

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Evaluación Productiva de Forraje Verde Hidropónico

Por:

Abdiel Abisai Valero Alvarado

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Evaluación productiva de forraje verde hidropónico

Por:

Abdiel Abisai Valero Alvarado

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Asesor Principal

Dr. Fernando Ruiz Zárate
Sinodal
Dr. Fernando Borrego Escalante
Sinodal
Dr. José Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre 2017

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito Abdiel Abisai Valero Alvarado, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 41126855 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el Plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

Atentamente

Abdiel Abisai Valero Alvarado



Nombre y Firma

Tesista de Licenciatura UAAAN

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG
Agradecimiento.....	9
Dedicatoria.....	11
Resumen.....	13
Introducción.....	14
Justificación.....	16
Objetivos.....	16
Hipótesis.....	16
Revisión de literatura.....	17
Historia de la hidroponía.....	17
Importancia de la Hidroponía.....	19
Maíz (<i>Zea mays</i>).....	20
Morfología del maíz.....	22
Sorgo (<i>Sorghum spp.</i>).....	23
Morfología del sorgo.....	24
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>).....	26

Morfología del trigo.....	27
Triticale (X. Triticosecale wittmack).....	28
Morfología del triticale.....	30
Importancia de la hidroponía.....	32
Ventajas de la hidroponía.....	33
Desventajas de la hidroponía.....	34
Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	36
Ventajas del Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	37
Desventajas del Forraje Verde Hidropónico.....	38
Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	38
Selección de semillas.....	38
Lavado y desinfección de las semillas.....	39
Pregerminación.....	40
Germinación.....	40
Siembra.....	42
Riegos.....	44
Cosecha.....	45
Rendimiento.....	45
Requerimientos del Forraje Verde Hidropónico FVH.....	46

Infraestructura requerida para la producción de FVH.....	48
Características nutricionales del FVH.....	50
Recomendaciones para la alimentación animal.....	54
Materiales y métodos.....	55
Descripción del Área de Estudio.....	55
Características del invernadero.....	55
Material genético.....	56
Prueba de germinación.....	56
Metodología de trabajo.....	57
Densidad de siembra.....	57
Variables analizados.....	58
Diseño experimental.....	58
Resultados y discusión.....	58
Pruebas de germinación.....	58
Conclusión.....	64
Literatura.....	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro 1.	Taxonomía del maíz.....	22
Cuadro 2.	Taxonomía del sorgo.....	25
Cuadro 3.	Taxonomía del trigo.....	28
Cuadro 4.	Taxonomía del triticale.....	31
Cuadro 5.	Elementos esenciales de las planta.....	36
Cuadro 6.	Temperaturas mínima óptima y máxima requeridas para la producción de FVH.....	48
Cuadro 7.	Comparación nutritiva con otros forrajes.....	51
Cuadro 8.	Análisis bromatológico de FVH de una planta completa de maíz y trigo.....	52
Cuadro 9.	Contenido nutricional del FVH a partir de trigo de acuerdo con los días Transcurrido.....	52
Cuadro 10.	Análisis bromatológico de FVH.....	53
Cuadro 11.	Comparación entre FVH de maíz y trigo en relación a la alfalfa en base Materia seca.....	54
Cuadro 12.	Porcentaje de germinación de los materiales utilizados.....	59
Cuadro 13.	Crecimiento de semillas trabajadas.....	60

Cuadro 14.	Análisis bromatológico y Digestibilidad <i>in-vitro</i>	62
------------	---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Figura 1.	Forraje hidropónico.....	15
Figura 2.	Maíz (<i>Zea mays</i>).....	21
Figura 3.	Sorgo (<i>sorgum</i>).....	24
Figura 4.	Trigo.....	27
Figura 5.	Triticale	30
Figura 6.	Semillas utilizadas maíz sorgo trigo y triticale.....	39
Figura 7.	Lavado y desinfección de semillas.....	39
Figura 8.	Contenedores.....	43
Figura 9.	Charolas cubiertas con tela para mantener la humedad.....	43
Figura 10.	Riego por micro aspersores.....	44
Figura 11.	Colchón con tallos, hojas, raicillas y semillas sin germinar.....	46

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios por la vida que me presta, la salud que me brinda y las ganas de salir adelante y poder terminar mi carrera profesional.

A mi esposa Abigail Guajardo Monsiváis por el apoyo amor y comprensión que me dio a lo largo de mi carrera profesional porque en múltiples ocasiones se desveló a mi lado estudiando para presentar mis exámenes su apoyo incondicional que fundamental para poder llegar al final de esta meta.

A mi padre Hevelio Valero Esquivel que me apoyo desde el inicio de la carrera y llevarme al rancho ganadero los Ángeles con mi abuelo Lázaro Valero de que mi interés por haber cursado esta carrera, mi madre María Luisa Alvarado Martínez por sus palabras a lo largo de mi vida y por enseñarme hacer independiente y valerme por mi mismo.

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

Al PhD. Jesús M. Fuentes Rodríguez por haber sido asesor principal de mi tesis y por tenerme la confianza para realizar este trabajo.

A mis maestros que a lo largo de mi carrera influyeron en cada clase, sus consejos y enseñanzas en especial al Medico Berlanga, a la M.C. Camelia Cruz. Gracias por todo.

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.

DEDICATORIA

Especialmente a mi abuelo en paz descanse Antonio Alvarado Tobías por ser más que un abuelo fue mi segundo padre y prometí este logro minutos antes de que se fuera a un lugar mejor.

A mi familia mi esposa Abigail Guajardo Monsiváis y mi hijo Antonio Abisai Valero Guajardo quien han estado a mi lado en cada levantar y acostar porque este logro no solo es mío sino que también es de ellos por el esfuerzo que hicimos juntos en estos años así como a mis padres Hevelio Valero Esquivel y María Luisa Alvarado Martínez.

A ellos cinco 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 parte de mi vida y por amarme como yo los amo.

A mis Hermanos

Hevelio Jonathan Valero Alvarado.

Karen Areli Valero Alvarado.

Francisco Daniel Valero Alvarado.

Irvin Elier Valero Alvarado.

Jennifer Michel Valero Alvarado.

Gracias a todos por creer en mi por su apoyo y comprensión.

Y ser el primer nieto de Don Lázaro Valero persona que amo tanto a mi ALMA TERRA MATER como yo. En terminar una carrera universitaria en la “Antonio Narro”.

