

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO".

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL.



**Evaluación de Producción, Crecimiento y Calidad de Forraje Verde Hidropónico  
(Sorghum vulgare Sudangrass Hybrid) en diferentes Mezclas de Soluciones  
Nutritivas Orgánicas**

Por:

**SERGIO FRANCISCO DÍAZ GONZÁLEZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Octubre, 2007.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Evaluación de Producción, Crecimiento y Calidad de Forraje Verde Hidropónico  
(Sorghum vulgare Sudangrass Hybrid) en diferentes Mezclas de Soluciones  
Nutritivas Orgánicas**

Por:

**SERGIO FRANCISCO DÍAZ GONZÁLEZ**

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial  
para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**A P R O B A D A:**

---

**Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez**  
Presidente del Jurado

---

**Ing. Rodolfo Peña Oranday**  
1er. Vocal

---

**Ing. David Martínez Rivera**  
2do. Vocal

---

**ING. Rodolfo Peña Oranday**  
**Coordinador de División de Ciencia Animal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Octubre, 2007.

## **AGRADECIMIENTO**

*A DIOS: Quien me dio la fe, la esperanza y la tranquilidad espiritual que necesité a lo largo de toda mi carrera para poder cumplir mi meta.*

*A la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”: Por haberme recibido en sus instalaciones y brindarme todos y cada uno de los servicios que presta, ya que sin ello no hubiese logrado mis objetivos.*

*AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL: Del cual me causa un enorme orgullo haber pertenecido y al que agradezco todo su apoyo brindado durante toda mi carrera.*

*A LOS PROFESORES: Que con su enseñanza, conocimientos y consejos me ayudaron a ser una mejor persona.*

Al Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez: Por su paciencia, asesoramiento, orientación y aportación de conocimientos para poder hacer posible este trabajo. Y más que nada, gracias por su disponibilidad que siempre la tuvo hacia mi persona. Gracias por todo.

Al Ing. Rodolfo Peña Oranday: Por haber sido unos de los asesores de este trabajo, por haberme dado la oportunidad de realizar mi tesis y por sus valiosas sugerencias y orientación.

Al Ing. David Martínez Rivera: Que además de aceptar participar en este trabajo a lo largo de mi estancia en esta universidad, siempre pude contar con su disponibilidad para que me brindara sus conocimientos y su valiosa amistad.

*A TODAS y cada una de las personas que de manera directa o indirectamente me apoyaron para la elaboración de este trabajo y en el transcurso de toda mi carrera.*

*“Gracias”*

## **DEDICATORIA.**

*A MIS PADRES: Por su amor, su comprensión, su cariño, sus consejos y su apoyo tanto moral, como espiritual, y en lo económico que siempre me apoyaron y por que sin ellos no hubiese logrado la meta que me propuse.*

*SERGIO DÍAZ LEÓN*

*MARIA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ*

*A MIS ABUELOS: Que siempre me han brindado su amor, su ternura, sus consejos y su cariño.*

*JUSTINO DÍAZ PÉREZ*

*FELÍCITAS LEÓN DE DÍAZ (t)*

*A MIS HERMANOS: Que siempre me dieron su cariño, consejos y apoyo que me sirvieron de aliciente en los momentos difíciles de mi carrera.*

*JAVIER DÍAZ GONZÁLEZ*

*DANIEL DÍAZ GONZÁLEZ*

*A MI NOVIA: Que siempre me apoya con sus consejos, su cariño, su alegría y su comprensión.*

*DALILA PECINA MARTÍNEZ*

## INDICE

	<i>Pág.</i>
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
INDICE .....	III
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	3
Objetivos Generales.....	3
Objetivos Particulares o Específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Antecedentes de la hidroponía.....	4
Importancia de la hidroponía.....	10
Ventajas de la hidroponía.....	11
Desventajas de la hidroponía.....	11
Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	12
Ventajas de la producción (FVH).....	13
Ahorro de agua.....	14
Contenido de vitaminas. ....	15
Desequilibrios digestivos.....	15
Desventajas de la producción (FVH).....	15
Costos de instalación. ....	16
Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico. ....	16
Lavado y desinfección de la semilla.....	17
Absorción de agua (imbibición).....	18
Recipientes.....	18

Germinación.....	19
Riegos.....	19
Cosecha.....	20
Requerimientos para producir (FVH).....	20
Agua.....	20
Luz.....	20
Temperatura.....	21
Humedad.....	21
Nutrición.....	21
Nutrientes.....	21
Solución nutritiva.....	22
Trabajos realizados con (FVH).....	22
Invernaderos.....	24
Descripción del Sorgo Forrajero.....	25
Descripción botánica.....	25
Sistema radicular.....	26
Tallos.....	26
Hojas.....	26
Flores.....	26
Requerimientos Ecológicos y Edáficos.....	27
Temperatura.....	27
Humedad.....	28
Altitud.....	28
Latitud.....	28
Foto periodo.....	28
Suelo.....	29
Siembra.....	29
Época de siembra.....	29
Cosecha.....	30
Descripción del Algaenzims. ....	30
Trabajos realizados con Algaenzims.....	32

