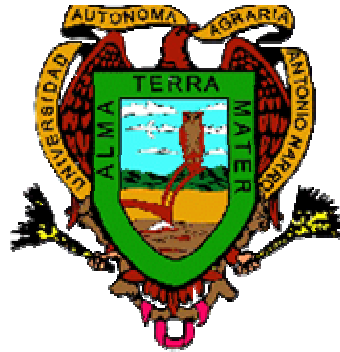


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Producción y calidad de forraje verde hidropónico de
tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*)**

Por:

Sebastián Ortiz Martín

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Calidad y producción de forraje verde hidropónico de
tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*)**

Por:

Sebastián Ortiz Martín

TESIS

Que somete a Consideración Del H. Jurado Examinador Como Requisito

Parcial Para Obtener El Título De:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

**Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Asesor principal**

**M. C. Manuel Torres Hernández
Asesor**

**Ing. Rodolfo Peña Oranday
Asesor**

**Ing. Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la División de Ciencia Animal
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2007**

Agradecimientos

A Dios por brindarme la vida, la salud, la fuerza y las ganas de salir adelante para poder terminar con la carrera profesional.

A mi ALMA MATER por haber sido mi segunda casa y el cimiento de mi formación no solo como profesionista si no también como persona.

Al Ph.D. Jesús M. Fuentes Rodríguez por su paciencia, por haber sido uno de mis profesores, por ser asesor principal de mi tesis y por tenerme la confianza para realizar este trabajo.

Al Ing. Manuel torres Hernández por haber sido uno de los asesores de este trabajo, por sus valiosos consejos y por brindarme su apoyo y confianza en la realización de este trabajo. Gracias por todo.

*Al Ing. Rodolfo Peña Oranday por haber sido uno de mis profesores y brindarme su tiempo, apoyo y paciencia en la revisión del presente trabajo.
A todos mis maestros por haber contribuido en mi formación profesional.*

“Ser buitre de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro es un orgullo que debemos poner muy en alto en todo momento”

Dedicatorias.

A mis padres y Hermanas.

Natividad Martín Martínez, Sebastián Ortiz Ramírez

A ellos les debo todo lo que soy, y les estaré eternamente agradecido porque dejan en mis manos una herencia invaluable como lo es una carrera profesional. Gracias por tenerme la confianza, impulsarme y apoyarme siempre. Gracias por ser mis padres y hermanas y por amarme como yo los amo.

A mis Hermanas

Yendi Nayeli

Ismerai sarai

Zuri sadai

Ami sadai

Por ser hermanas y amigas, GRACIAS por su apoyo y confianza

A mis abuelitos, tíos(a) y primos.

Por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi novia.

Maria del Carmen Herrera Gámez, La doy gracia y dedicar este trabajo por haberme brindado su amor y todo su apoyo desde que nos conocimos.

Ponme como un sello sobre tu corazón como una marca sobre tu brazo, porque fuerte es como la muerte nuestro amor.

Cantares

8:6.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
INDICE.....	III
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen del cultivo de la alfalfa.....	4
Botánica de la alfalfa.....	4
Importancia económica del cultivo de la alfalfa	5
Historia de la Hidroponía.....	5
Importancia de la hidroponía.....	9
Ventajas de la hidroponía.....	10
Desventajas de la hidroponía.....	10
Sistemas hidropónicos.....	11
Raíz en sustrato sólido.....	11
Raíz en medio líquido.....	12
Raíz en medio Aeropónico.....	12
Metodología de producción de alfalfa en hidroponía.....	13
Selección de la semilla.....	13
Lavado y desinfección de la semilla.....	13
Pregerminación.....	14

Siembra.....	15
Riegos.....	17
Cosecha.....	19
Requerimientos de alfalfa en hidroponía.....	20
Humedad.....	20
Oxigenación.....	20
Temperatura.....	21
Luz.....	21
Instalaciones.....	21
Características nutricionales.....	22
Recomendaciones para la alimentación animal.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Material genético.....	26
Pruebas de germinación de los materiales utilizados.....	26
Metodología de trabajo.....	28
Variables analizadas.....	31
Variables registradas.....	32
Diseño experimental.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47
PAGINAS DE INTERNET CITADAS.....	49
APENDICE.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro 1.	Porcentaje de germinación.....	35
Cuadro 2.	Gasto de agua por día en la producción de FVH.....	43
Cuadro 3.	Promedios de las alturas y pesos a los 5, 10 y 13 días.....	45

INTRODUCCIÓN

La hidroponía es una técnica de producción agrícola en la que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en lugar de suelo se puede utilizar como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución. Esta técnica se puede definir como la ciencia del desarrollo de la planta sin utilizar suelos propiamente, sino un medio inerte que se le denomina a menudo cultivo sin suelo. Mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero cultivo hidropónico (Sánchez y Escalante, 1983).

El cultivo hidropónico en un principio era solamente en agua, a la cual se le agregaban los elementos nutritivos. Varios de los métodos hidropónicos actuales emplean algún tipo de medio de cultivo, tales como grava, arenas, piedra pómez, perlita, a los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.

Hoy en día, la técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos.

La concepción común de hidroponía es que las plantas son cultivadas eficientemente sin suelo y para ello los elementos esenciales para su crecimiento son proporcionados periódicamente a las raíces a través de una solución nutritiva (Resh, 1997).

El forraje verde hidropónico (FVH) figura 1 es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) de alta palatabilidad para cualquier animal y con un excelente valor nutritivo.

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH.

Justificación

Debido a que cada vez son mas diversos los cambios climáticos y el deterioro de la tierra, se tiene que una alternativa es la producción de forraje verde hidropónico bajo condiciones de invernadero, en este caso la alfalfa ya que se puede producir durante todo el año y sin necesidad del suelo, además incrementa la calidad nutritiva del forraje.

Objetivos

- Determinar la producción de alfalfa (medicago sativa) bajo condiciones de invernadero de tres variedades, Atlixco, Valenciana y San Miguelito, utilizando una densidad de siembra de 1Kg./0.27m².
- Determinar el crecimiento de la alfalfa en hidroponia en los materiales antes mencionados
- Determinar la altura y peso de la alfalfa hidropónica bajo condiciones de invernadero.
- Estimar el gasto de agua en la produccion de alfalfa en hidroponía

Hipótesis

HA.- Existe diferencia entre variedades de alfalfa (Atlixco, Valenciana y San Miguelito en cuanto a producción y crecimiento en hidroponía bajo condiciones de invernadero.

HO.- No hay diferencia entre las variedades evaluadas bajo cultivo hidropónico.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo de la alfalfa

La alfalfa tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Caúcaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí Paso a Italia en el siglo IV a. C. La gran difusión de su cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del Norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa.

Botánica de la alfalfa

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa*. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos. (www.infoagro.com).

Tallos. Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la siega.

Hojas. Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados.

Flores. La flor característica de esta familia es la de la subfamilia *Papilionoidea*. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.

Fruto. Es una legumbre indehiscente, sin espinas, que contiene entre 2 y 6 semillas

amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm. de longitud.

Importancia económica de la alfalfa

Se trata de un cultivo muy extendido en los países de clima templado. La ganadería intensiva es la que ha demandado de forma regular los alimentos que ha tenido que proveer la industria, dando lugar al cultivo de la alfalfa. La importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte. Por ser una especie pratense y perenne, su cultivo aporta elementos de interés Como limitador y reductor de la erosión y de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación.

Historia de la hidroponía

El conocimiento que hoy se tiene de la hidroponía es el resultado del trabajo de muchos investigadores, por lo que es necesario contar con una visión histórica sobre su desarrollo.

La posibilidad de cultivar plantas sin tierra, fue admitida en el pasado por hombres de ciencia dedicados a la botánica pura.