RESUMEN

Los objetivos del presente experimento fueron evaluar la producción, el crecimiento y la calidad del forraje verde hidropónico en invernadero de maíz, sorgo, triticale y trigo. Se pesaron cada uno de los materiales de acuerdo a la densidad de siembra. Cada muestra se puso en bolsas plásticas limpias con la finalidad de desinfectar y poner a remojar la semilla con una solución de hipoclorito de sodio al 0.01%, para seguir con el proceso de imbibición, después de este se realizó la siembra en charolas, el riego se proporcionó cada hora con una duración de 2 minutos por riego, después de 7 días de iniciado el experimento se disminuyeron los riegos, 2 minutos de riego por cada 2 horas. Se registró la altura, el aumento de peso diario de cada charola y la temperatura dentro del invernadero, se extrajeron muestras de cada material para hacer los análisis bromatológicos y las pruebas de digestibilidad *In-vitro*. El sorgo fue el que presentó mejor rendimiento en peso fresco con 1493.67 Kg. seguido del Trigo con un rendimiento de 1479.33 Kg., el triticale con un rendimiento de 1269.00 Kg y por último el maíz 973.67. El Maíz manifestó mayor crecimiento al final del experimento con 21.67 cm. Seguido del trigo con 20 cm. el Triticale con una altura de 15.5 cm y por último el sorgo con 10 cm. La digestibilidad *in vitro* fue 77.86, 64.03, 61.54 y 60.39 para el maíz, sorgo, triticale y trigo respectivamente por lo que se puede considerar que todos los materiales presentaron una buena digestibilidad. 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, con buena calidad nutritiva y alta digestibilidad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de leche y carne de cualquier explotación de ganado, depende en gran parte de una buena alimentación donde esta sea abundante y balanceada. Al buscar alternativas para disminuir los costos de producción y sobre todo los costos de alimentación del ganado, una alternativa es la producción de Forraje Verde Hidropónico. (Rodríguez, 2003)

Hoy en día, la hidroponía tiene una importancia fundamental para el desarrollo de la agricultura. Con el incremento de la población, el cambio climático la contaminación del agua y la falta de la misma en los climas áridos y semiáridos han sido y seguirán siendo algunos de los factores que han llevado a la búsqueda de métodos para la producción de alimentos.

Esto lleva a la hidroponía como una de las estrategias más sobresalientes que se deriva de los vocablos griegos “hydro” o “hudor”, que significa agua, y “ponos”, equivalente a trabajo o actividad.

La hidroponía puede ser definida como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como la grava, arena, perlita, vermiculita, piedra pómez, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su crecimiento normal y desarrollo. Ya que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo que se le denomina como “cultivo sin suelo” mientras que el cultivo a base de agua natural o con solución nutritiva se le denomina como el verdadero cultivo hidropónico o hydroflo (Resh,

1997)

Con este método es posible suministrar alimento a diferentes especies de ganado, este es constante durante todos los días del año y mejor aún en épocas de escasez, evitando alteraciones digestivas, menor incidencia de enfermedades, un aumento en la fertilidad y producción de leche y en general todas las ventajas que los animales pueden obtener de una buena alimentación.

A diferencia de cualquier forraje no consumido directamente del campo, el forraje verde hidropónico (figura 1) es un producto que llega a la boca del animal, vivo, en pleno crecimiento y conservando todas sus vitaminas, esenciales para el ganado.

Por años se han realizado un gran número de experimentos y prácticas han demostrado que puede ser posible sustituir parcialmente en la dieta de los animales, ya que la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como aquel proviene de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente con forraje verde hidropónico (FVH) (Rodríguez, 2003).



Figura 1. Forraje Hidropónico

Justificación

El forraje verde hidropónico es un alimento rico en nutrientes utilizado como complemento con alta digestibilidad, a un bajo costo y buenos rendimientos en su producción. Este tipo de sistema puede ser aprovechado por los productores sin tener que hacer una gran inversión. Se puede contar con esta fuente de alimento todo el año, además no requiere de gran trabajo físico.

Objetivos

- Determinar el crecimiento del forraje verde hidropónico en maíz, sorgo, trigo y triticale.
- Determinar la digestibilidad *in vitro* de forraje verde hidropónico de los materiales mencionados.

Hipótesis.

La producción y calidad del forraje en medios hidropónicos de los materiales, sorgo, triticale, trigo y maíz, es diferente.

REVISIÓN DE LITERATURA

Historia de la hidroponía

La hidroponía tiene una larga trayectoria, ya que se tiene conocimiento que desde el año 382 a. de C, el Rey Nabucodonosor, en el siglo VI a. de C. al querer complacer a su esposa Amittos, recreo en su ciudad montes y colinas de gran vegetación, pero jamás imagino que su creación fuera una de las siete maravillas del mundo y mucho menos que los jardines colgantes de Babilonia fueran miles de años después el primer cultivo hidropónico de que la humanidad tenga conocimiento.

Otro ejemplo de la hidroponía ancestral son los jardines flotantes de los aztecas, llamados chinampas. Las chinampas se convirtieron en el sistema de producción de agua más eficiente que se ha conocido, esta creativa técnica surgió a través de la presión de las tribus rivales que los desplazaron hacia el lago dejándoles sin tierra para cultivar.

En los jardines flotantes de China con las grandes extensiones de arroz son considerados cultivos hidropónicos.

Leonardo Da Vinci, (1453-1519) investigo sobre los componentes y la anatomía de las plantas realizando uno parecido a los que realizaría J. B. Von Helmont.

La primera escritura data de 1600, por el belga Jan van Helmont, donde a través de su documento expresa acerca de que las plantas obtienen sus nutrientes a través del agua. Sin embargo ignoro el aporte que da el aire y la tierra para el crecimiento de las plantas.

En 1699, el inglés John Woodward cultivo plantas en agua conteniendo diversos sustratos encontrando que el crecimiento de las plantas se debía a diversas sustancias obtenidas del suelo. Es decir que Woodward, desarrollo la primera solución de nutrientes de hidroponía artificial sin saberlo.

Stephen Hales (1677-1761), llamo la atención al afirmar que el aire participa en la nutrición de las plantas con un nivel alto de dióxido de carbono y que la planta absorbe dióxido de carbono y libera oxígeno.

Sprengel (1787-1895) y Wiegman (1771-1853) profundizaron las investigaciones de De Saussure, comprobando que a pesar que un suelo tenga todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, si faltara un solo elemento esencial o si alguno estuviera en menor cantidad la planta no se desarrollaría

Bausingault (1851) ideó diversas 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 agrego soluciones químicas, concluyendo que es indispensable el hidrogeno para el crecimiento de las plantas así como la materia seca esta constituida por carbono, hidrogeno y oxigeno provenientes del aire.

Los alemanes Sachs y Knop demostraron que las plantas podían cultivarse en un medio inerte humedecido con solución nutritiva dando origen a la nutricultura, en 1915 Hoagland desarrollo varias fórmulas básicas para el estudio de la nutrición vegetal, en 1925 la industria de los invernaderos se interesó en la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar problemas de estructura fertilidad y enfermedades.

A principio de los años treinta W. F. Gericke llamo a este sistema Hydroponic palabra que deriva de los vocablos griegos Hidro (agua) y ponos (labor) definiendo esta técnica como la técnica de crecimiento de las plantas sin utilización del suelo, pero se puede utilizar un medio intermedio como grava, arena, vermiculita, piedra pómez, etc...

Gericke cultivo vegetales en hidroponía demostrando la utilidad de esta técnica y a su vez proveyendo a militares alimentos para las tropas norteamericanas en islas del Pacifico donde era difícil de cultivar en el año de 1940.

Importancia de la Hidroponía

En la actualidad con un mundo con sobrepoblación, la erosión del suelo, además de un mayor índice de contaminación y la escasas de suelos para el uso agrícola, la hidroponía por sus características ayuda a la agricultura a tener nuevas posibilidades en donde los cultivos tradicionales están agotados, (www.gcaconsultora.com).

