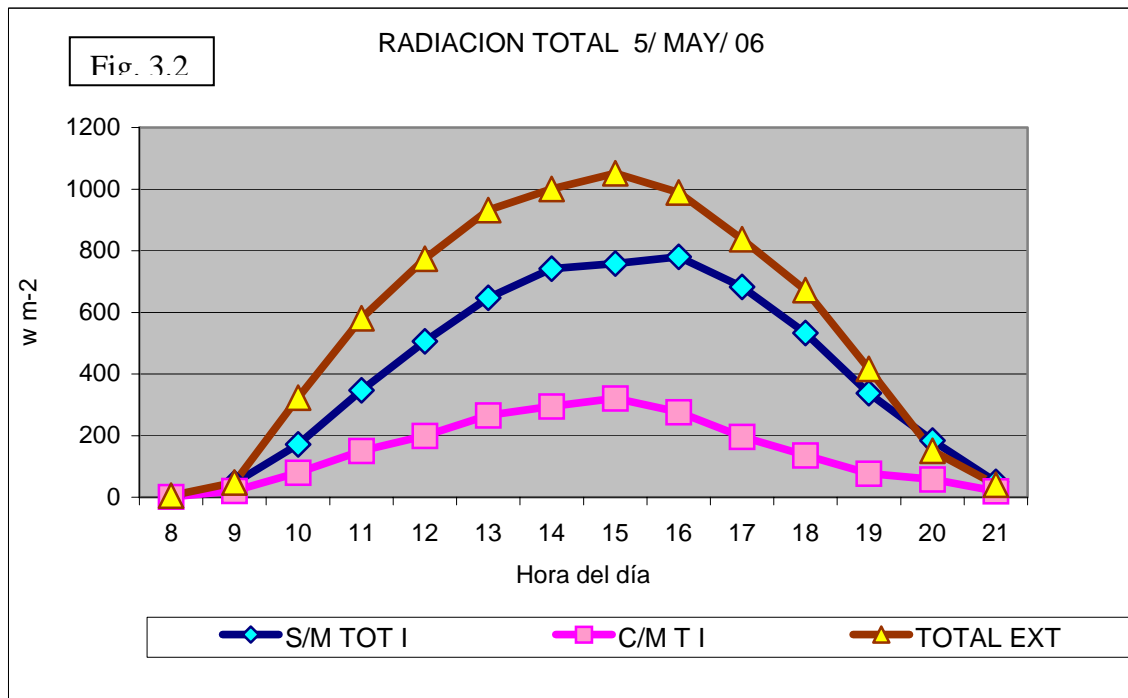
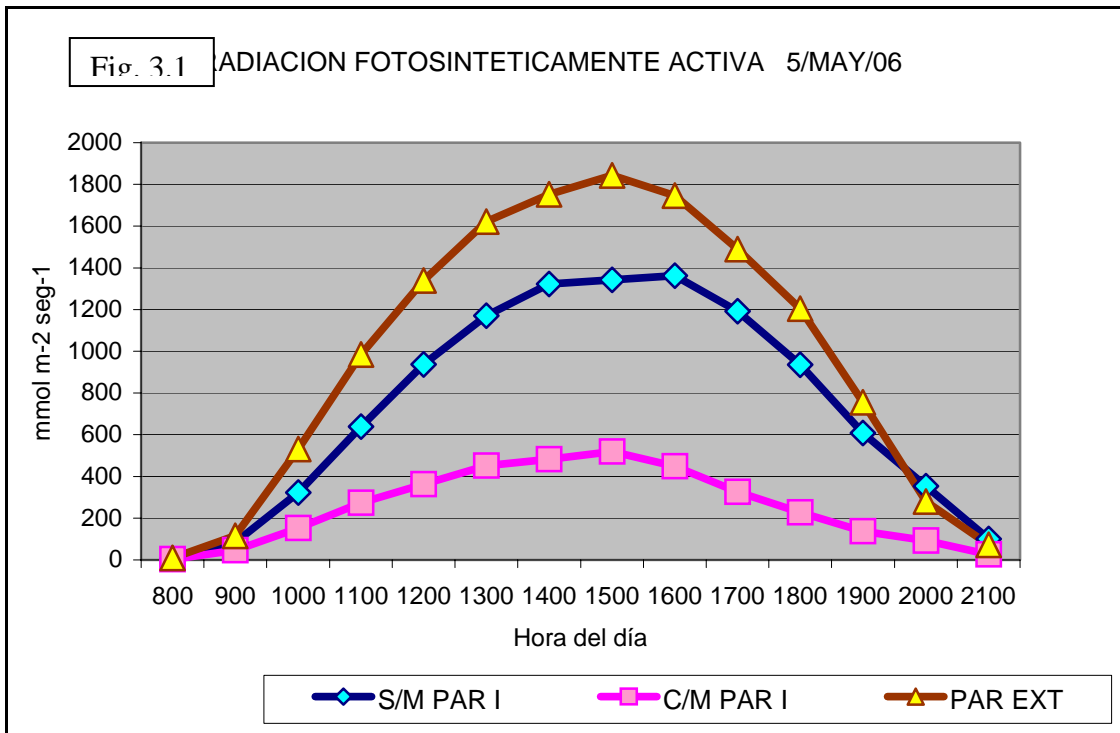


Fig. 3.1;3.2 Graficas del día 5 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