Descripción de los Ácidos Húmicos de Lombriz.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
Ubicación del área de trabajo.....	36
Características del invernadero.....	37
Material genético.....	37
Materiales utilizados.....	37
Metodología de Trabajo.....	38
Prueba de germinación.....	38
Densidad de siembra.....	39
Descripción de los tratamientos.....	40
Preparación de la solución.....	40
Riegos.....	41
Proceso de producción .....	41
Cosecha.....	42
Diseño Experimental.....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52
APÉNDICE.....	55

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro No. 1.	Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.....	14
Cuadro No. 2.	Época de siembra para los estados más productores de sorgo en México.....	30
Cuadro No. 3.	Análisis químico del algaenzims.....	32
Cuadro No. 4.	Análisis químico de lombrihumus.....	34
Cuadro No. 5.	Comparativo entre lombrihumus y abonos no orgánicos.....	35
Cuadro No. 6.	Ingredientes para la solución.....	40
Cuadro No. 7.	Análisis bromatológico de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	45
Cuadro No. 8.	Producción de Sorgo Forrajero en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	47
Cuadro No. 9.	Altura de Sorgo Forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	49



## INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Figura No.1.	Forraje Verde Hidropónico.....	2
Figura No. 2.	Desinfección de la semilla.....	17
Figura No. 3.	Recipientes.....	19
Figura No. 4.	Producción de leche.....	23
Figura No. 5.	Cantidad de grasa en producción de leche.....	24
Figura No. 6.	Invernadero No. 2 donde se realizo el trabajo.....	37
Figura No. 7.	Densidad de siembra.....	39
Figura No. 8.	Cosecha de forraje verde hidropónico.....	42
Figura No. 9.	Análisis bromatológico de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	46
Figura No. 10.	Producción de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	48
Figura No. 11.	Altura de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.....	50

## RESUMEN

### Evaluación de Producción, Crecimiento y Calidad de Forraje Verde Hidropónico (*Sorghum vulgare* Sudangrass Hybrid) en diferentes Mezclas de Soluciones Nutritivas Orgánicas

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el evaluar la producción, crecimiento y calidad del Forraje Verde Hidropónico, en el cultivo de Sorgo Forrajero Variedad Sudangrass Irbid con diferentes mezclas de soluciones nutritivas orgánicas (Agua, Ácidos húmicos y Algaenzims).

Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques al Azar, en invernadero y bajo condiciones de hidroponía. El procedimiento utilizado en este experimento incluyó: selección de semilla, peso de semilla, prueba de germinación, lavado de semilla, pregerminación, siembra en charolas, preparación de tratamientos de sustancias húmicas orgánicas para su aplicación en los riegos, cosecha, registro de peso, altura y finalmente análisis bromatológicos.

Se hizo registro de las variables peso y altura en cada charola los días 7, 11 y 14, día en que se cosecho para posteriormente realizar el análisis bromatológico de cada tratamiento.

La producción de FVH de sorgo con el tratamiento de Ácidos húmicos resultó con mayor ( $p < 0.05$ ) rendimiento en cuanto a peso y crecimiento (1.20kg. y 14.5cm.), seguido del agua con (1.0kg. y 13.2cm.), y, por último el tratamiento de Algaenzims con (0.90kg. y 9.5cm.).

Respecto de la calidad nutricional los resultados indican que no hay diferencia significativa, ( $p < 0.05$ ) en los tres tratamientos en cuanto al contenido de Materia seca: Respecto a Materia Orgánica los ácidos húmicos y el agua se mostraron superiores ( $p < 0.05$ ) al igual que en el contenido de Proteína Cruda; En cuanto a Fibra Cruda el agua supera ( $p > 0.05$ ) a los otros dos tratamientos seguido muy de

cerca por el Algaenzims: En Extracto Etéreo los ácidos húmicos resultaron superiores ( $p < 0.05$ ). Respecto al contenido de Cenizas evaluados, Algaenzims se muestra muy superior ( $p < 0.05$ ) a los otros tratamientos: Los ácidos húmicos resultaron con un contenido superior ( $p < 0.05$ ) de Extracto Libre de Nitrógeno.

Por lo anterior, se concluye que el método hidropónico para la producción de forraje, es una buena alternativa con características de sustentabilidad y con posibilidades para reactivar la economía del campo, tanto en el sector ganadero como en regiones en el que el agua sea un factor limitante, así como en lugares de clima extremo. Es decir, pueden combinarse ganadería extensiva e intensiva, de acuerdo a las condiciones de la localidad donde se encuentre la explotación; además, es un complemento proteínico de alta calidad y bajo costo.