La hidroponía como importancia agrícola asciende a distintos contextos como el sector económico, social y ecológico, ya que se emplea como una herramienta en zonas donde el suelo no es apta para su cultivo. Con la hidroponía se pueden producir alimentos en zonas áridas y semi áridas o en zonas tropicales y en zonas con climas demasiado frio. (agroconnection.com)

La hidroponía sirve para intensificar el rendimiento de los cultivos en la producción agrícola. Uno de los problemas más importantes en la actualidad es la escasez de alimentos de origen animal como vegetal. Ya que la cadena alimenticia se da inicio

a través de las plantas siendo estos el sustento de los animales que a su vez proveen los alimentos y diversos productos. La limitación de áreas para la producción de forrajes así como la falta de tecnología, la baja productividad en las tierras donde se realizan los cultivos conllevan a desarrollar diversos métodos para la producción de alimentos para el ganado, es así que se destaca la técnica de forraje verde hidropónico, ya que provee diversas e interesantes ventajas desde el punto de vista económico sobre todo en la mano de obra, gastos de operación, calidad de alimento, la obtención del mismo en tiempo de escasez y una visible disminución en la relación producción – costo (Rodríguez, 2003).

Maíz (*Zea mays*)

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente Americano. Es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. Las más antiguas civilizaciones de América desde los Olmecas y Teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los Incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta. En este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países del continente Americano (Hernández, 2009).

En la actualidad, la conservación en bancos de germoplasma de maíz o conservación ex situ es la estrategia dominante porque está ligada a la trayectoria tecnológica de los países desarrollados y además porque las restricciones financieras de muchos países menos desarrollados, no permiten la

implementación de la conservación *in situ*. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la producción de etanol (Hernández, 2009).

Por el contrario, en algunos países de América Latina y cada vez más en países Africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (Hernández, 2009). es una especie de gramínea anual originaria y domesticado por los pueblos indígenas en el centro de México¹ desde hace unos 10 000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz

El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Se le puede explotar para uno u otro aspecto, o en varios, en forma de producto principal o subproductos.

La importancia de esta especie cultivada, no sólo estriba en la producción de grano para consumo humano ya que una considerable cantidad se dedica a la alimentación pecuaria (Robles, 1990)



Figura 2. Maíz (*Zea mays*)

Morfología del maíz

La estructura de la planta está constituida por una raíz fibrosa y un tallo erecto de diversos tamaños de acuerdo al cultivo con hojas lanceoladas dispuestos y encajados en el tallo es una panoja que contiene la flor masculina, ya que la femenina se encuentra a un nivel inferior y es la que da origen a la mazorca. La planta puede alcanzar una altura de 2,50- 3 m, según el cultivo y las condiciones de explotación.

Cuadro 1. Taxonomía del maíz

Taxonomía	
Reino:	Plantae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	<u>Panicoideae</u>
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L., <i>SP. PL.</i> , 2: 971, 1753[5]

Sorgo (*Sorghum spp.*)

El sorgo es uno de los alimentos básicos para la población más pobre del mundo, que es también la que padece una situación de mayor inseguridad alimentaria. Desde el punto de vista genético, este cultivo se adapta bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales alimentarios. El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada. En su mayor parte, el cultivo del sorgo se realiza en pequeñas explotaciones agrícolas familiares que practican una agricultura de mera subsistencia. En África predomina un sistema de cultivo extensivo, de baja productividad y escasos insumos (FAO, 1997).

Generalmente, la producción es más intensiva en Asia, donde está más extendido el empleo de fertilizantes y de semillas mejoradas. En los dos continentes, el sorgo se destina principalmente a la alimentación humana, a diferencia de lo que sucede en los países desarrollados, en los que la casi totalidad de la producción se utiliza como pienso. Esta diferenciación entre países en desarrollo (productores de sorgo para la alimentación humana) y países desarrollados (productores de sorgo para pienso) es válida en líneas generales, pero no se cumple en todos los casos, pues algunos países en desarrollo de América Latina y el Caribe (por ejemplo, México y Argentina) son importantes productores de sorgo para los mercados de piensos (FAO, 1997).

El sorgo tiene una fisiología y un ámbito muy parecido al del maíz, pero con un sistema radicular más extenso y ramificado. El tallo es cilíndrico de 1 a 2 m de

altura, con una inflorescencia terminal en forma de espiga compuesta por flores bisexuales el grano es una cariósipide, mide alrededor de 4 mm de diámetro.

En la actualidad, el sorgo (*Sorghum bicolor*) representa el principal grano en algunas partes de África, Asia, India/Pakistán y China donde constituye gran parte de la dieta humana. Se emplea también en alimentación animal, en la producción de forrajes, y para la elaboración de bebidas alcohólicas.

Su resistencia a la sequía y al calor lo hace un cultivo importante en regiones áridas, y es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo.

El sorgo además de por su empleo en alimentación humana y animal tiene interés por su uso como cultivo bioenergético. Existiendo variedades de sorgo dulce con tallos ricos en azúcares, de los que se utiliza toda la planta para la fabricación de biocarburantes.



Figura 3. Sorgo (*Sorghum* spp)

Morfología del sorgo

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. Las especies son el *Sorghum vulgare* y el *Andropogum sorgum sudanesis*.

Tiene una altura de 1 a 2 m con inflorescencias en panojas y semillas de 4 mm, esféricas de color negro rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables hasta 2 m de profundidad. Las flores las flores tienen estambres y pistilos.

Cuadro 2. Taxonomía del sorgo

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Subtribu:	Andropogoninae
Género:	<i>Sorghum</i>

Trigo (*Triticum aestivum*)

A nivel mundial el trigo es el cereal que más se utiliza en la alimentación humana. La importancia del trigo en la dieta en los seres humanos reside principalmente en su alto valor energético, además de que contiene más proteína que el maíz y el arroz. A su ventaja nutritiva se suman sus características de procesamiento únicas entre los cereales, que lo colocan entre los que más se utilizan como materia prima para elaborar una gran diversidad de alimentos procesados y varios otros productos procesados y varios otros productos no alimentarios. Lo anterior justifica y explica la importancia del trigo tanto en el abasto como en la economía y la generación de empleos, ambos a nivel mundial (FAO, 2005).

En México el trigo es la tercera fuente de nutrientes de bajo costo en la dieta del mexicano (después del maíz y el frijol), sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. Además, su cultivo, procesamiento y consumo generan una importante derrama económica y un gran número de empleos en varios sectores y actividades de la cadena del sistema producto trigo (FAO, 2005).

Es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; se trata de plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal como ocurre con los nombres de otros cereales.

Sin embargo, siendo un cultivo 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. En las dos últimas décadas la distribución del cultivo sigue extendiéndose debido a que se van obteniendo gran número de variedades nuevas de gran rendimiento. Si bien la producción de trigo en escala comercial e internacional se localiza en países fríos y templados, haciendo un gran análisis en los diferentes países relacionado con la época de producción, se puede asegurar que en todos los meses del año se produce trigo, ya que las condiciones climatológicas de diferentes regiones permiten el cultivo, por la variación de las estaciones que se presentan en las diferentes latitudes (Robles, 1990).



Figura 4. Trigo (*triticum*)

Morfología

El trigo es una planta perteneciente al género *Triticum*, de la familia de las gramíneas *Poaceae*. Es una planta anual y monocotiledónea.

Cuadro 3. Taxonomía del trigo

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Género:	<i>Triticum</i>

Triticale (X. Triticosecale wittmack).

El triticale producto de un cruzamiento entre el trigo y el centeno. En cuanto a calidad nutritiva es semejante al trigo y, en algunos aspectos, llega a superarlo. En particular, el mayor contenido de lisina del triticale, su mejor digestibilidad

proteínica y el balance de minerales lo hacen especialmente adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en la alimentación humana o animal (Varughese, Barker y Saari,1987).