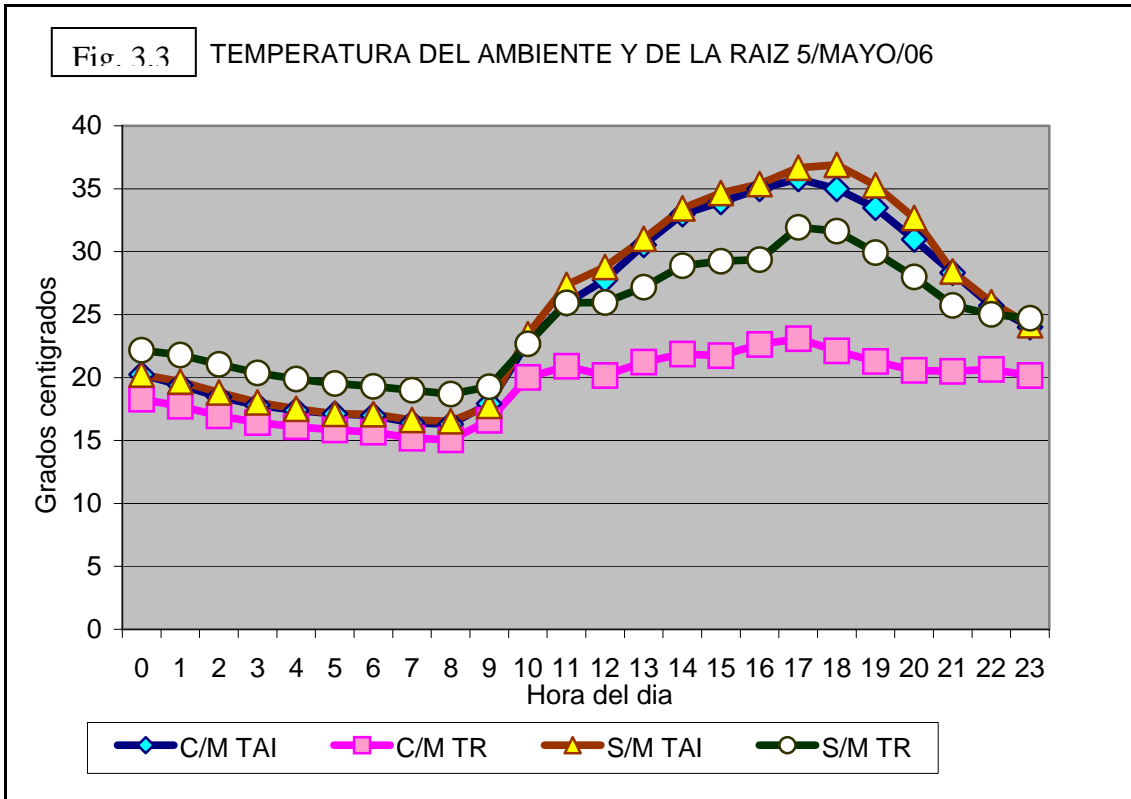


Fig. 3.3. Graficas del día 5 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

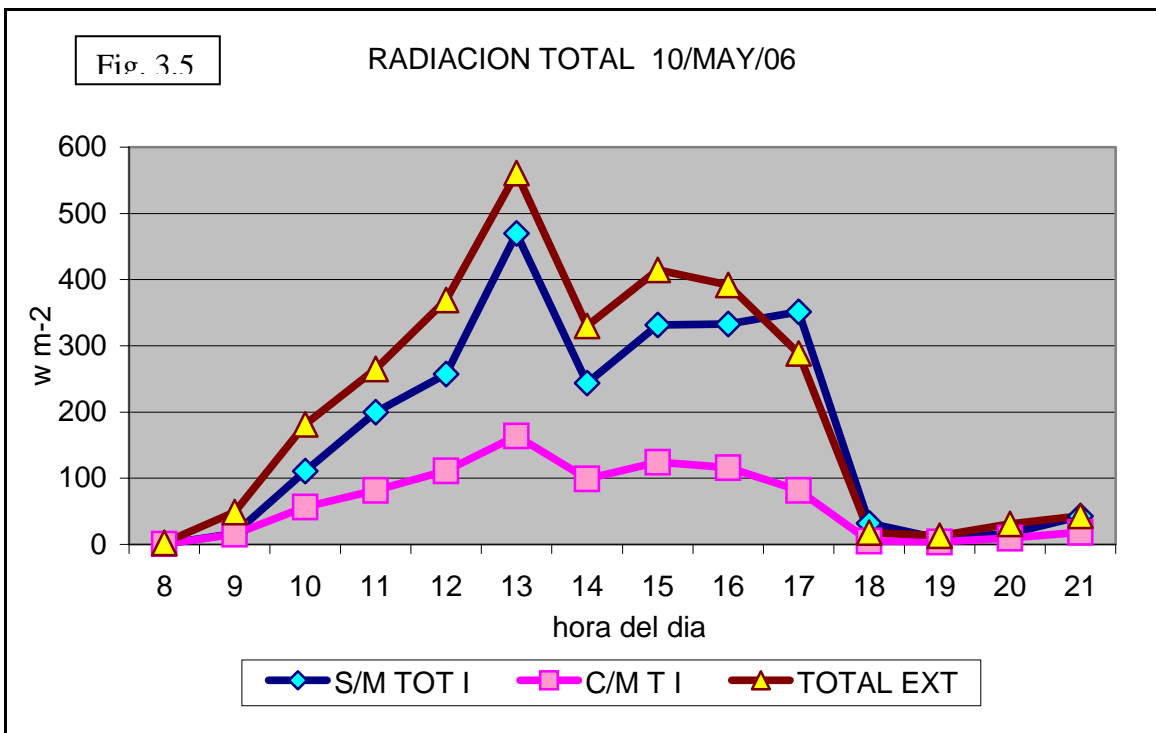
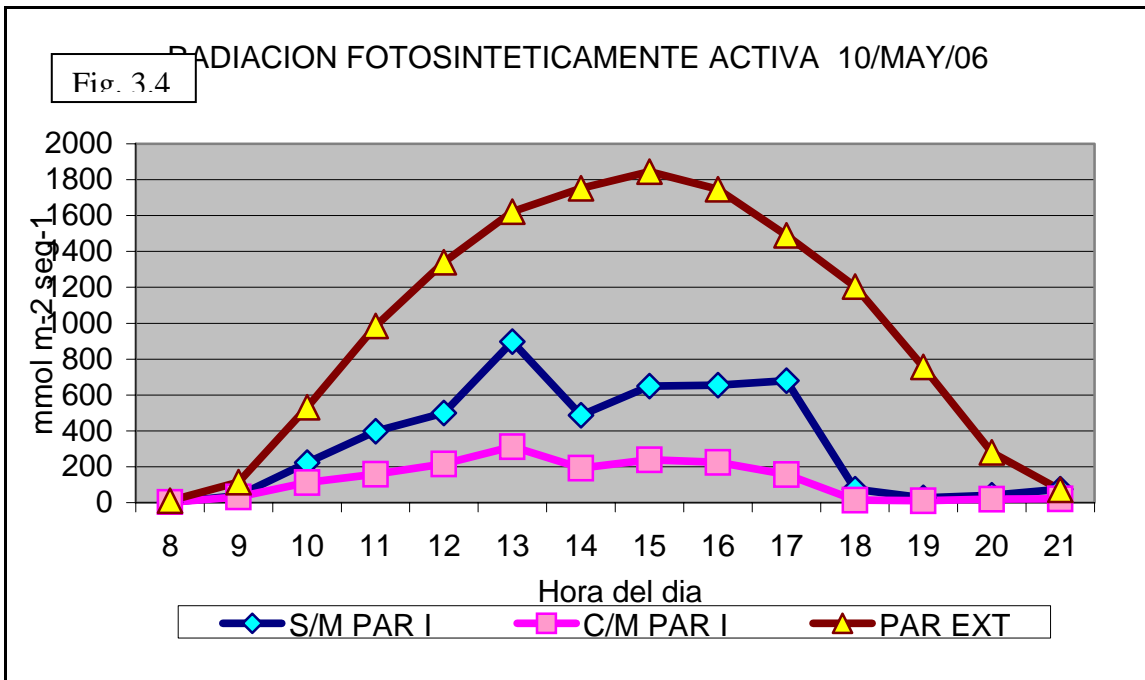