Jan Baptista Van Heltmon (1557-1644), inició el estudio científico que inspiró el descubrimiento de los nutrientes que conforman las plantas, concluyó que las plantas obtienen sustancias del agua, para su crecimiento; sin embargo, ignoró el aporte de la tierra y del aire, en el crecimiento de las plantas (Sánchez y Escalante, 1983).

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1983).

Jean Serebier (1742-1809), clérigo y científico Suizo, encontró que la cantidad de oxígeno desprendida por las hojas sumergidas era proporcional a la cantidad de anhídrido carbónico disuelto en el agua. Fue el primer científico que tuvo una visión clara sobre la fotosíntesis. Años más tarde, en 1851, Jean Baptiste Boussingault (1802-1887), un científico francés dedicado al estudio de la química agrícola y conocido como el fundador de la agricultura como ciencia, confirmó las apreciaciones de De Saussure, a través de sus experimentos con medios inertes. Boussingault ideó varias soluciones nutritivas a base de agua y diferentes combinaciones de elementos puros obtenidos de la tierra, arena, cuarzo y carbón de leña, a los que agregó soluciones de composición química conocida; concluyó que el agua era esencial para crecimiento de las plantas al suministrar hidrógeno y que la materia seca de la planta está constituida por carbono, hidrógeno y oxígeno, provenientes del aire. Boussingault, comprobó que las plantas contienen nitrógeno y otros elementos minerales que extraen de la tierra; de igual forma, identificó los elementos minerales y las proporciones que de cada elemento necesitan las plantas para su crecimiento (www.drcalderonlabs.com). Simultáneamente, Justus Von Liebig (1803-1873), investigador alemán, desarrolló su teoría mineral de los fertilizantes y afirmó que el

suelo aportaba solamente compuestos solubles e inorgánicos, en contraposición a la teoría del humus, que era la más aceptada en ese momento, que consideraba que la materia orgánica del suelo era la única fuente del carbón que absorbían las plantas. Salm-Horsmar, en 1856 desarrolló nuevas técnicas para el uso de arena y otros sustratos inertes en el cultivo de las plantas. Todos estos avances y conocimientos fueron profundizados por Julius Von Sachs (1832-1897), profesor de Botánica en la Universidad de Wurzburg y W. Knop, químico agrícola, conocido como "El Padre de la Cultura del Agua". En 1860, Sachs publicó la primera fórmula estándar para una solución de nutrientes que podría disolverse en agua y en la que podrían crecer plantas con éxito (www.drcalderonlabs.com). Hacia 1861, Knop desarrolló la técnica de cultivo en solución nutritiva, metodología usada a partir de entonces en los laboratorios de fisiología para investigar sobre la nutrición vegetal (Sánchez y Escalante, 1983).

Uno de los investigadores que más influyó en este campo, fue William Frederick Gericke, profesor de la Universidad de California en Berkeley, quien durante la década de 1930, aparte de haber dado el nombre a esta ciencia al unir las raíces griegas hydro (agua) y ponos (trabajo), lo que significa literalmente "trabajo en agua", también desarrolló experimentos comerciales a gran escala. La consagración práctica de la hidroponía ha correspondido a las fuerzas armadas que del lado de las naciones democráticas intervinieron en la última guerra mundial. La importancia que habrían de adquirir los cultivos hidropónicos, fue la llevada a cabo por el ejército de los EEUU durante la segunda guerra mundial en la Isla Ascensión, donde se construyeron inmensos piletos de cemento que sirvieron para cultivar diversas

variedades de plantas hortícolas, que le permitieron a los soldados comer miles de toneladas de alimentos frescos durante ese período (www.gcaconsultora.com.ar). A partir de 1950 el incremento de las plantaciones hidropónicas se extendió por todo el mundo y en especial ha servido para ampliar y habilitar áreas en donde la agricultura tradicional era imposible de practicar (zonas desérticas, contaminadas, con poca disponibilidad de agua, etc.). El desarrollo del plástico, influyó en forma positiva no solo en la agricultura en general, sino también en la hidroponía, ya que solucionó muchos de los problemas relacionados con la contaminación de la solución nutritiva por la corrosión de elementos metálicos y de concreto empleados en algunos de los componentes del sistema. Simultáneamente, se ha llegado a conocer con mayor exactitud la demanda de cada uno de los elementos nutricionales por parte de la gran mayoría de las plantas cultivadas, en cada una de sus fases de desarrollo. Aunque aún hay muchas cosas por mejorar, la nutrición vegetal es cada vez más sencilla y equilibrada. De igual forma, el avance tecnológico en el diseño de calentadores eléctricos, de aceite, gas o gasolina, ha permitido la instalación de invernaderos y plantaciones hidropónicas en los lugares más fríos y remotos del planeta. La hidroponía se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas; y el continuo aumento poblacional que afecta al planeta. Hoy la hidroponía es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y de la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo (www.drcalderonlabs.com).

Importancia de la hidroponía

En un mundo superpoblado, con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación; con climas cambiantes y mayores requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, por sus especiales características, brinda nuevas posibilidades donde los cultivos tradicionales están agotados. La hidroponía resulta muy conveniente, pues no se tiene que depender ni de las temporadas de siembra, como en la agricultura tradicional, ni de las variaciones del clima. Es una excelente solución al problema de la producción en zonas áridas o muy frías, en las que la agricultura resulta muy difícil aplicarse si no se emplean métodos muy costosos y complicados (www.gcaconsultora.com.)

Los productos que se obtienen por hidroponía son mucho más abundantes y sanos que los del cultivo tradicional. Hasta ahora, los establecimientos dedicados a los cultivos hidropónicos, han estado orientados fundamentalmente a la producción de alimentos para el hombre, aunque sus posibilidades son mucho más amplias, como ser también, la nutrición animal a través del cultivo de forraje verde hidropónico.

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de leguminosas o gramíneas (alfalfa, trigo, cebada, sorgo, maíz, etc.), que se realiza captando la energía del sol y absorbiendo los nutrientes disueltos en la solución hidropónica, en ausencia total de suelo. El ciclo de producción es de 10 a 15 días. Con el forraje verde hidropónico se puede alimentar sin inconvenientes ganado vacuno, porcino, caprino y equino, conejos y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados (Samperio, 1997).

Ventajas de la hidroponía

- Requiere una superficie mucho menor para obtener igual cantidad de producción. Realizando instalaciones superpuestas, puede multiplicarse aún más el espacio.
- Se acorta el período de cultivo. El desarrollo de la planta es más rápido.
- Las plantas desarrollan poco sus raíces pues están directamente en contacto con los nutrientes y logran un crecimiento extraordinario de tallos, hojas y frutos.
- Requiere mucho menor mano de obra, ya que no es necesaria la remoción del suelo, efectuar trasplantes, limpiar los cultivos de malezas, aplicar fertilizantes, etc. reduciéndose además las tareas de recolección de los frutos, entre otras ventajas.
- La presentación de los productos obtenidos es superior a la de los cultivados en tierra.
- Mantiene los cultivos en un medio fitosanitario bueno. Facilita el control de las plagas en los cultivos.
- Disminuye los gastos para las operaciones de cultivo.
- El sistema de cultivo hidropónico, permite la incorporación de personal, que por sus características (avanzada edad, discapacitados, etc.) no podrían realizar tareas en los cultivos tradicionales
- Resuelve el problema del cansancio del suelo. (www.gcaconsultora.com.ar)

Desventajas

- Requiere para su manejo a escala comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de la fisiología vegetal y de la química inorgánica.

- A escala comercial el gasto inicial es relativamente alto, ya que se necesitan invernaderos e infraestructura a utilizar.
- Pueden presentarse fracasos a nivel comercial, por mal manejo de soluciones nutritivas, o causar toxicidad a las plantas.
- Es necesario tener conocimiento de la especie que se cultive en el sistema. (Sánchez y Escalante, 1983)

Clasificación de los métodos de cultivo en hidroponía

Si bien el principio de suministro de nutrientes en la hidroponía es siempre el mismo - consiste en humedecer las raíces de las plantas con una solución de sales balanceadas disueltas en agua - lo que puede variar, es el sistema empleado para poner las raíces en contacto con el líquido.