Cuando se utiliza como cultivo forrajero, se ha encontrado que el triticale tiene un potencial de forraje y contenido proteínico superiores a los de la avena, y rendimientos de ensilaje y forrajes más alto que los del trigo, centeno, avena y cebada (Varughese, Barker y Saari,1987)

El amoniaco anhidro, una vez aplicado se fija rápidamente como ion amonio en el complejo de intercambio del suelo, lo que ayuda a reducir la pérdida por lixiviación (Rodríguez, 1992).

En el estado de Veracruz, el amoniaco anhidro se aplica a los cultivos como: caña de azúcar, sorgo y maíz. En rendimiento de maíz de temporal, fertilizado con 138 kg ha⁻¹ de nitrógeno con amoniaco anhidro en una dosis aplicada en pre siembra, fue similar al obtenido con la misma dosis aplicada en forma fraccionada a los 10 y 45 días después de emergencia y fue superior al alcanzado cuando se aplicó la misma dosis con urea, también en forma fraccionada; el costo de la fertilización con amoniaco anhidro fue 30% menor que con urea (Vásquez *et al.*, 2001). Su nombre se ha formado con la mitad de cada uno del género sus progenitores. Este forraje que creado por Fito genetistas, es el primer cereal creado por el hombre. El triticale ofrece una doble esperanza donde los factores ecológicos son menos favorecidos en el mundo.

- El rendimiento y calidad y otras características de importancia son iguales o superiores a las de las del trigo.
- Presenta gran desarrollo en los suelos pobres así como resistencia a plagas típicas del centeno.



Figura 5. Triticale (*Triticosecale*)

Morfología del triticale

Es un cereal de apariencia intermedia entre el trigo y el centeno aunque morfológicamente es más similar al primero. Su altura es de un metro hasta metro y medio. Sus hojas son como las del trigo pero más grandes y de mayor grosor. Las espigas también son de mayor tamaño.

Cuadro 4. Taxonomía del triticale

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Género:	<i>Triticosecale</i> WITTM. EX A.CAMUS, 1753
Especie:	<i>Triticum aestivum</i>

Importancia de la hidroponía

La importancia de la hidroponía como sistema de producción agrícola se vincula a contextos como el económico social y ecológico, debido a que como herramienta ayuda a los agricultores a producir forraje en zonas donde la planta no podría crecer. Con la hidroponía se puede producir alimentos en zonas áridas y semiáridas, en climas tropicales o en climas fríos (www.agroconection.com).

Con la hidroponía se pueden cultivar plantas en lugares donde se tiene agua que tiene un alto contenido de sales también se puede producir en lugares donde la agricultura es escasa debido a las limitaciones del suelo. (www.agroconection.com).

Con la ayuda de la hidroponía como técnica de producción agrícola ayuda a intensificar el rendimiento en los cultivos. Uno de los problemas de suma importancia en la actualidad es la insuficiencia de alimentos de origen animal como vegetal. Se sabe que la cadena alimenticia inicia en las plantas que consumen los animales que a su vez proveen alimentos y productos derivados, pero esta cadena se altera debido a la sobrepoblación y sobrepastoreo así como la falta de suelo apropiado para cultivar forrajes, todo esto ha llevado al hombre a desarrollar nuevos métodos para desarrollar y producir alimentos para el ganado. El forraje verde hidropónico ofrece numerosas e interesantes ventajas económicas sobre todo en cuanto al espacio del cultivo, la mano de obra, calidad del alimento, obtención del mismo en épocas de sequía y una visible disminución en la relación producción – costo (Rodríguez, 2003).

Ventajas de la hidroponía

La hidroponía, se considera como un sistema de producción agrícola, tiene un gran número de ventajas desde el punto de vista técnico y económico, comparando a otros sistemas del mismo género, pero bajo cultivo de suelo, entre las más sobresalientes son las siguientes:

- ❖ **Optimización del espacio:** La densidad de plantas en un cultivo hidropónico es mayor que una en un suelo normal. Debido a que en la tierra se tiene que dejar una separación entre las plantas para evitar que las raíces compitan por los nutrientes del suelo. Eso es algo que no pasa en la hidroponía.
- ❖ **Correcta nutrición de la planta:** Los nutrientes se distribuyen de forma homogénea y controlada sobre toda la planta. Además, es más fácil medir los nutrientes de la planta para saber qué es lo que le falta. De igual modo, puede ayudar a que una semilla que tenga una deficiencia de un nutriente pueda crecer correctamente al agregarlo al sustrato.
- ❖ **Sembrar en cualquier lugar:** Al no necesitar un lugar específico en el suelo, se puede usar esta técnica en cualquier lugar que se imagine, incluso en su hogar. Algo especialmente útil si se vive en una ciudad en la que no se cuenta con mucho espacio en el jardín.
- ❖ **No herbicidas:** En la hidroponía no se tiene que gastar en herbicidas ya que no pueden crecer hierbas malas. Lo que supone un gran ahorro en este tipo de productos y una planta más sana.

- ❖ **Completamente saludables:** Los alimentos que puedan ser plantados mediante la hidroponía son más saludables que los plantados en tierra. Ya que no cuentan con herbicidas, además se utilizan sustratos esterilizados con vapor, lo que reduce el riesgo de enfermedades virales. De igual modo, al no haber tierra, se reduce el riesgo de una plaga de insectos ya que estos necesitan la tierra para dejar sus larvas.
- ❖ **Ahorro en abono y fertilizante:** Al contar con una correcta distribución en las raíces gracias al sustrato se puede ahorrar en abono y fertilizantes.
- ❖ **Tiempos más cortos de cultivo:** En algunos casos el tiempo para que una planta crezca se acorta. Por ejemplo, en la lechuga su periodo de crecimiento en tierra es de 3 meses y medio, mientras que con la hidroponía se reduce a mes y medio o menos.
- ❖ **Ahorro de agua:** El agua con que se riegan las plantas en suelo normal no es utilizado al 100%, una parte de esta se filtra hasta mantos inferiores donde no se puede utilizar. Sin embargo, gracias a los sustratos de la hidroponía, se puede ahorrar hasta un 60% más de agua.

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:

- ❖ **Falta de información:** No muchas personas conocen lo que es un cultivo hidropónico ni cómo funciona. Hay poco expertos y pueden ser muy difíciles de contactar o muy caros. Por otro lado, muchas personas necesitan aprender de un modo más visual.
- ❖ **Inversión inicial alta:** Comprar todo el equipo inicial necesario para tener su propio centro de hidroponía es algo caro. Lo bueno viene en los siguientes cultivos, ya que se tendrá todo ese equipo y no se volverá a gastar en él. Incluso existen muchas herramientas y equipos costosos que la gente quiere vender aunque realmente no se necesite.
- ❖ **Responsabilidad alta de la planta:** Una planta en tierra puede descuidarse un poco más, y que se tienen aspectos naturales (como la lluvia) que ayudan a su crecimiento. Sin embargo, en la hidroponía, el agricultor es el responsable de estar vigilando el riego de las plantas. Además, es necesario verificar frecuentemente los nutrientes para que el cultivo esté siempre en un buen estado.
- ❖ **No está disponible para todas las plantas:** Si bien los cultivos en hidroponía son muy variados, no siempre se pueden realizar con todas las semillas. Las plantas que tengan su fruto bajo tierra (papas, zanahorias, nabos, etc.) no podrán plantarse mediante la hidroponía. También existen otras plantas que necesitan un gran terreno para crecer (como los árboles) y que a veces resulta muy impráctico cultivar mediante esta técnica.