fig. 3.4; 3.5 Graficas del día 10 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

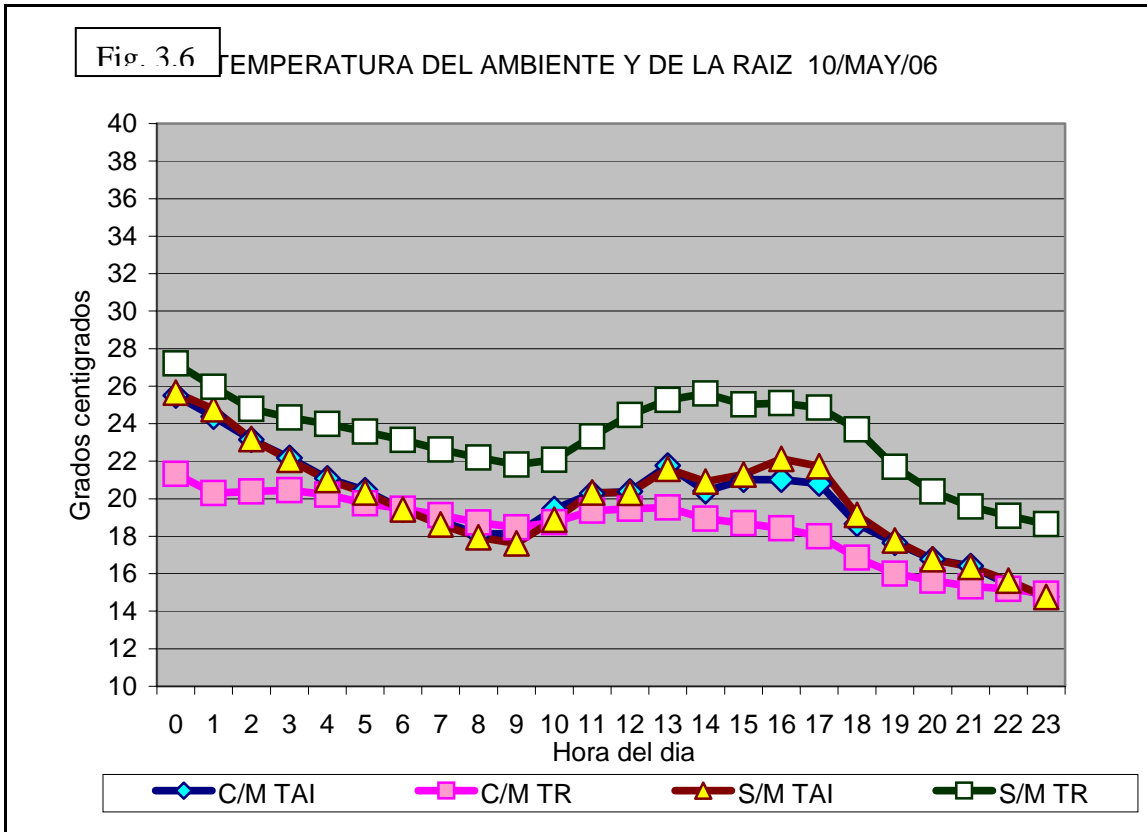


fig. 3.6 . Graficas del día 10 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y tritcale en invernaderos con y sin malla sombra.