Existen tres formas básicas de suministrarle los nutrientes a las plantas: humedeciendo el sustrato en el que están ubicadas; colocando las raíces directamente en el líquido de la solución o aplicándole ésta en forma de spray, mediante un pulverizador, directamente sobre las raíces.

De acuerdo al sistema empleado para nutrir a las plantas, la hidroponía se puede clasificar de la siguiente manera: raíces en sustrato sólido, en medio líquido o en medio gaseoso (www.gcaconsultora.com).

Raíz en sustrato sólido

En esta modalidad de cultivo las raíces se ubican en un medio sólido o sustrato como arenas, gravilla, escoria de carbón, ladrillo molido, piedra pómez, cascarilla de arroz, aserrín, viruta de madera, arcilla expandida, vermiculita, lana de roca, etc. Este

sistema de cultivo es el mas empleado en Latinoamérica, es así como en algunos lugares volcánicos del Ecuador se emplea la piedra pómez, en regiones industriales la escoria de carbón, en zonas agrícolas la cascarilla de arroz, las diferentes clases de arenas son empleadas en zonas urbanas, los retales de ladrillos libres de materiales de construcción son empleadas en zonas marginadas de las ciudades (www.drcalderonlabs.com).

Raíz en Medio Líquido

La raíz desnuda, aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios por la planta; dentro de esta modalidad se cuenta con varios sistemas entre ellos: N.F.T. Técnica de cultivo en flujo laminar donde las raíces extendidas sobre canales reciben láminas delgadas provee una bandeja gigante, para un amplio desarrollo de raíces. La solución nutritiva suministrada esta en continuo movimiento y la cantidad de elementos nutrientes estrictamente controlados uno a uno (www.drcalderonlabs.com).

Raíz en medio Aeropónico

Las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina. Sea cual fuere la modalidad a emplear esta debe ser analizada teniendo en cuenta: disponibilidad de medios o sustratos, cantidades de agua, costos de montaje, especies a cultivar, disponibilidad de mano de obra, objetivo propuesto etc. En América Latina, las modalidades más utilizadas ha sido la de la Hidroponía en sustratos, especialmente cascarilla de arroz, tanto cruda como quemada. Por su lado las hortalizas han sido cultivadas en medios líquidos, este ultimo empleando el sistema NFT. Los estanques y los potes se han

utilizado a nivel experimental, el sistema aeropónico ha sido utilizado a nivel didáctico y recreativo (www.drcalderonlabs.com).

Metodología de producción de alfalfa en hidroponía

Selección de semilla

Se debe de utilizar semilla de cereales o leguminosas sin malezas y libres de plagas y enfermedades, evitar los transgénicos. No deben de provenir de lotes tratados con insecticidas o fungicidas. La humedad más deseable es de un 12% y debe de haber tenido un reposo para que se cumpla con los requisitos de madurez fisiológica. Las especies más utilizadas son el maíz, la cebada, el trigo y el sorgo (Cultivos hidropónicos).

En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local (Sánchez, 2001).

Lavado y desinfección de la semilla

Las semillas deben lavarse y desinfectarse (figura 1). Existen varias formas de eliminar agentes patógenos en el proceso mediante varias sustancias como; hipoclorito de sodio, hidróxido de sodio (sosa común) e hidróxido de calcio a las que son susceptibles hongos y bacterias. El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias.

Independientemente de la semilla y la sustancia que se use para desinfectar, pasados de 10 a 15 minutos se debe retirar todo el material que flote: basuras, lanas, cualquier tipo de impurezas, esto es suficiente para retirarlas ya que ocasionan problemas de podredumbre. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso de las semillas con agua (Rodríguez, 2003).



Imagen 1.- Lavado y desinfección de la semilla

Pregerminación

La pregerminación es un remojo común, donde se lleva a cabo el proceso de imbibición, es decir, el tiempo que tarda la semilla en absorber el agua necesaria para romper su estado de latencia. Los factores determinantes en la pregerminación son la temperatura, humedad y oxigenación.

Es conveniente poner la semilla en un recipiente de mayor tamaño, tomando en cuenta que aumentará un 15 a un 20% de volumen. Se debe cuidar que la capa superior no se reseque, es decir dejar una cantidad de agua suficiente en la capa superior (Rodríguez, 2003).

El tiempo de remojo es variable; cuando la temperatura es alta (verano), el número de horas puede variar de 18 a 20 hrs, mientras que en invierno dura como máximo 24 horas. Lo importante en el remojo es la imbibición del grano, para comprobar que el proceso de imbibición se ha dado, el agua después de este debe ser de color amarillo lechoso (Valdivia, 1997).

Siembra.

La siembra se hace en las charolas ó contenedores cuidadosamente para evitar daños al grano; la densidad de siembra será de acuerdo al grano a sembrar y el tamaño de las charolas.

La mejor densidad de siembra para Trigo y Cebada se reporta entre 5.2 Kg. y 3.9 Kg. por 1 m² (Rojas, 1996).

Para el caso de maíz la densidad de siembra puede ser de 6 Kg. en 1 m² (Caballo, 2000).

Los contenedores o recipientes a utilizar deberán estar perforados para drenar el exceso de agua, estas pueden ser de diferente material ya sea de metal, madera, plástico o fibra de vidrio.



Imagen 2.- Lavado de charolas para germinar.

Se debe tapar la semilla con un paño, papel o puede ser cualquier tela delgada; (figura 3) en el mercado existe una tela sintética llamada peyón la cual es muy útil.

Esta tela sintética se coloca encima de la semilla para conservar la humedad de las capas superiores; de lo contrario, las semillas perderían humedad rápidamente, y se perdería aproximadamente del 5 al 8% de la germinación (Rodríguez 2003).



Imagen 3.- Charolas cubiertas con papel para retener humedad.

Riegos

Una vez sembradas, las charolas se colocan en el sitio permanente de desarrollo. A partir de éste momento se inician los riegos permanentes con la solución nutritiva o con agua corriente. Los riegos se aplican sobre el papel o tela, y una vez que se haya formado una parte del colchón radicular y empiecen a emerger las plúmulas el papel o telas serán retiradas, sobre todo cuando las primeras hojas comiencen a ponerse verdes (Rodríguez, 2003).

Riego de las charolas.

El riego de las charolas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de microaspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo (Sánchez, 2001).



Imagen 4.- Riego con microaspersores

El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH.

Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular (Valdivia, 1996).

Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible y de las temperaturas externas e internas de la nave.

Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido de 6 a 8 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos dependiendo de la temperatura dentro del invernadero. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersion sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua. En los sistemas hidropónicos con control automático, el riego

se realiza mediante aspersiones muy reducidas por 10 minutos, cada 6 horas (Less 1983, citado por Hidalgo, 1985).

Cosecha.

Esta es la culminación del proceso y se realiza después de obtenido el tamaño de hierba requerido, generalmente con una altura promedio de 25 cm con una duración de 9 a 15 días (Rodríguez, 2003).

Se retira del recipiente el colchón radicular, conteniendo los tallos, las hojas, algunas semillas no germinadas, las raicillas, y los residuos de semilla germinada (figura 5). Por la densidad de siembra, dicha estructura en conjunto forma un bloque compacto que puede retirarse fácilmente de la charola. Dependiendo del animal al que haya que alimentar se desmenuza o se reparte en forma entera.



Imagen 5.- Colchón con tallos, hojas, raicillas y semillas sin germinar.

Existe una estrecha relación entre el tamaño y el porcentaje de proteína que contiene este alimento; por ejemplo la cebada alcanza su punto optimo a los 16 cm

de altura, y precisamente a esa altura está el mayor contenido de proteína (Rodríguez, 2003).