Forraje Verde Hidropónico (FVH)

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, trigo, cebada, alfalfa etc.) sobre charolas. Se realiza sobre un periodo de 7 a 14 días, captando la energía del sol simulando una solución nutritiva (Sánchez, 2001)

La solución nutritiva se define como la solución de elementos químicos indispensables para el crecimiento de las plantas.

Cuadro 5. Elementos esenciales para las plantas

Macronutrientes	Símbolo	Micronutrientes	Símbolo
Nitrógeno	N	Hierro	Fe
Potasio	K	Manganeso	Mn
Fosforo	P	Zinc	Zn
Calcio	Ca	Boro	Br
Magnesio	Mg	Cobre	Cu
Azufre	S	Molibdeno	Mo
		Cloro	Cl

Fuente: La Empresa Hidropónica de Mediana Escala. FAO, 1996

La práctica de FVH tiene como resultado un pienso o forraje vivo, de una alta digestibilidad, calidad nutricional, y muy apto para la alimentación animal.

Ventajas del Forraje Verde Hidropónico (FVH)

Existen diferentes puntos de vista en cuanto a la producción de forraje verde hidropónico y dentro de los aspectos más relevantes son los siguientes (Izquierdo, 2001):

Ventajas

- **Ahorro de agua.** No existen pérdidas considerables por evapotranspiración, escurrimiento o infiltración por el sistema en que se desarrolla.
- **Uso eficiente de espacio.** Dada la disposición de las estanterías o módulos se ahorra espacio al estar ubicados de forma horizontal. (En pisos)
- **Tiempo de producción.** El forraje puede estar disponible a partir de los 10 a 19 días pudiéndose anticipar o prolongar 9 a 15 días respectivamente.
- **Calidad de forraje.** El FVH constituye un pienso de alta digestibilidad, excelente palatabilidad y además contiene un alto valor nutritivo para las especies pecuarias.
- **Inocuidad.** Constituye un alimento libre de enfermedades y plagas.
- **Costos de producción.** Los costos fijos de producción de FVH son bajos ya que no requiere maquinaria para la preparación de suelos en cada siembra, como en el método tradicional.

Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

- **Desinformación y sobrevaloración de la tecnología.** Es de vital importancia tener conocimiento básico sobre el cómo funciona el sistema, comportamiento y requerimientos de la especie forrajera utilizada, plagas y enfermedades así como los cuidados exigentes y permanentes, debido a la fragilidad de la planta.
- **Costo de instalación elevado.** Debido a que se debe implementar una infraestructura y equipos implica un costo inicial considerable.

Producción de Forraje Verde Hidropónico

Selección de semillas

Una vez determinada la especie a ser utilizada y que esté garantizada la madurez fisiológica de las semillas así como su contenido de humedad (12%); el fin de esta actividad es garantizar que se utilicen semillas de cereales de cereales limpios de melazas y que estén libres de plagas y enfermedades o granos partidos. no se debe utilizar semillas tratadas con fungicidas.

Tener una buena calidad de semillas de origen conocido facilita la obtención de información, en donde se puede saber el rendimiento y si es adaptable a las condiciones que se les proporcionará posteriormente. Pérez, (1999)



Figura 6. Semillas utilizadas trigo, triticale, sorgo y maíz.

Lavado y desinfección de las semillas

Se inunda el grano en un tanque o recipiente, con el fin de retirar todo el material que flote como basuras, grano partidos y otro tipo de impureza que no hubiesen sido retiradas en la selección de este modo se aseguran semillas más viables.

Howard, (2001)

Existen varias formas de eliminar los agentes patógenos en el proceso mediante varias sustancias como: hipoclorito de sodio, hidróxido sodio (sosa común) e hidróxido de calcio a las que son susceptible los hongos y las bacterias. Este proceso tiene por objeto limpiar completamente las semillas liberando por agentes contaminantes. Izquierdo, (2001)



Figura 7. Lavado y desinfección de semillas

Pregerminación

Consiste en un remojo común durante 24 horas donde se lleva a cabo la imbibición, es decir el tiempo que tarda la semilla en absorber el agua necesaria para romper su estado de latencia. Se drena el agua y se deja reposar por 48 horas. Influyen factores como son la temperatura, humedad y oxigenación. Pérez, (1999)

Germinación

La germinación inicia desde el momento en que se somete la semilla a hidratación, se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares, esto debido a que se movilizan las enzimas en el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes de las células por la acción de ellas.

- a) **Absorción de agua:** en esta fase se reanuda el metabolismo de la semilla por lo cual la humedad, temperatura y oxigenación deberán ser adecuadas. La semilla aumentará de volumen por la absorción de agua, las reservas alimenticias de las semillas comienzan una serie de reacciones químicas y biológicas que lograrán que el embrión se desarrolle mientras los cotiledones se reducen, al consumir la nueva planta sus reservas son dirigidas por el agua. Pérez, (1999)

- b) **Movilización de nutrientes:** los alimentos almacenados por los cotiledones se movilizan a través de la absorción del agua estos se descomponen a través de la respiración y sirven de sostén para la nueva planta y se

desarrolla hasta que la planta pueda tomar los nutrientes del suelo o substrato y empiece a fabricar su propio alimento. Rodríguez, (2003)

- c) **Crecimiento y diferenciación:** Se puede definir el crecimiento como la síntesis del material vegetal (biomasa), que es acompañada de un cambio de forma y aumento de masa del organismo. El crecimiento de las diferentes partes de la planta se determina por la altura, diámetro del cuerpo de la planta o peso seco en relación del tiempo transcurrido del ciclo de vida. La diferenciación es el proceso mediante el cual se producen las diferentes clases de células. Pérez, (1999)

- d) **Macollado:** es la unidad estructural de la planta gramínea. Es una ramificación. Cada macollo se origina a partir de una yema axilar. Cada uno está formado por un segmento de tallo (integrado por nudos y entrenudos) y las hojas con sus yemas axilares (tantas como nudos tenga el macollo), la yema apical (correspondiente a esa ramificación del tallo) y las coronas de raíces si es un macollo adulto.

- e) **Factores que determinan la germinación:** Pérez, (1999) afirma que es muy importante que las semillas no sean demasiado viejas ya que con el tiempo van perdiendo viabilidad. Además que las condiciones ambientales deben ser las adecuadas, las semillas deben tener el grado de madurez necesario y estar bien desarrolladas e integras lo cual indica que deberán a ver sido cosechadas en el momento oportuno.

Pérez, (1999), indica que los factores ambientales de mayor influencia en la producción de forrajes son la luz, temperatura, oxigenación y el gas carbónico, la luz solar no debe ser excesiva ya que causa quemazón en las plantas principalmente en las charolas superiores. Siendo la temperatura ideal de los 20°C y debe ser lo más constante posible un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento.

Siembra

Izquierdo, (2001) sugiere que una vez hidratada y desinfectadas las semillas se debe que no supere el 1.5 cm de altura o una densidad que no supere los 2 o 2,2 kg por metro cuadrado, dejando una capa uniforme sin dejar espacio y cubrir con un plástico o periódico ya que este proceso ayuda a la germinación evitando la resecación de las semillas.