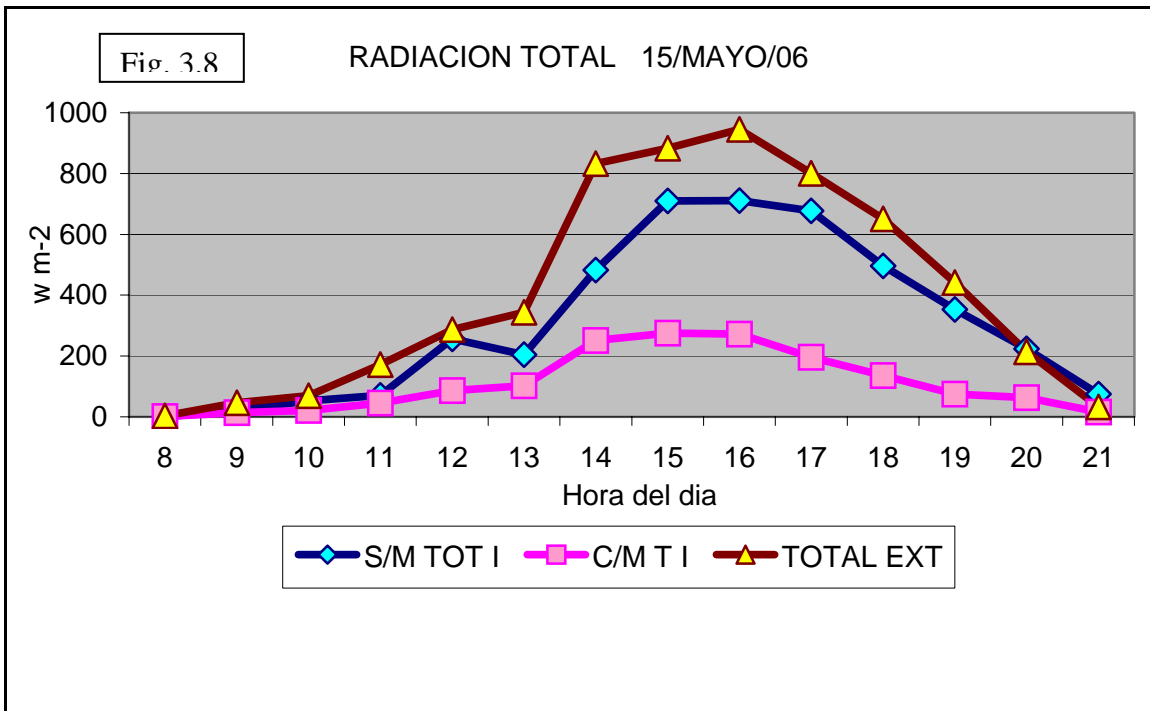
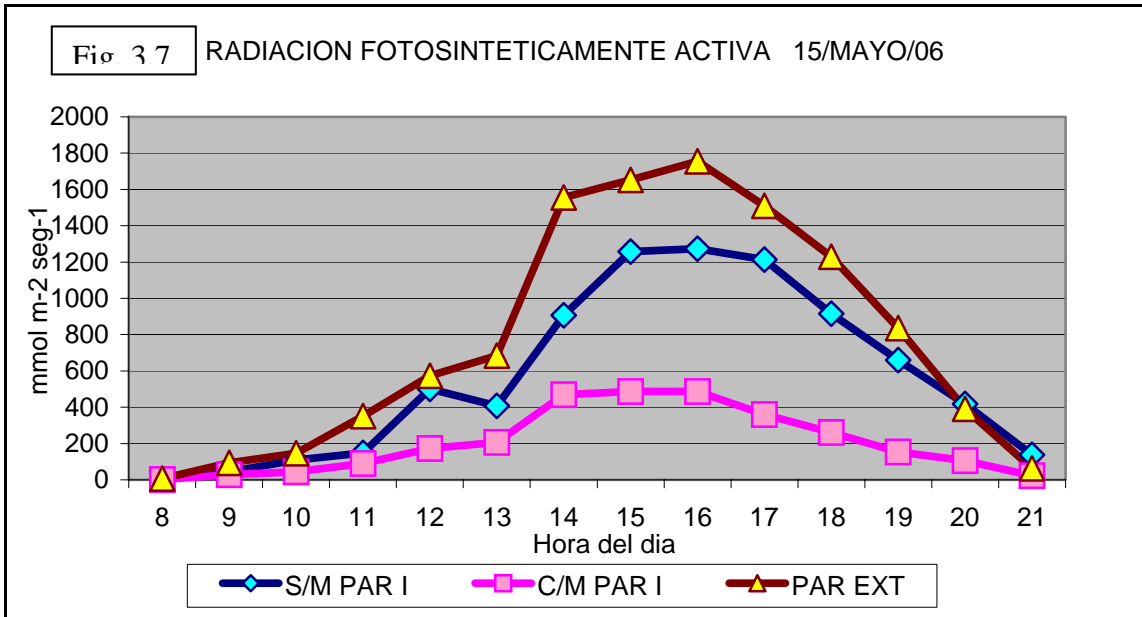


fig. 3.7; 3.8 Graficas del día 15 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