Cada planta y variedad conserva una relación diferente entre el tamaño y porcentaje de proteína. De acuerdo con el tipo de semilla que se decida utilizar, habrán de hacerse los análisis respectivos para encontrar la manera más adecuada de alimentar a los animales.

El forraje producido debe ser ingerido en el mismo día de cosecha, esto no impide almacenarlo por más tiempo; con un adecuado suministro de agua, la hierba puede durar 2 a 3 días más, pero adicionarle más tiempo no es recomendable ya que el contenido nutricional empieza a alterarse significativamente y pierde mucho valor alimenticio (Valdivia, 1996).

Requerimientos del Forraje Verde Hidropónico

Humedad

De todos los factores que afectan la vida de las plantas, el agua es el más importante en tanto que sus procesos fisiológicos se realizan en presencia de esta. La humedad que la planta necesita es proporcionada mediante el riego, que se hará de acuerdo con el tipo de instalación (Rodríguez, 2003).

Oxigenación

Aquí la semilla inicia sus procesos metabólicos, de los cuales el más importante es la respiración, la semilla comenzará a demandar oxígeno y a emitir gases. En recipientes pequeños este gas tenderá a salir por sí solo pero en

recipientes de mayor tamaño como tambos será necesario mover la semilla con el fin de dar salida a los gases e incorporar oxígeno; con una vez que se mueva cada 8 o 10 horas será suficiente (Rodríguez, 2003).

Temperatura

Existen tres tipos de temperatura, la mínima en la cual hay crecimiento muy lento y bajo la cual no hay crecimiento, y la máxima, por encima de la cual se interrumpe todo desarrollo. El crecimiento de la mayor parte de las plantas se realiza entre 10 y 30°C. Estos parámetros pueden variar de acuerdo con las diferentes variantes para cada especie.

Luz

Favorece la germinación de las semillas de muchas especies y retrasa e inhibe la de otras; sin embargo, el efecto de la luz es modificado por la combinación de otros factores. En la producción de forraje verde hidropónico, la luz no inhibe ni retrasa los procesos de germinación (Rodríguez, 2003).

Instalaciones

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

normal de forraje (sequías recurrentes, inundaciones) o simplemente suelos malos o empobrecidos (Sánchez, 2001).

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica. Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que va desde aquellas más simples construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH.

En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control (relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO₂). Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en (Sánchez, 2001).

Características nutricionales del Forrajes Hidropónico

En cuanto a la calidad del forraje verde hidropónico, el consumo de este ha demostrado excelentes resultados en animales monogástricos y poligástricos; ya que estos animales consumen las primeras hojas (parte aérea) los restos de las semillas y la zona radicular, todo lo cual constituye un alimento completo y rico en nutrientes.

Los forrajes tiernos en condiciones normales de siembra en suelos, poseen entre 23% y 25% de contenido proteico referido a sustancia 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 proteico. La proteína contenida en forrajes tiernos, es de mayor digestibilidad que en

plantas maduras. Los forrajes tiernos contienen poca fibra bruta, respecto a una planta adulta; y está representada por celulosa pura. 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 coeficiente 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 (Rodríguez, 2003).

Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente carotenos de 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 (Valdivia, 1996).

En el Forraje Verde Hidropónico todas las vitaminas se presentan libres y solubles y por lo tanto, asimilables directamente. 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 (Valdivia, 1996).

El caroteno aumenta en 100% en el grano 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.

Las raciones hidropónicas son inmediatamente asimilables, ya que su digestibilidad es un 80%. La palatabilidad es excelente. Su aspecto, color, sabor, textura, le confieren gran palatabilidad a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal (Valdivia, 1996).

Recomendaciones para la alimentación animal

Con el uso de FVH se han obtenido excelentes resultados en la alimentación de vacunos, porcinos, caprinos y conejos.

Para la alimentación de vacunos se suelen suministrar de 12 a 18 Kg. de FVH, repartidos en dos raciones generalmente a la hora del ordeño, suprimiendo otros complementos, como los concentrados. La anterior ración es suficiente para complementar en forma adecuada la dieta de una vaca lechera al aportar 1800 gramos de proteína por día. Se han encontrado aumentos en la producción lechera entre un 10% y 20% frente a dietas tradicionales (Cultivos hidropónicos).

Para la alimentación de cerdos se han utilizado dosis de 2 hasta 6 Kg. diarios de FVH estas dosis reemplazan la ración de concentrado entre un 20% y 50%, el óptimo está alrededor de un 30%. Se usa en los períodos de crecimiento y ceba que van desde los 16 hasta 90 Kg. de peso vivo del animal (Cultivos hidropónicos).

También el FVH se ha utilizado en la alimentación de conejos, como complemento proteínico a la fibra proveniente de otras fuentes, suministrando a cada

animal adulto entre 300 y 500 gramos diarios. Debe evitarse el suministro de forraje muy húmedo para contrarrestar posibles problemas de timpanismo, un desorden fisiológico causado por la ingestión de materias vegetales muy ricas en nitrógeno y a la vez muy húmedas (Cultivos hidropónicos).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se inició el jueves 15 de Marzo del 2007 en el área de invernaderos, localizado en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Ubicada en los 25° 22” de latitud Norte y 110° 00” de longitud Oeste con una altitud de 1742 msnm (García, 2004)

Características del Invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento es el invernadero No. 2, el cual tiene las siguientes características: es de tipo semicircular, 9.15 m de frente por 30.5 m de largo y 4.5 m de alto. Cubierta de acrílico TR12 color blanco lechoso que durante el experimento contó con una intensidad de luz del 85%. Cuenta también con dos extractores, pila de enfriamiento, termostato y camas de siembra.

Descripción de los materiales utilizados

Material Genético

Las variedades de alfalfa utilizadas en esta investigación fueron: Atlixco, Valenciana y San Miguelito.

Pruebas de germinación de los materiales utilizados

Se realizaron pruebas de germinación a cada una de las variedades utilizadas. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de Semillas de la Universidad

Autónoma Agraria “Antonio Narro”, de acuerdo a la metodología descrita por la Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas (1949).

Para las pruebas de germinación se utilizaron 300 semillas para cada variedad (un total de 900 semillas) de las cuales se hicieron tres repeticiones de cien semillas cada una, se humedeció el papel sustrato (sanita) en agua, colocando dos toallas para germinación una encima de otra dentro de las cajas petri, se pusieron las semillas en toda la caja y posteriormente se taparon las cajas y se identificaron.

Las repeticiones se prepararon del mismo modo y se pasaron a una cámara germinadora con una temperatura constante de 25°C, verificándose diariamente la humedad y proporcionándola cuando esta fuera necesaria, se realizaron los conteos los días 3, 5 y 7 de haber puesto a germinar.



Imagen 6.- prueba de germinación

Metodología de Trabajo

Densidad de Siembra

Se utilizó una densidad de siembra de 1Kg. para cada uno de los variedades utilizados en charolas de 0.90 m de largo por 0.30 m de ancho, con un área de 0.27 m², equivalente a una densidad de siembra por hectárea de 37.037 ton/ha.



Imagen 7.- Densidad de siembra

Se inicio el trabajo el día 15 de Marzo con los preparativos del invernadero y las charolas, el pesado de cada una de las variedades fue el viernes 16. Cada muestra se puso en charolas de plastico limpias con la finalidad de poner a remojar la semilla, según técnicas recomendadas por trabajos de investigación. Se vertió agua asta que esta cubriera completamente la semilla. Se dejaron remojando las semillas de cada bolsa de las tres variedades durante 1 hora con una solución de hipoclorito de sodio al 0.01% para desinfectarla, después se tiró esa solución y

posteriormente se lavaron las semillas y se dejaron en reposo en agua limpia durante 24 horas para seguir con el proceso de imbibición



Imagen 8 y 9.- lavado y escurrido de semilla

La solución que se vierte equivale al doble del peso inicial de la semilla, después se drena esa solución, se lavan las semillas y se procede a colocarlas en cada charola ya identificada, previamente lavada y desinfectada. Una vez puestas las semillas en cada charola se les colocaron toallas de papel de cocina para que estas ayudaran a conservar la humedad después de cada riego, estas se retiraron al tercer día cuando la germinación de las semillas era uniforme, con excepción de la valenciana.