La siembra se hace en contenedores o charolas evitando de no causar algún daño a los granos, la densidad dependerá de los granos a sembrar y el tamaño de las charolas.

La mejor densidad de siembra para el trigo es de 5.2 kg y 3.9 kg por 1 m². Rojas, (1996).

En caso del maíz la densidad de siembra es de 6 Kg. en 1 m² (Caballo, 2000)

Para el triticale Andrade (2002) realizó tres densidades de siembra para diferentes granos entre ellos el triticale de 1.25 kg, 1.50 kg y 1.75 kg en charolas de 90 cm de largo y 30 cm de ancho para su experimento ocupando el 0.27 m².

La variedad de contenedores están hechos de diferentes materiales como metal, madera, plástico o fibra de vidrio, estos estarán perforados para drenar el exceso de agua.



Figura 8. Contenedores

La semilla deberá ser tapadas por una tela para conservar la humedad de lo contrario perdería la humedad rápidamente cerca de 5 a 8% de germinación Rodríguez, (2003)



Figura 9. Charolas cubiertas con tela para mantener la humedad

Riegos

El riego puede realizarse manual o automático, cuando no hay recursos los riegos son por medio de un balde con agujeros en el fondo o con una manguera siendo de 5 a 8 riegos al día. Por otro lado si es automático se requiere de una bomba y un tanque de almacenamiento tubos y mangueras de distribución para regar por micro aspersores o con atomizadores por aspersor.

Una vez después de hacer la siembra las charolas se colocan en el sitio permanente hasta el término de su desarrollo. En este momento se inicia el riego permanente con agua nutritiva, los riegos se realizan sobre la tela hasta que se forme el colchón radicular y aparezcan y empiecen a ponerse verdes las primeras hojas en este momento las telas serán retiradas. Rodríguez, (2003)

El riego de las charolas no deberá ser excesivas ya que una inundación podría causar una asfixia radicular, aparición de hongos que puede traer la pérdida total del cultivo. Sánchez, (2001).



Figura 10. Riego por micro aspersores

El riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y las condiciones ambientales para la producción de FVH. Como indicador práctico se debe tomar en cuenta no regar cuando las hojas están levemente húmedas y la masa radicular (Valdivia, 1996)

Cosecha

Se realiza cuando la plántula alcanza una altura de 15 a 25 centímetros este desarrollo tardaría alrededor de 9 y 15 días dependiendo de la temperatura, condiciones ambientales el invernadero y la frecuencia de riego. Se obtendrá un tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan por la alta densidad de siembra.

Rendimiento

La producción de granos germinados para uso forrajero bajo control de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de semilla, alcanza un rendimiento de 10 a 12 veces más que la semilla en pasto fresco y una altura de 20 cm aproximadamente en un periodo de 7 a 10 días.



Figura 11. Colchón con tallos, hojas, raicillas y semillas sin germinar.

Requerimientos del Forraje Verde Hidropónico FVH

Humedad

Uno de los factores que afectan la vida de las plantas, el agua es de las más importantes ya que los procesos fisiológicos se realizan en presencia de la misma.

La humedad que la planta necesita será proporcionada por el riego, esto se hará de acuerdo al tipo de instalación. (Rodríguez, 2003)

Oxigenación

Los procesos metabólicos de la semilla empiezan por la respiración, la semilla demandará más oxigenación y a emitir gases. Será necesario mover la semillas si se encuentran en tambos grandes será suficiente una vez cada 8 o 10 horas con

el fin de que salga el gas y entre el oxígeno pero en recipientes pequeños sale por sí solo. (Rodríguez, 2003)

Luz

La radiación solar es importante para la fotosíntesis, ya que provoca el crecimiento vegetal y la síntesis de algunos compuestos como las vitaminas que son de importancia para la alimentación animal. La semilla de FVH no se debe exponer a la luz del sol directo ya que la planta sufrirá de quemaduras.

Temperatura

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Esto implica efectuar un control sobre la regulación de la misma, el rango está entre los 15 y 28°C, con un rango de temperatura óptima de 23°C, pero esto depende de la especie utilizada y sus requerimientos. Un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento. (Calderón, 1992).

Cuadro 6. Temperaturas mínima óptima y máxima requeridas para la producción de FVH

Cultivo	Temperatura mínima	Temperatura óptima	Temperatura máxima
Maíz	8-10	32-35	35.5
Avena y cebada	3-5	25-31	30-40
Trigo	10	15-29	30-43
Triticale	1.0	16.0	25.0
Sorgo	15.0	26.7	38.1
Cebada	3.0	20.0	28.0

Infraestructura requerida para la producción de FVH

Para cualquier proceso de producción con hidropónica se requiere una infraestructura que brinde protección al sistema.

Las instalaciones pueden ser desde los más sencillos y económicos hasta los más tecnificados invernaderos (FAO, 2002), las instalaciones disponibles regulan la

ventilación, iluminación y temperatura para mantener el microclima adecuado para la producción de FVH.

La infraestructura básica cuenta con la estructura de protección, estantes, charolas de protección y sistema de riego.

Estructura de protección: Sirve para proteger el forraje de la luz solar, viento, lluvia y ataque de depredadores, se pueden utilizar estructuras simples de maya sombra, bodegas invernaderos o cualquier otra instalación que pueda servir para este fin.

Contenedores de semillas: Son los recipientes utilizados para colocar las semillas para el desarrollo del cultivo, el material del que están hechos varían de acuerdo al origen y el tipo.

Los más utilizados son de plástico, se deben hacer pequeños agujeros que sirvan de drenaje del agua o charolas de plástico especialmente para la producción de FVH.

Estantes: Los estantes soportan los contenedores o charolas donde se cultiva el forraje, estos pueden ser realizados de madera metal o PVC, la altura va a beneficiar el drenaje y evita el encharcamientos en las charolas que pueden provocarla pudrición de la semilla o cultivo. Los estantes también sirven para sostener el sistema de riego.

Sistema de riego: En el FVH el sistema de riego es indispensable para abastecer la necesidad de agua de las plantas y suministrar los nutrientes. Los sistemas de riego van desde el más sencillo como a mano con ayuda de una regadera hasta los más tecnificados con controladores de automáticos de dosificación de nutrientes, pH, y controlador de riego. Los más utilizados son el sistema de riego por goteo, aspersión y por nebulizador, el riego por inundación no es recomendable ya que provoca la aparición de hongos y esto provoca la pérdida del cultivo.

Características nutricionales del FVH

Los forrajes tiernos en condiciones normales por siembra en suelo tienen entre el 23% y 25% de contenido proteico en sustancia seca. El valor es sobresaliente y más elevado que el nivel de proteína de las plantas en épocas con mayor desarrollo (floración y maduración) ya que su nivel de proteínas baja. La proteína que contiene los forrajes tiernos es de mayor digestibilidad que en plantas maduras. Los forrajes tiernos contiene poca fibra cruda en comparación de una planta adulta y esta se presenta en celulosa pura.

La planta tiene un alto contenido de calcio, fósforo y hierro, minerales que sufren importantes variaciones a medida que crece la planta y lo influye el medio ambiente y el suelo esto se acentúa mucho en climas áridos y semiáridos

Rodríguez, (2003)

Los forrajes tiernos son ricos en vitaminas especialmente en carotenos que van desde los 250 a 350 mg/kg de materia seca y vitaminas liposolubles (a y e), por lo

que los forrajes tiernos o recién germinados por lo que a los animales se le proporcionan las vitaminas y minerales necesarios para su subsistencia. Valdivia (1996)

El pH, del FVH ésta entre 6 y 6.5 es ligeramente ácido, lo que es conveniente como alimento.