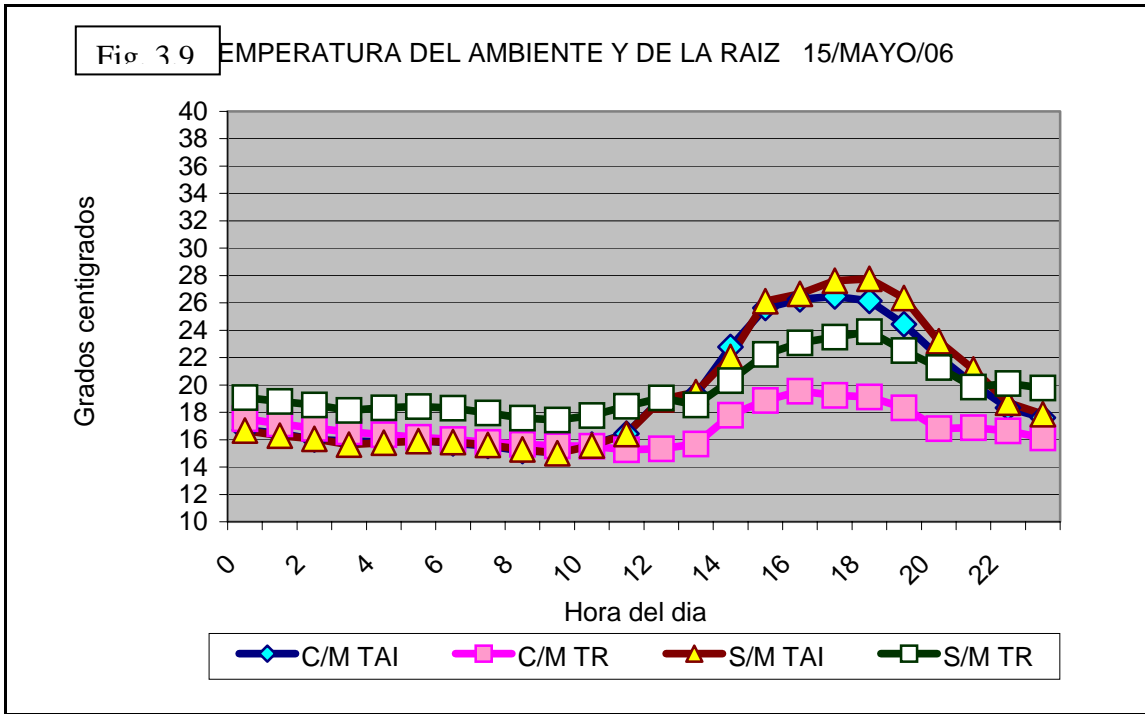


fig. 3.9 Graficas del día 15 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

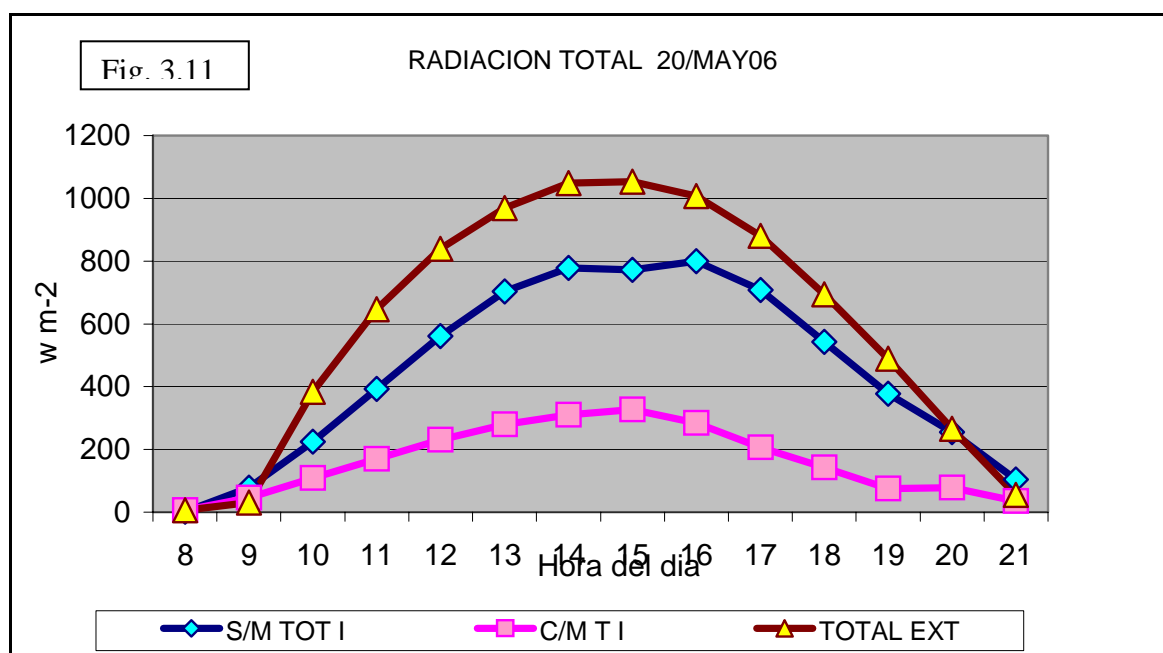
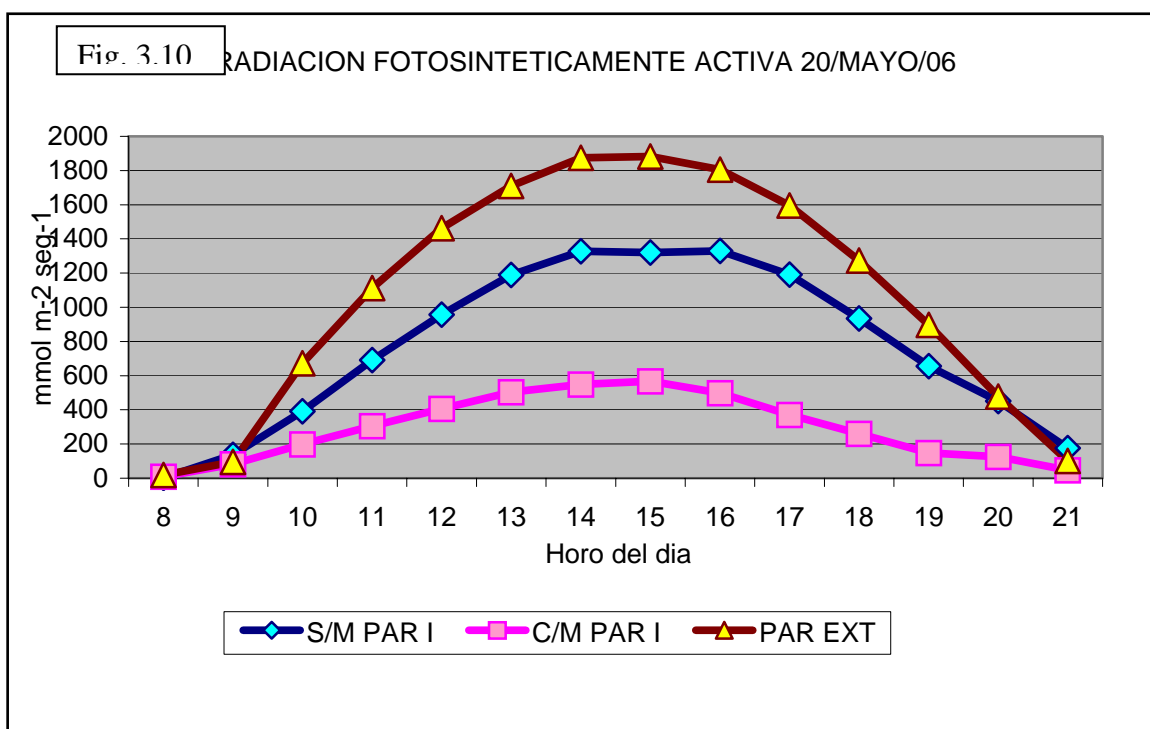


fig 3.10; 3.11 Graficas del día 20 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