Las charolas que se utilizaron se colocaron sobre una estantería de hierro, hecha de ángulo de $\frac{3}{4}$ “.



Imagen 10.- Charolas cubiertas con toallas de papel para evitar evaporación.

El material que se utilizó para realizar el riego fue una simple y sencilla regadera de mano, para poder contabilizar el gasto de agua diario por charola y por cuestión de economía.



Imagen 11.- Identificación de charolas por variedad

La cantidad suministrada, la temperatura se mantuvo óptima y constante desde el inicio por lo que se observó ganancia de peso y rápido crecimiento del forraje desde el inicio.



Imagen 12.- Regadera de plástico de 5 lts.

Se registro la altura, el aumento de peso diario de cada charola y la temperatura dentro del invernadero, se extrajeron muestras de cada variedad los días 5, 10 y 13 después del inicio del experimento para hacer los análisis bromatológicos y las pruebas de digestibilidad In-situ de acuerdo a las metodologías descritas por la A.O.A.C. (1980) y Orzkov *et al.* (1980).

Variables Analizadas.

Peso Fresco del FVH.

En esta variable se consideró el peso diario fresco que se obtuvo de cada charola en kilogramos.



Imagen 13.- Pesado con báscula de reloj.

Altura de la alfalfa en hidroponía.

La altura se tomó del día 5 al día 13, estas se tomaron de la base de la plántula al ápice, utilizando una regla graduada.



Imagen 14.- Medición de alturas con regla

Variables Registradas

Gasto de Agua.

En esta variable se consideró la cantidad de agua regada por medio de la regadera durante todos los días, la cual se rego por las mañanas, al medio día y en la tarde, menos el agua recuperada al final de los riegos.

Temperatura.

La temperatura promedio por día se mantuvo entre los 20 y 23°C favoreciendo así el crecimiento y aumento de peso de la alfalfa.

Diseño experimental

Se utilizo un diseño completamente al azar, Los datos fueron analizados mediante el programa de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas de germinación.

Las pruebas de germinación de las semillas son de suma importancia ya que de este resultado depende la producción de alfalfa, de tal forma que si se tiene un porcentaje de germinación bajo, el rendimiento en kilogramos del forraje puede ser pobre. El resultado de los porcentajes de germinación de los materiales utilizados se muestra en el cuadro 1, se puede observar que estos van desde el 66 al 67.60%, siendo aceptables para la producción.

Cuadro 1.- Porcentaje de germinación utilizados.

Variedad	Germinación
Valenciana	67.60%
San Miguelito	67.00%
Atlixco	66.00%

ALTURA AL DIA 5

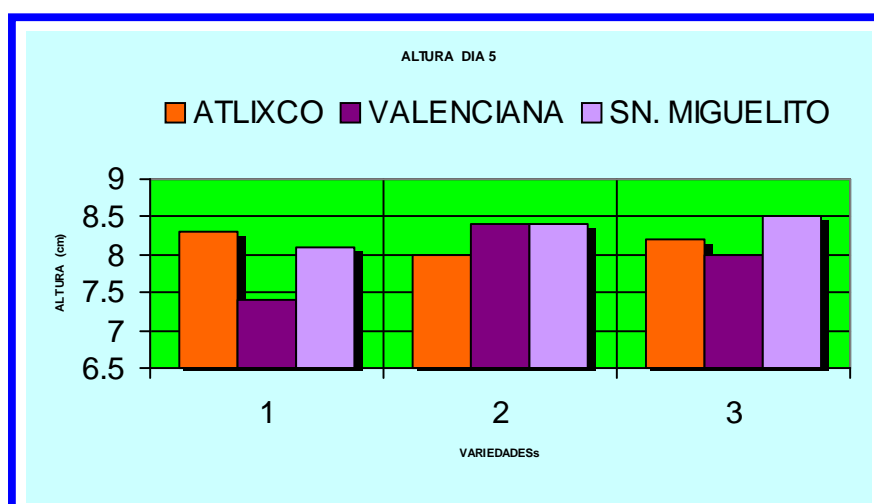


Figura 1.- Altura de la alfalfa a los 5 días

La comparación de medias de producción del día 5 (figura 1), indico que la variedad San Miguelito fue la que tuvo mayor altura (7.5 cm.), ya que esta variedad es muy precoz en comparación con las otras variedades



Imagen 15.- Altura de la alfalfa a los 5 días

ALTURA AL DIA 10

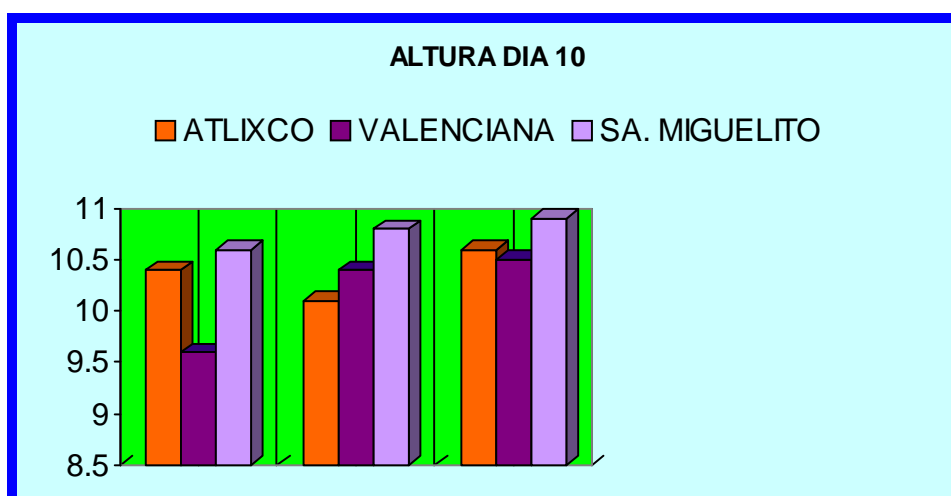


Figura 2.- Altura de alfalfa a los 10 días

De igual manera en la figura 2 se puede observar que la altura de la variedad San Miguelito es mayor pero con un acercamiento notable de la variedad Atlixco.



Imagen 16.- Altura de la alfalfa a los 10 días.

ALTURA AL DIA 13

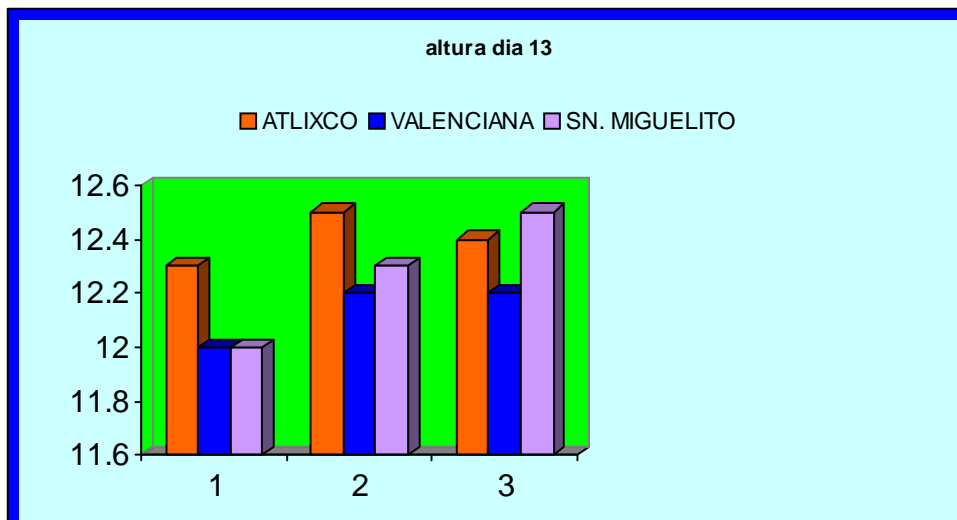


Figura 3.- Altura de alfalfa a los 13 días.