Las raciones hidropónicas son asimilables ya que su digestibilidad es de 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).

Cuadro 7. Comparación nutritiva con otros forrajes

Nutriente	FVH	ALFALFA	MAÍZ
Proteína %	19.4	18.4	8.8
Energía %	75	60	70
Grasa %	3.15	2.14	1.9
Digestibilidad %	90	65	60

Fuente: Hidalgo (1985)

Cuadro 8. Análisis bromatológico de FVH de una planta completa de maíz y trigo.

Análisis químico	Maíz	Trigo
Cenizas	1.84%	3.25%
Proteína	12.26%	18.49%
Extracto etéreo	4.25%	2.60%
Fibra cruda	8.87%	17.6%
E.L.N.	72.78%	57.80%

Cuadro 9. Contenido nutricional del FVH a partir de trigo de acuerdo con los días Transcurridos.

Días	Proteína (%)	Grasa (%)	MS (%)
8	14.8	3.01	22.81
10	17.6	3.05	23.02
12	18.1	2.91	23.56
14	19.9	2.53	24.83
16	19.1	2.34	24.99
18	18.6	2.44	25.87
20	17.2	2.22	26.31

(Fuente: Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua 1999. www.fcq.uach.mx)

Cuadro 10. Análisis bromatológico de FVH

Análisis químico	FVH
Materia seca	17.77%
Solubilidad de la proteína	77.49%
Proteína	20.23%
Fibra detergente neutro	51.79%
Digestibilidad en vivo	63.58%

(Fuente: Rodríguez, 2003).

La calidad nutritiva cambia con los diferentes factores como la edad, variedad y tipo de cultivo así como la época de cosecha clima y manejo del mismo. En el mundo ganadero la alfalfa se conoce como la Reyna de los forrajes debido a la calidad de sus nutrientes, sobre todo por el contenido proteico. Los valores encontrados en el Forraje Verde Hidropónico con diferentes semillas presentan similitudes en comparación con la alfalfa. (Rodríguez, 2002)

Cuadro 11. Comparación entre FVH de maíz y trigo en relación a la alfalfa en base Materia seca.

Contenidos	Alfalfa	Maíz	Trigo
Materia Seca (%)	93.3	24.5	25.0
Proteína Cruda (%)	18.4	14.8	22.0
Fibra Detergente neutro (%)	45.0	37.6	39.0
Fibra Detergente Ácido (%)	36.9	12.2	16.5

(Fuente: Rodríguez, 1999; Pérez, 2000; Rodríguez M, 2003, Citado por Rodríguez, 2002. www.fcq.uach.mx)

Recomendaciones para la alimentación animal

En la alimentación de las diferentes explotaciones zootécnicas como los bovinos, caprinos, porcinos y cuniculas se han obtenido excelentes resultados con el uso de FVH.

Para la producción porcina se utilizan dosis de 2 a 6 kg diarios de FVH remplazando el concentrado entre un 20% y un 50%, el óptimo es de 30%. Se usa en periodos de crecimiento y ceba que van desde los 16 hasta los 90kg de peso vivo.

Para la alimentación bovina productora de leche suelen suministrar de 12 a 18 kg de FVH, repartidas en dos raciones generalmente a la hora del ordeño, suprimiendo otros complementos, como los concentrados, esta ración es suficiente para complementar de forma adecuada en 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 tradicionales)

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 METODOS

Descripción del Área de Estudio

El trabajo de investigación se realizó en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, ubicada en 25° 22' de latitud Norte y 110° 00' de longitud Oeste con una altitud de 1742 (García, 2004).

Características del invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento tenía las siguientes características: Cuenta con dos extractores, termostato y camas de siembra de 90 centímetros de largo por 30 centímetros de ancho.

Material genético

Para el presente trabajo se utilizaron cuatro tipos de semilla Triticale, línea AN184 UAAAN, Sorgo (*Sorghum spp*), Maíz (*Zea mays*) y Trigo (*Triticum*) los cuales fueron proporcionados por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Prueba de germinación

Se realizaron pruebas de germinación a cada uno de los materiales utilizados. Las pruebas se realizaron en el laboratorio del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de acuerdo a la metodología de la Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas (1949).

Para las pruebas se utilizaron 100 semillas para cada especie, las cuales se acomodaron en hileras de 10 x 10 semillas, después de esto se humedece el papel anchor para mantener húmedas las semillas que están en la prueba de germinación, colocando dos pliegues una encima de otra y posteriormente se enrolla en forma de taco y se identifica.

Las repeticiones se prepararon del mismo modo y se pasaron a una cámara germinadora con una temperatura de germinación de 28°C verificándose diariamente la humedad y proporcionándola cuando esta fuera necesaria.

Metodología de trabajo

Densidad de siembra

Se realizó una densidad de siembra para el maíz de 230 gr. por charola, para el sorgo y el trigo se utilizaron 333 gr. por charola, y 230 gr. para el triticale. Utilizando charolas de 90 cm de largo por 30 cm de ancho con un área de 0.27 m² con una densidad de siembra equivalente a 55.56 ton/ha.

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 cuando la germinación de las semillas era uniforme.

El material que se utilizó para realizar el riego fue hecho con conductos de PVC y micro aspersores de medio círculo con un gasto de 0.01 litros por minuto. El riego se proporcionó cada hora con una duración de 2 minutos por riego, iniciando estos a las 8 a.m. y concluyendo a las 4 p.m. después de 7 días de iniciado el experimento se disminuyeron los riegos debido a que el follaje retenía la humedad necesaria, se proporcionaban 2 minutos de riego por cada 2 horas, 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.

Se registró la altura, el aumento de peso diario de cada charola y la temperatura dentro del invernadero, se extrajeron muestras de cada cereal a los 21 días para el maíz y sorgo y 28 días para el trigo y triticale después del inicio del experimento para hacer los análisis bromatológicos y las pruebas de

digestibilidad *In-vitro* de acuerdo a las metodologías descritas por la A.O.A.C. (1980) y Orzkov, *et al.*, (1980).

Variables Analizadas

Germinación

Peso Fresco del FVH

Altura del FVH

Análisis bromatológico (A.O.A.C, 1980)

Digestibilidad in vitro (Incubador DAISY, Ankom technologies) (Goering y VanSoest, 1970)

Diseño experimental

Para el análisis de los datos se utilizó un diseño completamente al azar, (Olivares, 1994).

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 Forraje Verde Hidropónico, 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 12, se puede

observar que estos van desde el 72.25 al 98.25%, siendo aceptables para la producción.

Cuadro 12. Porcentaje de germinación de los materiales utilizados

	Maíz	Sorgo	Triticale	Trigo
Densidad de siembra por charola (gr)	230	333	230	333
Germinación (%)	72.25 ^b	96.50 ^a	98.25 ^a	94.70 ^a
Tiempo de germinación (días)	28	28	21	21

Líneas con literal diferente indican diferencias ($P>0.05$)

T° prueba germinación 28^o C

La prueba de germinación en 28 días indicó que el Maíz con 72.25% obtuvo el más bajo porcentaje de germinación de los forrajes estudiados ($P>0.05$) y fueron inferiores a los reportados por Cuervo (2004) de 82%, para el Sorgo fue de un 96.50% siendo el segundo más alto en las pruebas de germinación, mientras que el trigo obtuvo el 94.70%, superiores a los reportado por Cuervo (2004) de 86%, la germinación para el triticale fue de 98.25% siendo el forraje con mayor porcentaje de germinación de los forrajes estudiados.