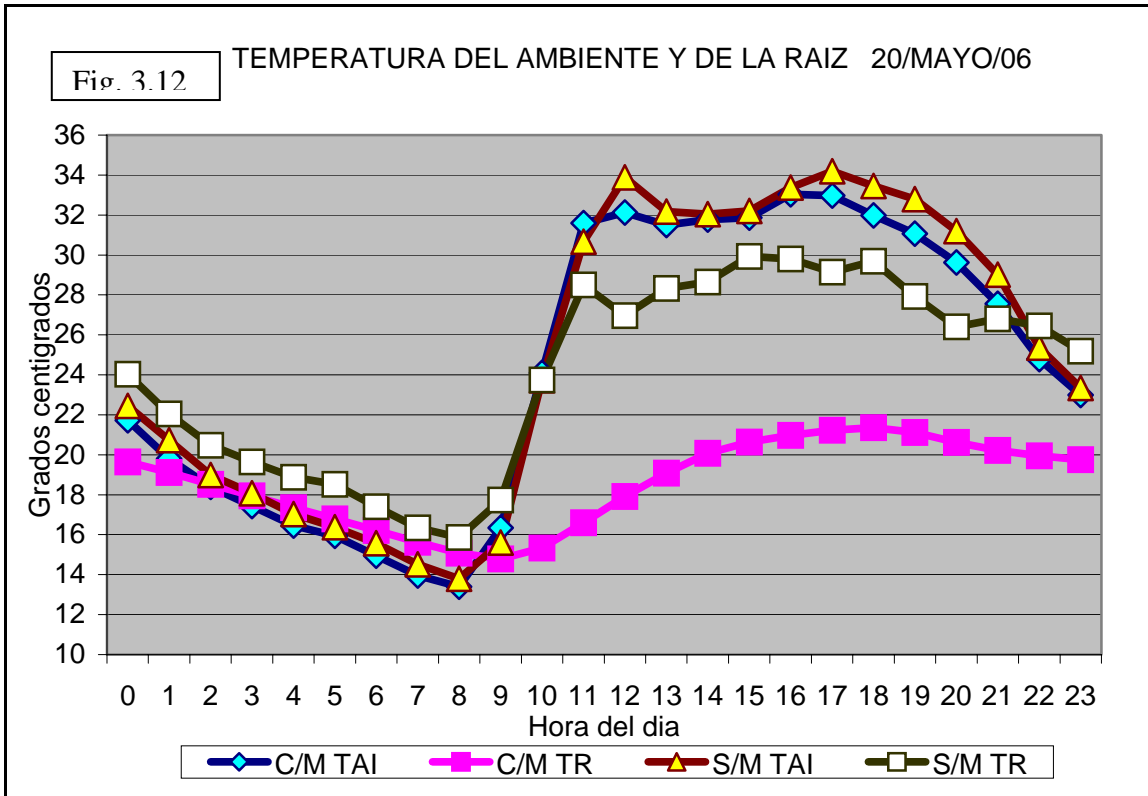


fig 3.12. Graficas del día 20 de mayo del 2006,de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticales en invernaderos con y sin malla sombra.