El día de la cosecha se presentó una variación en las variedades analizadas, porque en las primeras dos tomas de datos se observó que la variedad San Miguelito fue la

que tuvo mayor altura pero el día 13 se encontró que la variedad Atlixco termino teniendo la altura mayor de las tres variedades analizadas.



Imagen 17.- Altura de alfalfa a los 13 días (cosecha).

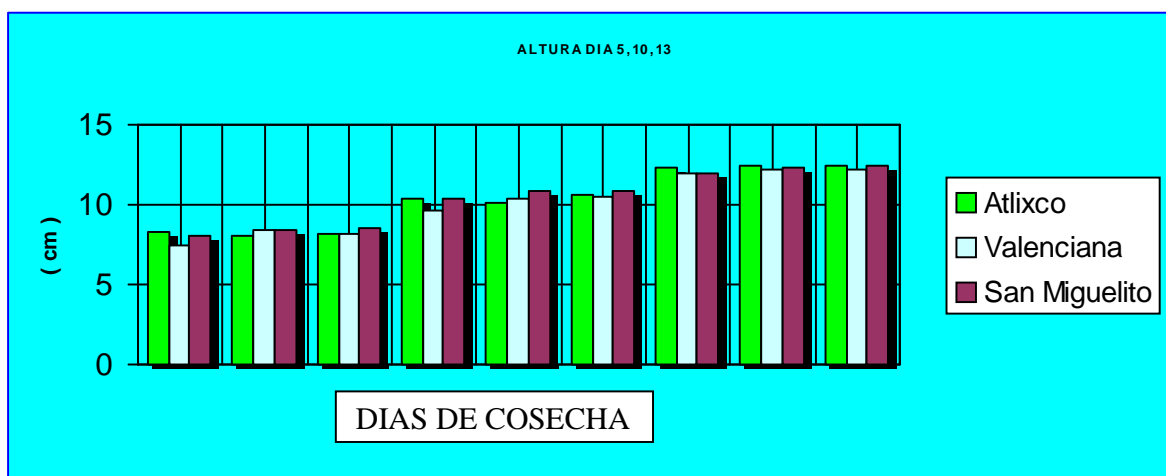


Figura 4.- Altura de las tres variedades de alfalfa a los 5, 10 y 13 días



Imagen 18.- Las tres variedades de alfalfa a los 13 días

PESO AL DIA 5

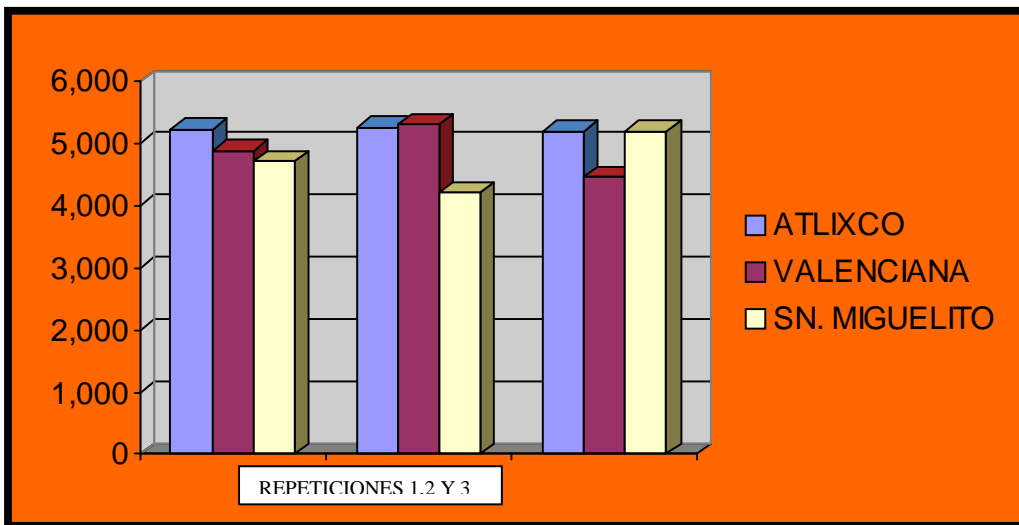


Figura 5.- Peso de alfalfa a los 5 días.



Imagen 19.- Toma de datos del peso de alfalfa a los 5 días

PESO AL DIA 10

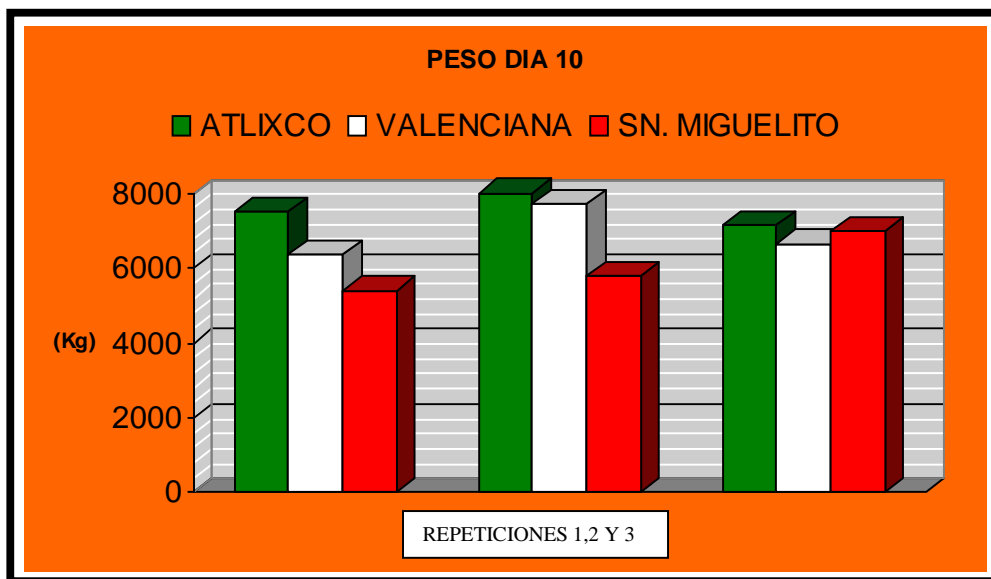


Figura 6.- Peso de alfalfa a los 10 días



Imagen 20.- Toma de datos del peso de alfalfa a los 10 días

PESO AL DIA 13

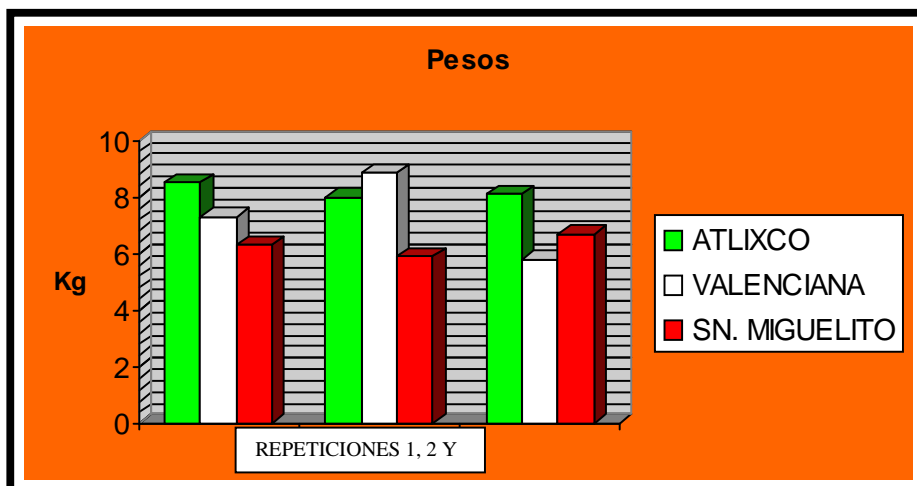


Figura 7.- Peso de alfalfa a los 13 días.