Cuadro 13. Crecimiento de semillas trabajadas

	Maíz	Sorgo	Triticale	Trigo
Peso	973.67 ^c	1493.67 ^a	1269.00 ^b	1479.33 ^a
Altura	21.67 ^a	10.00 ^c	15.50 ^b	20.00 ^a

Líneas con literal diferente indican diferencias (P>0.05)

Maíz y sorgo 28 días de siembra Trigo y triticale 21 días de siembra

Como se observa en el cuadro 13, el análisis mostró diferencia significativa entre las medias de producción por día ($p < 0.05$), para maíz con una densidad de siembra de 230 gr/27m², se encontró para el día 28 una altura de 21.67 centímetros y un peso de 973.67 gr. lo cual equivale a una producción promedio de FVH de 743.67 gr en período de 28 días teniendo en cuenta que la densidad de siembra fue mucho menor en comparación con Caballo (2000) ya que su densidad de siembra fue de 1.5 kg y obtuvo un rendimiento de 8 kg por cada kilogramo de semilla sembrada, en un periodo de 10 a 12 días de crecimiento utilizando una solución nutritiva, teniendo en cuenta que la densidad de siembra utilizada fue menor y que además en este experimento solo se utilizó agua normal.

Para el sorgo la altura máxima que alcanzo el presente experimento fue de 10 centímetros a los 28 días siendo menor a las obtenidas por Díaz (2007) que en su experimento obtuvo resultados bajo tres diferentes tratamientos (agua, ácidos húmicos y algaenzims) que obtuvo resultados de 13.2, 14.5 y 9.5 centímetros de altura en 14 días la diferencia fue significativa y esto pudo ver sido afectada por un

mal manejo en los riegos. Al igual que García (2004), quien obtuvo como resultado de 13.5 centímetros en 15 días.

Para el triticale la altura máxima en el presente experimento fue de 15 centímetros en un periodo de 21 días fueron inferiores a los reportados por Estrada (2006) que obtuvo 12.5 centímetros en triticale en un lapso de 14 días esto pudo afectar el tiempo transcurrido de 14 días a 21 días.

El análisis bromatológico del maíz, sorgo, triticale y el trigo cultivado en hidroponía, indica que el contenido de materia seca fue ($p > 0.05$) en todos los cultivos con valores entre 89.55 y 93.24%. Los contenidos de proteína cruda fueron de 13.56% para el maíz, 12.87 % para el sorgo, 19.54 % para el triticale y 18.30% para el trigo.

Los resultados del presente estudio, son superiores a los reportados por Estrada (2006), en triticale hidropónico, el cual reporta valores de 18.5% para proteína cruda, 12.6% para fibra cruda, 4.50% para extracto etéreo, 4.72% para cenizas y 24.06% para extracto libre de nitrógeno, utilizando soluciones orgánicas diluidas, a

Cuadro 14. Análisis bromatológico y Digestibilidad *in-vitro*

	Maíz	Sorgo	Triticale	Trigo
Materia seca	89.55 ^b	90.86 ^b	93.01 ^a	93.24 ^a
Proteína	13.56 ^b	12.87 ^b	19.54 ^a	18.30 ^a
Grasa	3.47 ^a	2.14 ^b	2.48 ^b	1.96 ^b
FDN	62.50 ^b	68.88 ^a	62.15 ^b	65.03 ^a
FDA	42.60 ^c	56.94 ^b	58.21 ^b	62.62 ^a
Cenizas	5.20 ^b	4.03 ^c	6.41 ^a	6.30 ^a
DIVMS %	77.86 ^a	64.03 ^b	61.54 ^c	60.39 ^c

Líneas con literal diferente indican diferencias (P>0.05)

Diferencia a las utilizadas en este estudio en que se utilizó agua común, lo que pudo ocasionar las diferencias.

Estos resultados son superiores a los reportados por Caballo (2003), en maíz hidropónico, el cual reporta valores de 12.26% para proteína cruda, 8.87% para fibra cruda, 4.25% para extracto etéreo, 1.84% para cenizas y 32% para extracto libre de nitrógeno. Las diferencias pudieran ser atribuidas a que Caballo no utilizó sustancias nutritivas, como se utilizó en este estudio.

Los valores presentados en este trabajo son mayores a los reportado por Cuervo (2004), en maíz hidropónico, el cual reporta valores de 14.59% para proteína cruda, 15.19% para fibra cruda, 5.92% para extracto etéreo, 2.14% para cenizas, no siendo así para el caso del extracto libre de nitrógeno (43.67%) el cual es ligeramente inferior a lo reportados por el autor antes mencionado, extracto libre de 45 nitrógeno 62.16%. En cebada hidropónico, reporta valores de 20.96% para proteína cruda, 14.97% para fibra cruda, 4.94% para extracto etéreo, 3.37% para cenizas, no siendo así para el caso del extracto libre de nitrógeno 43.67% el cual es ligeramente inferior a lo reportados por el autor antes mencionado, extracto libre de nitrógeno 55.76%. En trigo hidropónico, reporta valores de 20.66% para proteína cruda, 19.92% para fibra cruda, 5.92% para extracto etéreo, 3.31% para cenizas. El caso del extracto libre de nitrógeno 43.67% fue ligeramente inferior a lo reportados por el autor antes mencionado, extracto libre de nitrógeno 55.76%. Las diferencias con los resultados encontrados en este estudio pueden ser atribuibles a que Cuervo utilizó solo agua.

Por otro lado, García (2004), en trigo hidropónico reporta valores de 22.0% para proteína cruda, 821.92% para fibra cruda, 7.92% para extracto etéreo, 5.65% para cenizas y 52.20% para extracto libre de nitrógeno. Estas diferencias pueden ser debido a las características del cultivo, ya que García realizó su estudio con trigo.

La digestibilidad *in vitro* fluctuó entre 60.39% para el sorgo y 77.86% para el maíz, con valores intermedios para el sorgo (64.03%) y triticale (61.54%), lo que indica una buena digestibilidad para todos los materiales evaluados.

CONCLUSIONES

En cuanto a las características de crecimiento, producción, calidad nutritiva y la digestibilidad *In vitro* de la materia seca, los resultados obtenidos en este trabajo indican que con esta técnica se pueden obtener valores superiores y aceptables a los obtenidos con métodos de producción tradicionales, lo que corrobora la superioridad de esta técnica. Es necesario mencionar que el gasto de agua en la producción de forraje hidropónico es menor al gasto de agua en la producción de forraje tradicional, teniendo como resultado un eficiente uso del agua al utilizar esta técnica.

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, con buena calidad nutritiva y alta digestibilidad.

LITRATURA 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.
- <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm>
- 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
- Goering, H.K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. (apparatus, reagents procedures and some applications). Agr. Handbook No. 379. ARS, USDA.
- 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.
- Rodriguez 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 <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/forraje.htm>.
- 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

Referencias electrónicas

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

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

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

<http://www.unmsm.edu.pe/Noticias/Enero/d27/Veramp.asp?val=1>