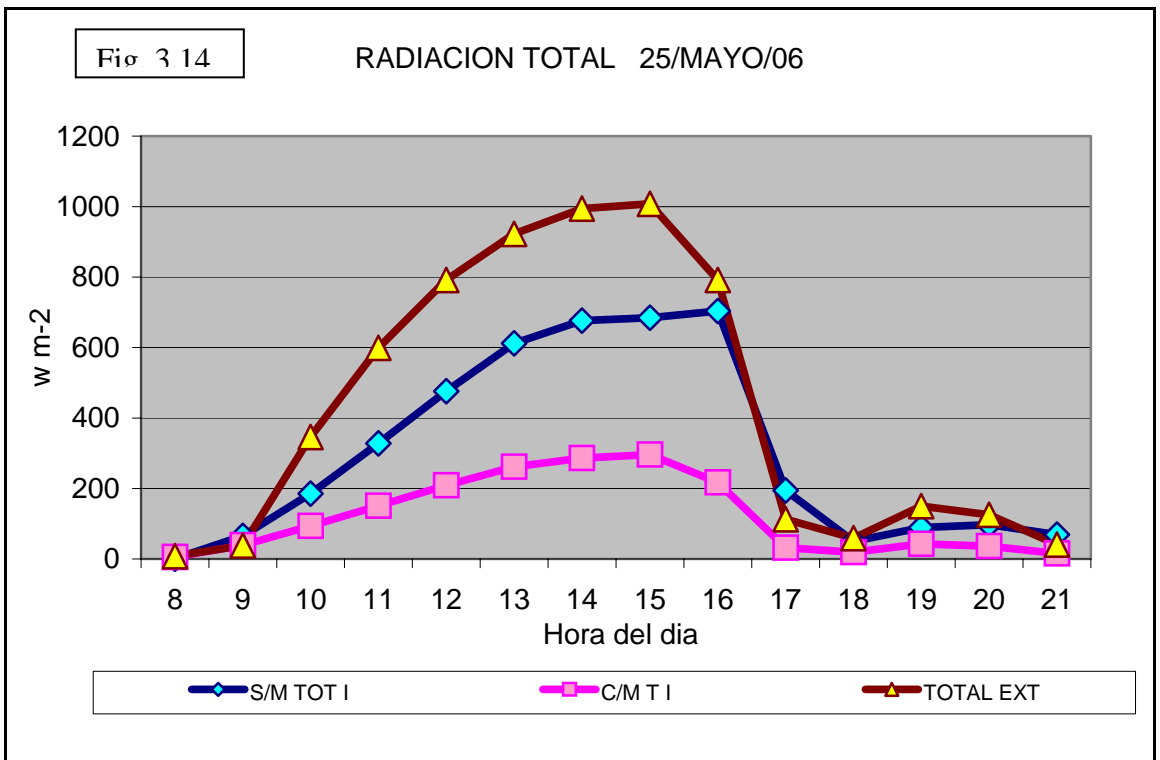
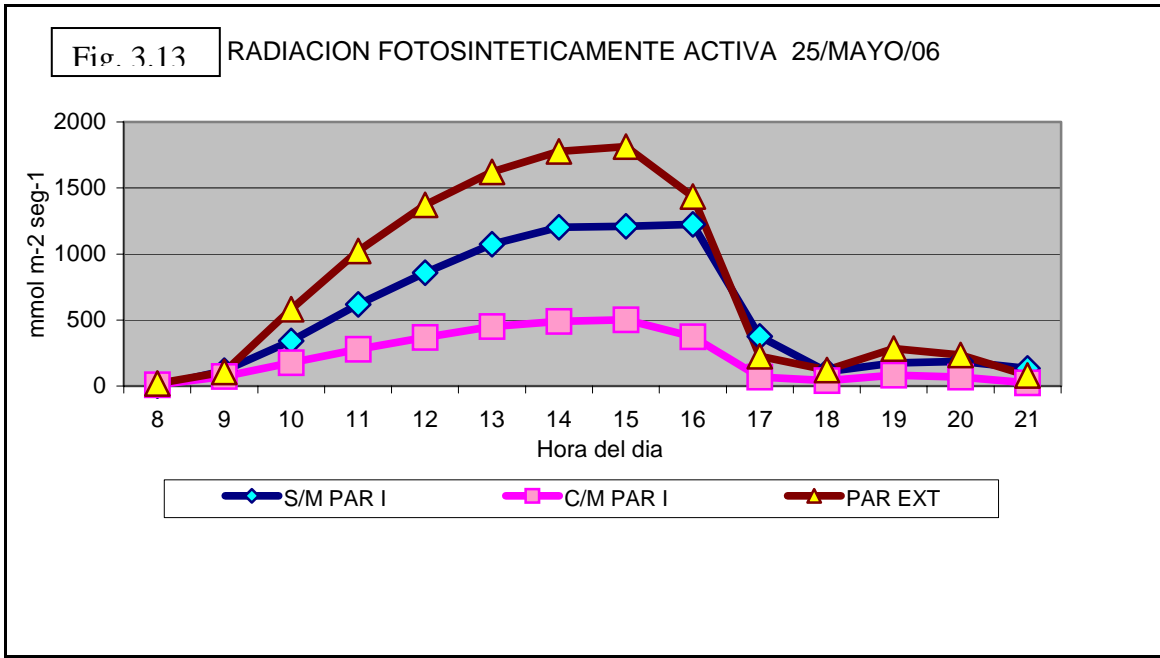


fig. 3.13; 3.14 Graficas del día 25 de mayo del 2006, de radiación fotosinteticamente activa. radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

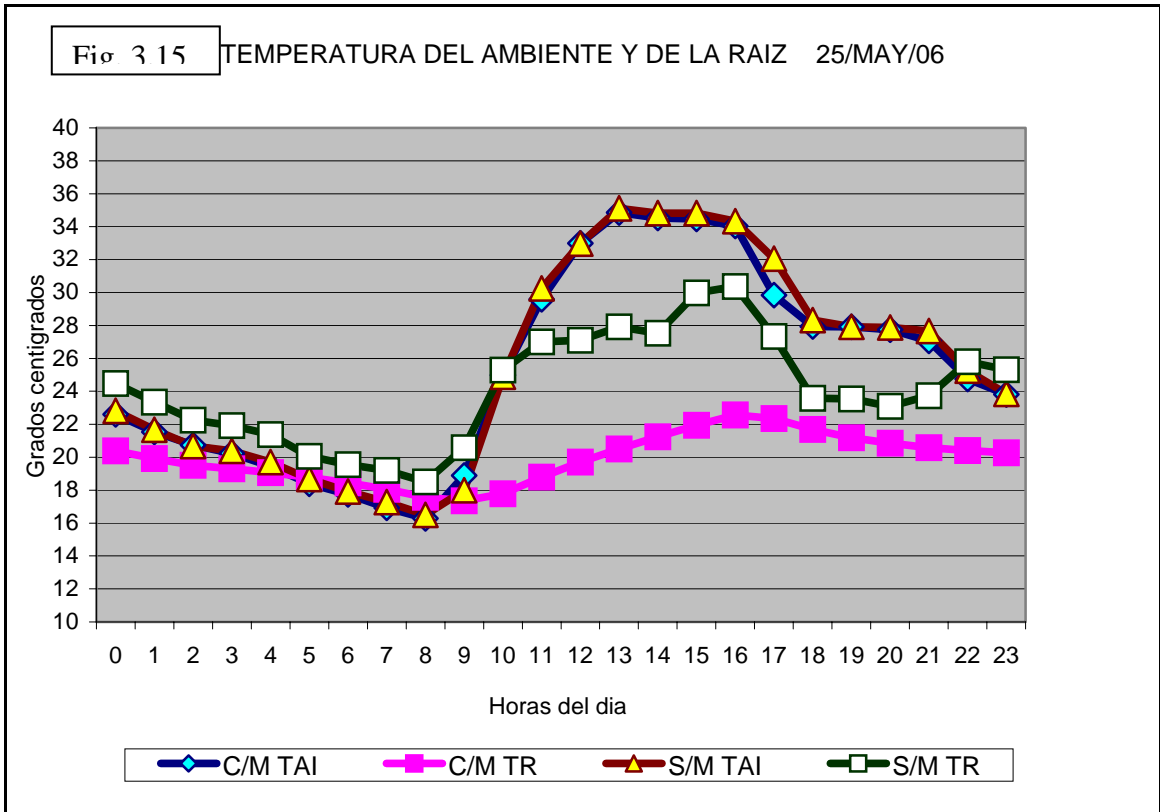


fig. 3.15. Graficas del día 25 de mayo del 2006, de radiación fotosinteticamente activa, radiación total y temperatura del ambiente y de la raíz de forraje hidropónico de trigo y triticale en invernaderos con y sin malla sombra.