## INTRODUCCIÓN

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. Hoy en día, la técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura.

El término hidroponía 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 de crecimiento de las plantas sin utilizar suelo, aunque utilizando 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 normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina a menudo “cultivo sin suelo” mientras que el cultivo solamente que en agua natural o con solución nutritiva será el verdadero hidropónico o hydrocilo (Samperio, 1997).

Mucho tiempo y esfuerzo ha sido empleado en la formulación de soluciones nutritivas. Muchas soluciones y composiciones han sido exitosamente estudiadas pero algunas pueden diferir de otras en la relación de su búsqueda de mejor. Elegir de la vida de las plantas es temario de dedicación y tiempo, el forraje verde hidropónico (FVH) es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para la mayoría de los animales y excelente valor nutritivo.

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, que tan valiosas son para el ganado.

Con este método es posible suministrar a diferentes especies de ganado, alimento 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.

Los cultivos hidropónicos son parte de las nuevas agro-tendencias mundiales: alimentos libres de químicos y mayor producción en menor espacio; y para mejorar la producción se asperja una mezcla de soluciones orgánicas para tener un mayor rendimiento de forraje en verde.



Figura No.1 Forraje Verde Hidropónico

## **Justificación**

El forraje verde hidropónico como complemento alimenticio es un elemento rico en nutrientes, por lo tanto es una alternativa factible para amortiguar la problemática de escasez de alimento en el ganado en tiempos críticos. Los pequeños productores pueden adoptar el sistema de producción de FVH sin tener que hacer una gran inversión ya que su adquisición no es costosa o bien es remunerable y las técnicas utilizadas en el proceso producción de FVH no son complicadas.

## **Objetivos Generales**

- ❖ Evaluar el comportamiento de la producción de Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de Soluciones Nutritivas Orgánicas.

## **Objetivos Específicos**

- ❖ Determinar el peso del Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de Soluciones Nutritivas Orgánicas.
- ❖ Determinar la altura del Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de Soluciones Nutritivas Orgánicas.
- ❖ Determinar el Contenido Nutricional del Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de Soluciones Nutritivas Orgánicas.

## **Hipótesis**

La aplicación de soluciones nutritivas orgánicas (Algaenzims y Ácidos húmicos de lombriz) producirá mayor peso, altura y un alto valor nutritivo de Forraje Verde Hidropónico.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### *Antecedentes de la hidroponía*

La palabra hidroponía, se derivó de dos palabras griegas, hidro, significando el agua y ponos que significa labor; literalmente “trabajo en agua.” Es considerado la base para todas las formas de cultivo hidropónico, aunque se limitó principalmente a la cultura de agua sin el uso de medio de arraigado.

Hidroponía se define ahora como la ciencia de cultivo de plantas sin el uso de tierra, pero con uso de un medio inerte, como arena gruesa, turba, cascarilla de arroz, grava, aserrín, entre otros, al que se agrega una solución nutriente que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal y desarrollo. Puesto que muchos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio que contiene material orgánico como turba o aserrín, son a menudo llamados "cultivos sin suelo", mientras que aquellos con la cultura del agua serían los verdaderamente hidropónicos.

Hoy, la hidroponía es el término que describe las distintas formas en las que pueden cultivarse plantas sin tierra. Estos métodos, generalmente conocidos como cultivos sin suelo, incluyen el cultivo de plantas en recipientes llenos de agua y cualquier otro medio distintos a la tierra. Incluso la arena gruesa, vermiculita y otros medios más exóticos, como piedras aplastadas o ladrillos, fragmentos de bloques de carbonilla, entre otros. Hay varias excelentes razones para reemplazar la tierra por un medio estéril, se eliminan plagas y enfermedades contenidas en la tierra inmediatamente. La labor que involucra el cuidado de las plantas se ve notablemente reducida.

Unas características importantes al cultivar plantas en un medio sin tierra es que permite tener más plantas en una cantidad limitada de espacio, las cosechas madurarán más rápidamente y producirán rendimientos mayores, se conservan el

agua y los fertilizantes, ya que pueden reciclarse, además, la hidroponía permite ejercer un mayor control sobre las plantas, con resultados más uniformes y seguros.

Todo esto se hace posible por la relación entre la planta y sus elementos nutrientes. No es tierra lo que la planta necesita; son las reservas de nutrientes y humedad contenidos en la tierra, así como el apoyo que la tierra da a la planta. Cualquier medio de crecimiento dará un apoyo adecuado, y al suministrar nutrientes a un medio estéril donde no hay reserva de estos, es posible que la planta consiga la cantidad precisa de agua y nutrientes que necesita. La tierra tiende a menudo a llevar agua y nutrientes lejos de las plantas, lo cual vuelve la aplicación de cantidades correctas de fertilizante un trabajo muy difícil. En hidroponía, los nutrientes necesarios se disuelven en agua, y esta solución se aplica a las plantas en dosis exactas en los intervalos prescritos.