Imagen 21.- Toma de datos del peso de alfalfa a los 13 días.

TABLA DE PESO DE LAS TRES VARIEDADES

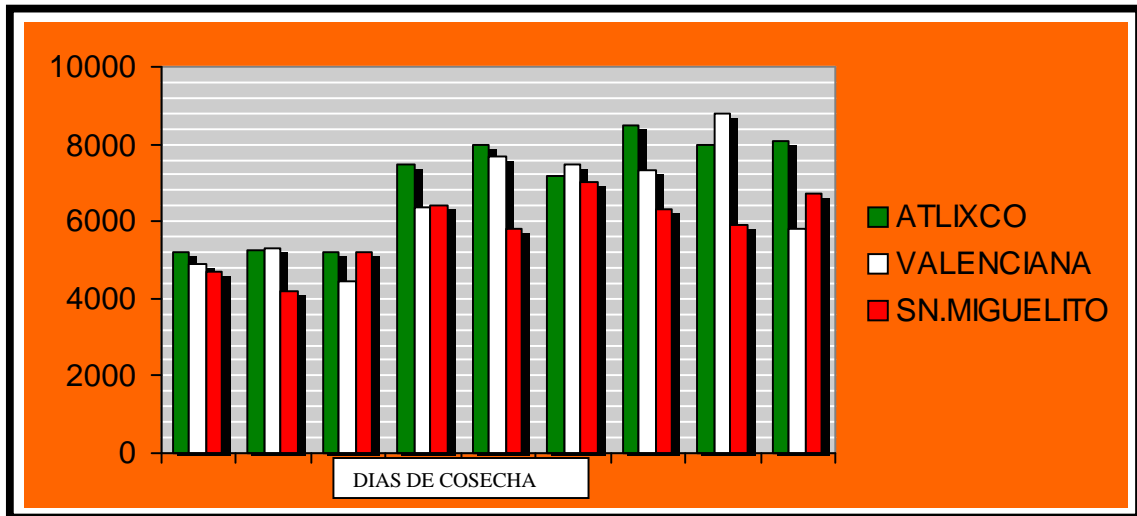


Figura 8.- Peso de las tres variedades de alfalfa a los 5, 10 y 13 días



Imagen 22.- Cosecha de la alfalfa

Variable Gasto de Agua del FVH.

En el cuadro 2 se presentan los resultados del gasto de agua a lo largo del experimento y los kilogramos de forraje producidos en los tres tratamientos dando como resultado un gasto de 2 litros de agua por kilogramo de FVH producido, resultado que coincide con lo reportado por Rodríguez (1999), García (2005), García Alvarado 2004), citado por Rodríguez, 2002 (2 Lts. de agua/Kg. de forraje hidropónico producido).

Cuadro 2. Gasto de agua por día en la producción de FVH.

DIA	LITRO	LITROS	
	REGADOS	RECUPERADOS	GASTADOS
1	18.000	8.100	9.900
2	9.000	3.600	5.400
3	18.000	7.200	10.800
4	18.000	7.200	10.800
5	18.000	6.600	11.400
6	27.000	7.650	19.350
7	27.000	6.660	20.340
8	27.000	5.400	21.600
9	27.000	5.400	21.600
10	27.000	4.500	22.500
11	27.000	4.500	22.500
12	36.000	3.600	32.400
13	00.000	0.000	00.000
TOTAL	279.000	70.41	208.59

Variable Temperatura

La temperatura promedio por día se mantuvo entre los 20 y 23°C favoreciendo así el crecimiento y aumento de peso del forraje, esta variable es importante ya que si la temperatura disminuye por debajo de los 15°C el crecimiento y aumento de peso es más lento causando una menor producción de Forraje Verde Hidropónico.

VARIABLE	VARIEDAD	DIA 5	DIA 10	DIA 13
ALTURA	Atlixco	8.15	10.36	12.4
	San Miguelito	8.33	10.7	12.26
	Valenciana	7.93	10.16	12.13
PESO	Atlixco	5.227	7.550	8.201
	San Miguelito	4.700	6.400	6.966
	Valenciana	4.875	6.350	7.325

Cuadro 3.- Promedios de las alturas y pesos a los 5, 10 y 13 días.

No se realizó una comparación de medias en las variables altura y peso ya que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos y entre repeticiones, según el análisis estadístico de los datos obtenidos.

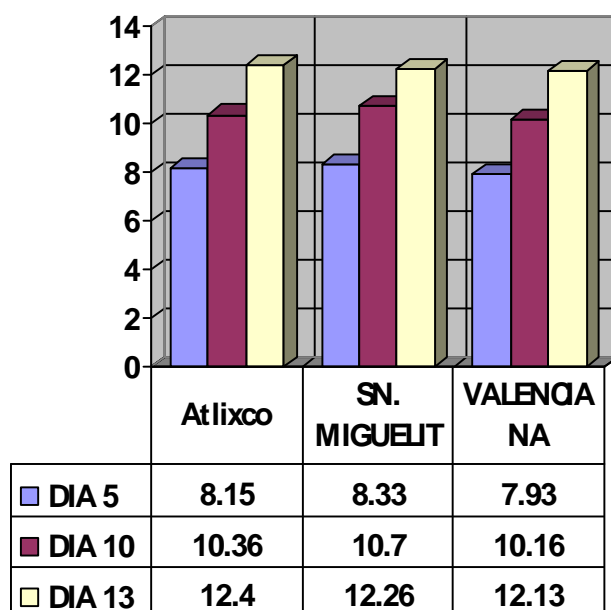


Figura 9.- Promedio de las alturas de las 3 variedades a los 5, 10 y 13 días.

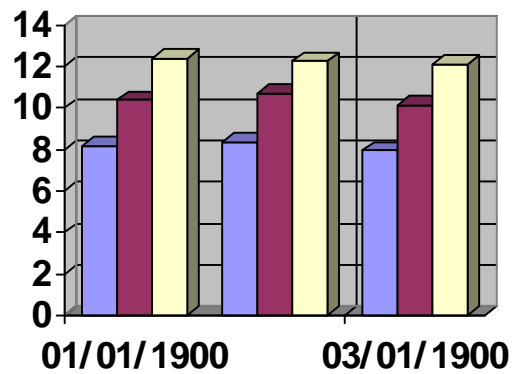
En relación con la variable altura se puede ver que la variedad que mostró los mejores resultados en los primeros días es la San Miguelito pero después de los 10 días la Atlixco es la que aumentó la altura, aunque la diferencia en alturas no es

relativamente grande, no es significativa ($P > 0.05$), mientras que la Valenciana desde un principio mostro un retraso en su altura en comparación con las otras dos variedades.

Por lo cual se puede concluir que la variedad San Miguelito es más precoz en cuanto a tiempo de germinación pero no soporta una gran cantidad de agua, mientras que la Valenciana es lenta en su proceso de germinación.

En todas las variedades se mostro una tendencia a marchitarse por el riego, por lo cual se cosecho a los 13 días de iniciado el experimento. Ya que a comparación a los resultados de Cuervo (2004) quien trabajo con cereales y cosecho a los 15 días la alfalfa no soporta el exceso de agua y tiende a marchitarse.

De las tres variedades de alfalfa producidas bajo el sistema hidropónico se obtuvieron diferentes niveles de producción, en la variedad Atlixco se obtuvo 8.850 Kg. de forraje por 1Kg. de semilla sembrada, esta variedad en términos generales fue la que alcanzo mejor peso y altura, la Valenciana alcanzo 8.505Kg. de forraje por 1 Kg. de semilla sembrada y la San Miguelito 7.900 Kg. de forraje por 1 Kg. de semilla sembrada, pudiendo concluir que de las tres variedades la que presenta mejores rendimientos es la Atlixco.