CONCLUSIONES

La producción de forraje verde hidropónico es una tecnología de bajo costo, con muchas ventajas y una buena alternativa para el productor ya que la forma de producción es muy sencilla y los beneficios para el animal alimentado con FVH son excelentes, pone énfasis en el ahorro de agua y la disponibilidad de forraje fresco en cualquier época del año.

La densidad de siembra de 500gr fue la mejor y con el manejo del sombreado en la producción de FVH da mejores resultados en cuanto a eficiencia de agua, producción de biomasa en general. Durante el desarrollo de la investigación se observó un desarrollo mas efectivo cuando el cultivo era sombrado en comparación al no sombrado, esto posiblemente por la temperatura prevaleciente dentro de cada uno de los invernaderos durante el ciclo de producción.

El manejo del sombreado fue efectivo provocando aumento en la productividad y altura del forraje.

En lo referente a las fertilizaciones, no se observaron diferencias en los tratamientos en la mayoría de las variables evaluadas, lo cual para efectos de aplicación practica es muy conveniente ya que el productor minimiza los costos de producción del forraje, haciendo mas factible el uso de esta tecnología.

De las dos especies utilizadas (trigo y triticale) lo que respecta al peso la que da mayor peso es el tricale y en lo que respecta a altura, hay similitud en las dos especies.

BIBLIOGRAFIA.

- Andrade A.C. 2003. Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Almanza, G.R.J. 1984. Producción Intensiva de Forraje Verde por Medio de sistemas Hidropónicos en Cámara de Crecimiento, Memoria Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila. México.
- Arano, Carlos R. 1998. Forraje Verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra. Editado por el Autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- Canovas, F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponía. Aspectos Comunes y Diferenciales de los Cultivos con y sin suelo. Curso Superior de Especialización. Instituto de Estudios Almerienses.
- COLJAP.1997. Aprende fácil cultivos hidropónicos. Num. 9. Ediciones Culturales ver LTDA pp 137-142.
- De Leon P. Melesio.2005. Influencia del sombreado y la Fertilización Sobre el Crecimiento y Productividad de Forraje Verde Hidropónico de Maíz. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma agraria Antonio Narro.
- Díaz, V.A. 1984. Evaluación de los efectos de mallas antigranizo sobre algunos procesos fisiológicos en manzano. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 102 pp.
- FAO 2001. Forraje Verde hidropónico. Manuel Técnico. Mejoramiento de la Disponibilidad de Alimento en los centros de desarrollo infantil del INFA.

Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. Chile.

Hidalgo Miranda L.R. Producción de forraje en Condición de hidroponía 1. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción. Sede Chillán, Chile.

Huterwal, O.G.1983. Hidroponía. Cultivo de plantas Sin Tierra. Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina.

Ibarra, P.E. 1989. Estudio comparativo del efecto de la malla Antigranizo en algunos parámetros fisiológicos y morfológicos en el cultivo del manzano (*Malus silvestris L.*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 109 pp.

Knop. W.1860. Landwirtsch. Versuch-stat.2,65 y 270.

Liva S.R.H. 1994. Fisiología Vegetal. 1ª edición. Editorial Trillas.

Manuel, C.C. 1993. Horticultura. Manejo Simplificado. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Morales Oructa, 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.

Munguia, L.J.P.1985. El Acolchado de Suelos y la Practica de Riego en el Cultivo de Espinaca.(*Spinacia oleraceae L*) Var. Viroflay. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Papaseit, P. Badiola, J. Y Armengol E. 1997. Los plásticos en la agricultura. Ediciones de Horticultura. S.L. Barcelona. España. 204 pp.

Ramos, C. 1999. El uso de aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.

Resh, H.M. 1997. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. 4ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. 509 pp. Madrid España.

Revista Chapingo, vol. XV, Num. 73-74, Enero- Junio 1991.

Rodríguez, D.A., Hoyos R.M., Chang L.R.M. 2001. Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Formulación y preparación. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Departamento de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Rodríguez, S.A.C. 2003. Forraje Verde Hidropónico. 1ª edición. Editorial Diana. S.A. de C.V. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Rodríguez, A; Chang, M; Hoyos, M; Falcón F. 2000. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Sachs, J. 1860, Landwirtsch. Versuch-stat. 2, 219, y 3, 30 pp.

Sánchez, C. A. 2001. Manual técnico " producción de forraje Verde Hidropónico" Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

<http://www.vlc.fao.org/prior/segalim/forraje.htm>

Sánchez del C. F. y Escalante, R.R.E. 1988. Un sistema de producción de plantas. Hidroponía principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. 3ª edición.

SEP, 1991 Cultivos forrajeros. 2ª Edición. Editorial Trillas.

Serrano, C.Z. 1979. Cultivos de las hortalizas en invernaderos. 1ª edición. Editorial AEDOS-BARCELONA. España.

Torres, R.E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. México.

Valdivia B. E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Del 25 al 29 de marzo 1996. Lima-Peru.

Valdivia B.E.1997.Producción de forraje verde Hidropónico. Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial. Del 6 al 8 de Agosto de 1997. UNA La Molina. Lima Perú.

www.es.wikipedia.org/wiki/trigo

www. Tenax.com 1999.Mallas para la agricultura. México.