Varios autores coinciden en que la hidroponía, considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social. Consideran que dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos.

El proceso hidropónico que causa el crecimiento de plantas en nuestros océanos data aproximadamente desde el tiempo que la tierra fue creada. El cultivo hidropónico es anterior al cultivo en tierra pero, como herramienta de cultivo, muchos creen que empezó en la antigua Babilonia, en los famosos Jardines Colgantes que se listan como una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo, en lo que probablemente fuera uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas hidropónicamente.

En 1699, John Woodward, un miembro de la Sociedad Real de Inglaterra, cultivó plantas en agua que contenía varios tipos de tierra, la primera solución de nutrientes hidropónica artificial, y encontró que el mayor crecimiento ocurrió en agua



con la mayor cantidad de tierra. Puesto que ellos sabían poco de química por esos días, él no pudo identificar los elementos específicos que causaban el crecimiento. Concluyó, por tanto, que el crecimiento de la planta era un resultado de ciertas sustancias y minerales en el agua, contenidos en el “agua enriquecida”, en lugar que simplemente del agua.

Por las décadas que siguieron a la investigación de Woodward los fisiólogos de plantas europeos establecieron muchas cosas. Ellos demostraron que el agua era absorbida por las raíces de la planta, que atraviesa su sistema capilar y que escapa en el aire a través de los poros en las hojas. Descubrieron que la planta toma minerales tanto del suelo como del agua y que las hojas expulsan dióxido de carbono al aire. Demostraron también que las raíces de la planta toman oxígeno. Otros progresos fueron lentos hasta que otras técnicas de investigación más sofisticadas se desarrollaron.

La teoría de la química moderna, logró grandes adelantos durante los siglos XVII y XVIII revolucionando la investigación científica. Cuando las plantas fueron analizadas se determinó que están compuestas por elementos derivados del agua, tierra y aire.

Experimentalmente, Sir Humphrey Davy, inventor de la Lámpara de Seguridad, desarrolló un método para realizar la descomposición química por medio de una corriente eléctrica. Algunos de los elementos que constituyen la materia fueron descubiertos, y, era ahora posible para los químicos dividir un compuesto en sus partes constitutivas.

En 1792 el científico inglés Joseph Priestley inteligentemente descubrió que al colocar una planta en una cámara con un alto nivel de “Aire Fijo” (Dióxido de Carbono) ésta absorberá gradualmente el dióxido de carbono y emitirá oxígeno. Jean Ingen-Housz, unos dos años después, llevó el trabajo de Priestley un paso más allá y demostró que una planta encerrada en una cámara llena de dióxido de carbono

podría reemplazar el gas con oxígeno en varias horas si la cámara se expone a la luz solar. Ya que la luz del sol no tenía efecto sobre el recipiente con dióxido de carbono, era cierto que la planta era la responsable de esta transformación notable. Ingen-Housz estableció que este proceso trabaja más rápidamente en condiciones de luz intensa, y que sólo las partes verdes de la planta estaban involucradas.

En 1804, Nicolás De Saussure publicó los resultados de sus investigaciones, indicando que las plantas están compuestas de minerales y elementos químicos obtenidos del agua, tierra y aire. En 1842 se publicó una lista de nueve elementos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas.

Estas proposiciones fueron verificadas después por Jean Baptiste Boussingault (1851), un científico francés que empezó como mineralogista empleado por una compañía minera, y cambió su área de estudio a la química agrícola a principios de la década de 1850. En sus experimentos con medios de crecimiento inertes, alimentó plantas con soluciones en agua usando varias combinaciones de elementos puros obtenidos de la tierra, arena, cuarzo y carbón de leña (un medio inerte no presente en la tierra) a los cuales agregó soluciones de composición química conocida. Él concluyó que el agua era esencial para crecimiento de la planta proporcionando hidrógeno y que la materia seca de la planta consiste en hidrógeno más el carbono y oxígeno que provienen del aire. Él también estableció que las plantas contienen nitrógeno y otros elementos minerales, y obtienen todos los nutrientes requeridos de los elementos de la tierra que usó; pudo entonces identificar los elementos minerales y las proporciones necesarias para perfeccionar el crecimiento de la planta lo que fue un descubrimiento aún mayor.

En 1856 Salm-Horsmar desarrolló técnicas para el uso de arena y otros sustratos inertes, varios investigadores habían demostrado por ese tiempo que pueden crecer plantas en un medio inerte humedecido con una solución de agua que contiene los minerales requeridos por las plantas. El próximo paso era eliminar

completamente el medio y cultivar las plantas en una solución de agua que contuviera estos minerales.