	Atlixco	SA. MIGUELITO	VALENCIANA
■ DIA 5	8.15	8.33	7.93
■ DIA 10	10.36	10.7	10.16
■ DIA 13	12.4	12.26	12.13

Figura 10.- Promedio del peso de las tres variedades a los 5, 10 y 13 días.

En relación a la variable peso se obtuvieron resultados similares sin embargo Atlixco es la que obtuvo mejor peso ya que desde el día 5 mantiene los mejores pesos comparados con las otras dos. Entre San Miguelito y Valenciana la que presenta los mayores pesos es la Valenciana, estas diferencias que se presentaron no fueron significativas ($P > 0.05$).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo bajo las condiciones de temperatura, humedad y luz que se presentaron en el experimento se concluye que es posible cosechar a partir del día 13 ya que posteriormente la producción comienza a estabilizarse para después disminuir del día 14 al 15, puesto que su raíz empieza a marchitarse y con esto disminuye su calidad y rendimientos al tener que eliminar las partes dañadas por la pudrición, así que se puede decir que la alfalfa no soporta demasiada agua, a comparación de los cereales, quienes pueden estar con agua durante 15 días, según datos obtenidos en estudios anteriores.

El gasto de agua en la producción de forraje hidropónico es menor al gasto de agua en la producción de forraje en forma tradicional, teniendo como resultado un eficiente uso del agua al utilizar esta técnica ya que en estos tiempos lo más factible es el ahorro del recurso agua.

Por lo que se concluye que la producción de forraje verde hidropónico bajo condiciones de invernadero es una alternativa viable para la producción de forraje fresco y en espacios pequeños o escasos de tierra para la producción.

LITERATURA CITADA

A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13 ht Washington, D.C. U.S.A.

A.A.O.S. 1949. Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas, reglas para pruebas de semillas. Actas de la Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas No 39. Pp: 40

Caballo M. C. R. 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. Culiacán Sinaloa.

Cultivos Hidropónicos. s/n Aprende fácil cultivos hidropónicos. Ediciones Culturales VER LTDA: Pp: 137 – 152

García A. J. C. 2004. Evaluación de forraje verde hidropónico en tres especies forrajeras (Cebada, Trigo y Triticale) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México. Pp: 25 - 35

Hidalgo M. L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile. www.lamolina.com

Orzkov E. R; Deb Hovell y F. Mould.. 1980. Uso de la técnica de la bolsa nylon para la evaluación de los alimentos. Producción animal Tropical. Pp: 213 - 230

Olivares, S. E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.

- Resh, M. H. 1997. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. Cuarta Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España Pp. 29-30.
- Robles S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Quinta Edición. México D.F. Pp. 9-270.
- Rojas, E. S. I. 1996. Aportaciones a la Generación de un Paquete Tecnológico para la Producción de Forraje en Hidroponía. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México D. F. Pp. 51-52
- Rodríguez de la R. G. S. 2002. Forraje Verde Hidropónico. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Químicas. Chihuahua México.
- Rodríguez S A. C. 2003. Forraje verde hidropónico. Editorial Diana. Primera Edición. S.A. de C.V. México D.F. Pp. 1-2, 20 - 35
- Sánchez del C, F. y R. E. Escalante. 1988. Un Sistema de Producción de Plantas. Hidroponía: Principios y Métodos de Cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. México Ed.Tercera Edición. Pp. 17-18.
- Sánchez, C. A. 2001. Manual Técnico “ Producción de Forraje Verde Hidropónico “, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile
- Valdivia, B. E. 1996. “ Producción de Forraje Verde Hidropónico”. Curso Taller Internacional de Hidroponía. 25-29 Marzo. Lima Perú. Pp.1-12.
- Valdivia, B. E.1997. “Producción de forraje verde hidropónico”. Conferencia internacional en hidroponía comercial. Universidad Nacional Autónoma la Molina. de Agosto Lima, Perú. Pp. 6-8

PAGINAS DE INTERNET CITADAS:

http://www.gcaconsultora.com.ar/Introduccion_Hidroponia.htm#arriba

<http://www.fcq.uach.mx/educontinua/hidroponia/perofuturo.htm>

<http://www.agroconnection.com.ar/secciones/fruticultura/S004A00111.htm>

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

APÉNDICE

APENDICE O ANEXO

ANALISIS ESTADISTICO PARA EL PESO A LOS 5 DIAS

TRATAMIENTO	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	5.227	5.255	5.2
2	4.7	4.2	5.2
3	4.875	5.3	4.45

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENTO	2	0.432831	0.216415	1.5050	0.295
ERROR	6	0.862762	0.143794		
TOTAL	8	1.295593			

C.V = 7.69%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP	MEDIA
1	3	5.227
2	3	4.700
3	3	4.875

COMPARACION DE MEDIAS.- NO SE HACE COMPARACION POR QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS

ANALISIS ESTADISTICO PARA EL PESO A LOS 10 DIAS

TRATAMIENTO	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	7.5	8	7.15
2	6.4	5.8	7
3	6.35	7.7	5

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENTO	2	2.765045	1.382523	1.7537	.251
ERROR	6	4.730011	0.788335		
TOTAL	8	7.495056			

C.V = 13.12%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	3	7.55
2	3	6.40
3	3	6.35

COMPARACION DE MEDIAS.- NO SE HACE POR QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS

ANALISIS ESTADISTICO PARA EL PESO A LOS 13 DIAS

TRATAMIENTO	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	8.5050	8.0000	8.1000
2	6.3000	7.9000	6.7000
3	7.3250	8.8500	5.8000

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENTO	2	2.422058	1.211029	1.1756	0.372
ERROR	6	6.180847	1.030141		
TOTAL	8	8.602905			

C.V= 13.54%

TABLA DE MEDIAS:

TRAT.	REP	MEDIAS
1	3	8.201667
2	3	6.966667
3	3	7.324999

COMPARACION DE MEDIAS.- NO SE HACE POR QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS

ANALISIS ESTADISTICO PARA LA ALTURA A LOS 5 DIAS

TRATAMIENTO	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	8.3	8	8.2
2	8.1	8.4	8.5
3	7.4	8.4	8

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENTOS	2	.242126	.121063	1.1349	0.383
ERROR	6	.640015	.106669		
TOTAL	8	.882141			

C.V.= 4.01%

TABLA DE MEDIAS

TRATA	REP	MEDIA
1	3	8.166667
2	3	8.333333
3	3	7.933333

COMPARACION DE MEDIAS:

NO SE HACE LA COMPARACION DE MEDIAS PORQUE NO HAY
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS.

ANALISIS ESTADISTICO PARA ALTURA A LOS 10 DIAS

TRATAMIENTO	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	10.4	10.1	10.6
2	10.4	10.8	10.9
3	9.6	10.4	10.5

ANALISIS DE VARIANZA:

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENO	2	.435547	0.217773	1.7343	0.254
ERROR	6	.753418	0.125570		
TOTAL	8	1.188965			

C.V= 3.40%

TABLA DE MEDIAS:

TRATAMIENTO	REP	MEDIAS
1	3	10.366667
2	3	10.700000
3	3	10.166667

COMPARACION DE MEDIAS: NO SE HACE LA COMPARACION PORQUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS.

ANALISIS ESTADISTICO PARA ALTURA A LOS 13 DIAS

TRATAMIENTOS	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
1	12.3	12.5	12.4
2	12	12.3	12.5
3	12	12.2	12.2

ANALISIS DE VARIANZA:

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRATAMIENTOS	2	.106689	.053345	1.8465	.237
ERROR	6	.173340	.028890		
TOTAL	8	.280029			

C.V= 1.39%

TABLA DE MEDIAS:

TRAT	REP	MEDIAS
1	3	12.399999
2	3	12.266666
3	3	12.133334

COMPARACION DE MEDIAS: NO SE HACE PORQUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS.