De los descubrimientos y avances en los años 1859 a 1865 la técnica fue perfeccionada por dos científicos alemanes, Julius Von Sachs (1860), profesor de Botánica en la Universidad de Wurzburg (1832-1897), y W. Knop (1861), químico agrícola; Knop ha sido llamado "El Padre de la Cultura del Agua."

En ese mismo año (1860), el profesor Julius Von 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. Esto marcó el fin de la larga búsqueda del origen de los nutrientes vitales para las plantas, dando origen a la "Nutricultura". Técnicas similares se usan actualmente en estudios de laboratorio sobre fisiología y nutrición de plantas. Las primeras investigaciones en nutrición de plantas demostraron que el crecimiento normal de estas puede ser logrado sumergiendo sus raíces en una solución de agua que contenga sales de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg), que se define actualmente como macro elementos o macro nutrientes (los elementos requeridos en cantidades relativamente grandes). Con refinamientos extensos en técnicas de laboratorio y química, científicos descubrieron siete elementos requeridos por las plantas en cantidades relativamente pequeñas – los micro elementos o elementos residuales. Éstos incluyen: hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), y molibdeno (Mo).

Se estableció entonces la adición de químicos al agua para producir una solución nutriente que apoyaría la vida de la planta. En 1920 la preparación del laboratorio de "cultura de agua" fue regularizada y se establecieron los métodos para su correcto uso.

En años siguientes, investigadores desarrollaron muchas fórmulas básicas diversas para el estudio de la nutrición de las plantas. Algunos de los que trabajaron

en esto fueron Tollens (1882), Tottingham (1914), Shive (1915), Hoagland (1919), Deutschmann (1932), Trelease (1933), Arnon (1938) y Robbins (1946). Muchas de sus fórmulas todavía se usan en investigaciones de laboratorio sobre nutrición y fisiología de las plantas.

El interés en la aplicación práctica de esta “Nutricultura” no se desarrolló hasta aproximadamente 1925 cuando la industria del invernadero expresó interés en su uso.

Las tierras del invernadero tuvieron que ser reemplazadas frecuentemente para superar problemas de estructura, fertilidad y pestes. Como resultado, los investigadores se dieron cuenta del uso potencial de la nutricultura para reemplazar la tierra convencional por los métodos culturales.

Antes de 1930, la mayoría del trabajo hecho sobre cultivos sin suelo se orientó al laboratorio para fines experimentales. Nutricultura, quimicultura, y acuicultura eran otros términos usados durante los años veinte para describir la cultura del cultivo sin suelo. Entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo extenso modificando las técnicas de laboratorio de nutricultura a la producción de cosechas a gran escala.

Al final de la década de 1920 e inicio de los años treinta el Dr. William F. Gericke de la Universidad de California extendió sus experimentos de laboratorio y trabajos en nutrición de plantas a cosechas prácticas en aplicaciones comerciales a gran escala. A estos sistemas de nutricultura los llamó “hidroponía”.

De saussure en 1804, expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire. Este principio fue comprobado mas tarde por Boussingault (1851), químico francés que en sus ensayos con plantas cultivadas en arena, cuarzo y carbón vegetal añadió una buena solución química de composición determinada, llegando ala conclusión de que el agua era esencial para el crecimiento de las plantas al suministrarle hidrógeno, y que

la materia seca de las plantas estaba formada por hidrógeno mas carbón y oxígeno que provenían del aire, constando también que las plantas contienen hidrógeno y otros elementos naturales (Sánchez, 2001). El próximo paso era eliminar completamente el medio y cultivar las plantas en una solución de agua que contuviera estos minerales (Rodríguez, 2002).

Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos dentro de invernaderos y que también es posible cultivar sin necesidad de suelo a través de la técnica de cultivo sin suelo mas conocida como hidroponía, una de las ventajas del cultivo sin suelo es el ahorro significativo del agua, siendo una buena opción en zonas donde ocurren sequías frecuentes (Caballo, 2000).

El método hidropónico para la producción de forraje es una buena alternativa para reactivar la economía del campo en el sector ganadero en regiones en que el agua sea un factor limitante, así como en lugares de clima extremo. Es decir, pueden combinarse ganadería extensiva e intensiva de acuerdo a la conveniencia del sector en donde se encuentre la explotación; además, es un complemento proteínico de alta calidad y bajo costo.

### **Importancia de la hidroponía**

La importancia de la hidroponía, es que su aplicación a beneficiado a ciertos cultivos, adaptando técnicas nuevas como alternativa para satisfacer la demanda de productos agropecuarios, así como usar diferentes instalaciones, de las cuales para algunos su sistema no siempre es justificable económicamente por los gastos de inversión inicial pero presenta varias opciones adecuadas en casi todos los casos, (López, 1988).

Lamentablemente, la situación ha cambiado, ya no hay disponibilidad de alimentos baratos y menos aún de alimentos de calidad confiable. Actualmente se utilizan pesticidas prohibidos en el resto del mundo por su altísima toxicidad y se

carece de los controles adecuados que aseguren el respeto a las normas vigentes en materia de sanidad vegetal. Un gran porcentaje de los alimentos que se consumen contienen elementos nocivos para la salud, y entre ellos, las verduras y frutas son las más expuestas, por ser las que transportan directamente a la mesa los residuos de los insecticidas y plaguicidas, a diferencia de lo que ocurre con la carne, la leche, los huevos, etc., que ingresan al organismo de los animales y de allí pasan a los alimentos que consumimos, por lo que de alguna forma, los efectos llegan atenuados. Por estas y muchas razones mas la hidroponía es la agricultura del futuro.

### **Ventajas de la hidroponía**

- Mayor crecimiento en poco tiempo
- Permite mayor densidad de población
- Menor consumo de agua y fertilizantes
- Humedad uniforme
- Se evita la contaminación del suelo con productos químicos
- Reutilización de soluciones nutritivas
- Permite aprovechar suelos o terrenos no aptos a la agricultura tradicional
- Técnica apropiada para zonas donde hay escasez de agua
- Mayor calidad del producto
- La recuperación de lo invertido es rápido

### **Desventajas de la hidroponía**

- Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos
- Falta de experiencia en el manejo de soluciones nutritivas puede afectar la calidad de las plantas
- La inversión inicial es costosa
- Requiere de un abastecimiento continuo de agua y nutrientes

## **Forraje Verde Hidropónico (FVH)**

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierra ni de mucha agua. Tampoco se requiere de largos períodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de solo de 12 a 15 días.

Esta forma de producción les permitiría a los campesinos obtener de una manera rápida, a bajo costo y en forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutritivo para alimentar a sus animales.

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “greña fodder hydroponics” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, alta calidad nutricional para la alimentación animal.

La diferencia del FVH con las pasturas tradicionales consiste en que el animal consume las primeras hojas verdes, los restos de la semilla y la zona radicular, en una fórmula mágica de azúcares, carbohidratos y proteínas. De igual manera la palatabilidad es excelente y aumenta la asimilación de otros alimentos por parte del animal.

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.

## Ventajas de la Producción de FVH

- Mayor producción por unidad de superficie en un área pequeña, en comparación con los campos destinados para tal fin
- Se requiere menos agua para su producción.
- Las cantidades requeridas para la manutención de los animales se programan con facilidad.
- Se puede producir todo el año.
- Menor empleo de mano de obra.
- Obtención de un forraje de alta calidad nutritiva, ya que suministra una proteína barata y de alta calidad.
- Producción de un forraje de alta palatabilidad
- No se requiere del uso de maquinaria pesada
- Mejora la salud del animal:
  - ✓ Mejora la asimilación de la ración alimenticia.
  - ✓ Mayores efectos nutritivos y estimulantes.
- Proteínas dependiendo de semilla a germinar entre 19-23%
- Vitaminas:
  - ✓ Conjunto de ácidos aminoácidos libres
  - ✓ Beta caroteno (Pro Vitamina A)
  - ✓ Vitamina E
  - ✓ Vitamina C
  - ✓ Vitamina B1
  - ✓ Vitamina B12
  - ✓ Inositol
- Aumenta la grasa de la leche de 13.4 a 15.2 %
- Aumenta la fertilidad por su alto contenido en vitamina E.
- Mejora la salud del animal
- Provoca un disminución de la incidencia de mastitis
- Aumenta la producción de carne
- Aumenta la carga animal por hectárea



- Aumenta la producción de leche de 10 a 23.7 %

**-Ahorro de agua.**

En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por Kg. de materia seca.

Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, 1997; Lomerí, 2000; Rodríguez, 2000, citados por Sánchez, 2001).

Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Cuadro No.1 Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.

Espece	Litros de agua / Kg. de materia seca
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: Sánchez, 1997.

Con la producción de FVH se puede lograr un suministro constante de alimento durante todos los días del año y con las mismas características nutricionales, es decir, no habrá problema de escasez del producto y este será fresco y limpio.

### **-Contenido de vitaminas**

El uso de FVH puede evitar la necesidad de usar vitaminas sintéticas y cualquier otro suplemento nutritivo, ya que todas las vitaminas se encuentran libres y solubles.

### **-Desequilibrios digestivos**

Al suministrar forraje hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos de suplementación animal en bovinos, caprinos, equinos, ovinos, porcinos además, se debe tener en cuenta que estos animales son biológicamente herbívoros; es decir se alimentan con hiervas y forrajes frescos (Valdivia, 1997).

### **Principal objetivo de la producción de forraje verde hidropónico:**

“Obtener rápidamente, a bajo costo y de forma sostenible, una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para alimentación animal”.

### **Desventajas de la producción de forraje verde hidropónico.**

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

#### **-Desinformación de la tecnología**

Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO<sub>2</sub>.

El FVH es una actividad continua y exigente en cuidados, lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993, citados por Sánchez 2001).

### **-Costos de instalación**

Una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernaderos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados (Sánchez, 1996, 1997, citados por Sánchez, 2001).

### ***Proceso de Producción de Forraje Hidropónico***

#### **Selección de semilla**

Se debe utilizar semilla de cereales 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 fisiológico. La especie que se utilizará es el sorgo forrajero (cultivos hidropónicos).

En términos ideales, se debería usar una semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón y eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero mantenimiento un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos so 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

Limpiar el grano separando basura y granos quebrados. Lavar la semilla y limpiar de nuevo retirando los granos que floten. No se debe utilizar semillas tratadas con funguicidas (Valdivia, 1997).

Las semillas deben de lavarse y desinfectarse. 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 e 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. Finalizando el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua (Rodríguez, 2003).



Figura No. 2 Desinfección de la semilla

## **Absorción de agua (imbibición)**

Durante la fase de absorción de agua se inicia la actividad vital de la semilla, es decir, se reanuda el metabolismo, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno. Una vez reunidos estos factores la semilla va aumentando de volumen por la absorción del agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas protectoras y las reservas alimenticias principian una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle (Carballo, 2000).

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, 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 de ser de color amarillo lechoso (Valdivia, 1997).

## **Recipientes**

Los recipientes ideales son charolas de material de fibra de vidrio de aproximadamente 90 x 30cm., o pueden utilizarse bandejas de otro tipo de material disponible (Valdivia, 1996).



Figura No.3 Recipientes

### **Germinación**

Se llama germinación al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla ha sido transportada a un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión.

Las condiciones determinantes del medio son: aporte suficiente de agua y oxígeno y temperatura apropiada. Durante la germinación, el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. El agua hace que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. El oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento (Carballo, 2000).

### **Riegos**

A partir del momento de la siembra se debe regar con la finalidad de que la charola no pierda humedad, los riegos son variables dependiendo de la etapa de crecimiento del forraje y las condiciones de temperatura, se debe evitar

encharcamiento o inundaciones de lo contrario se producirá pudrición en las raíces (García, 2004).

## **Cosecha**

Esta es la culminación del proceso. Una vez que las plántulas han alcanzado una altura de 14 a 18 centímetros, se habrá formado una alfombra de pasto verde con un colchón radicular blanco y consistente. Esta alfombra se desprende y esta listo para dárselo al animal, existe una estrecha relación entre el tamaño y el porcentaje de proteína que contiene este alimento dándose a esta altura el tamaño óptimo y mayor contenido de proteína (Rodríguez, 2003).

## **Requerimientos para producir FVH**

Los requerimientos mínimos que necesita la planta para lograr una producción aceptable, son los siguientes: agua, luz, temperatura y humedad relativa. (Samperio, 1997).

### **Agua**

La calidad del agua es de gran importancia para el éxito de la producción, la condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo o de lluvia (Sánchez, 2001).

### **Luz**

La luz es indispensable para el desarrollo de las plántulas, pues es la energía que necesita para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logra llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción (Samperio, 1997).

## **Temperatura**

Es un factor indispensable para el desarrollo de las plantas. La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. La temperatura optima oscila entre los 22° C a 25° C (Valencia, 2003).

## **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 ésta. La humedad que la planta necesita es proporcionada mediante el riego, que se hará de acuerdo con el tipo de instalación (Rodríguez, 2003).

La humedad es otro de los factores importantes en la producción de forraje hidropónico, se debe mantener una humedad de 65 a 70%. Un control óptimo de la humedad evita la aparición de muchas enfermedades (Lomerí, 2000).

## **Nutrición**

### **Nutrientes**

La nutrición mineral de un cultivo hidropónico debe controlarse según la demanda mediante los oportunos análisis químicos, sobre todo, de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la especie cultivada y las condiciones climáticas se elabora la solución nutritiva de partida, a partir de entonces será el propio cultivo que dicte las siguientes soluciones nutritivas a preparar, (Cuervo, 2004).

Los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo).



Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su carencia se traducen en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta.

### **Solución nutritiva**

Es la disolución de diversos nutrientes en el agua, con la que se riega las plantas, y cuya función es proporcionar los nutrientes requeridos por ellas en las proporciones adecuadas. (Sánchez y Escalante, 1988).

Es la mezcla del agua y los abonos inyectados en el cabezal, que llega directamente al cultivo. En ella van todos y cada uno de los elementos nutritivos que el cultivo necesita (Biurrun, 2003).

### **Trabajos realizados con FVH**

El FVH ha sido utilizado en una buena diversidad de animales, y su principal carencia estriba en la materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no sólo son fácil de encontrar, sino que también son baratos. A continuación se enumeran una serie de casos exitosos derivados de la alimentación de diferentes tipos de animales con FVH.

En los resultados reportados por (Pérez, 1987), destacan incrementos mayores de 1.4Kg. de peso diario en ganado vacuno de carne, con 7-8Kg. de FVH y 7Kg. de concentrado. Además se mejora la asimilación del concentrado, bajan costos y disminuye el tiempo de engorda. En el ganado lechero, además de bajar costos se ha incrementado la producción lechera en un 7.2% en vacas con una producción mayor de 28L leche / día, y en vacas de baja producción 14L leche / día, el incremento ha sido del 53%.

Además, se debe recordar que el mayor problema que enfrentan las empresas lácteas, cuando incrementan la producción lechera, es la disminución de la fertilidad del animal. Los resultados obtenidos con FVH respecto a la fertilidad son buenos; lo anterior lo confirma una experiencia concreta: sólo el 53% de las vacas de un lote testigo resultaron preñadas en el primer servicio, mientras que un 62% de las vacas que consumían 12Kg. /día de FVH fueron preñadas en el primer servicio. En lo que respecta a la incidencia de mastitis, en el lote testigo, fue de 13.3%, mientras que en el lote alimentado con 12Kg. de FVH diariamente, de 4.4%, (Arano 1998).

De acuerdo a lo reportado se concluyó que la producción de leche se incrementó en 10.0% a 15% en vacas alimentadas con FVH de cebada con respecto a las vacas testigo.

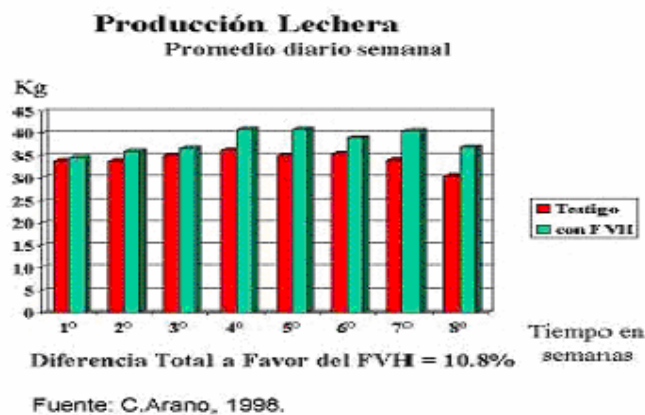


Figura No. 4 Producción de leche

La leche producida por las vacas alimentadas con FVH presenta también mayor contenido de grasa y en promedio fue de un 13.39% más que el reportado por los animales utilizados como testigo. En la siguiente gráfica se puede observar lo anteriormente comentado.

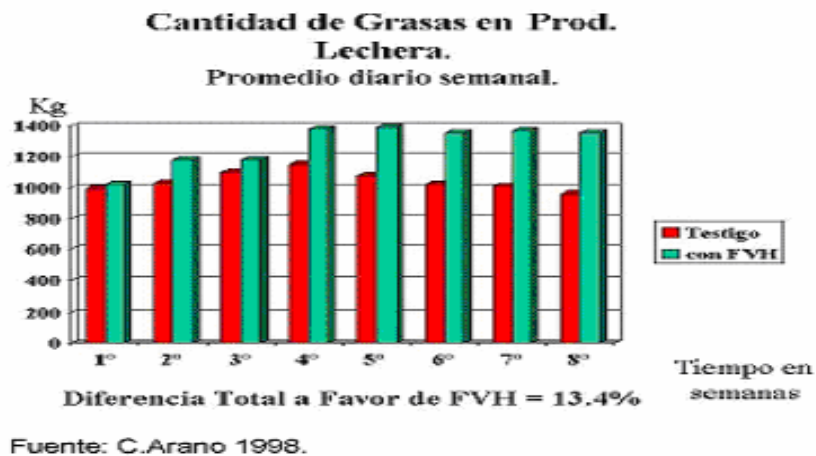


Figura No. 5 Cantidad de grasa en producción de leche

## Invernadero

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 periodos 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 el cultivo de forraje verde hidropónico, los requerimientos no son tan complicados como lo serían para una producción de hortalizas o flores. Esto constituye una gran ventaja ya que en otro tipo, la producción podría venirse abajo por no tener un estricto control.

*Características:* ubicación de la instalación, se recomienda que los accesos estén dispuestos para una fácil transportación de la producción a los comederos del

ganado. Así también que tenga una buena disponibilidad de agua y salubridad de la unidad de cultivo.

*Clima de la región.* El diseño del invernadero se hará de acuerdo a las condiciones climáticas a las que se tenga que enfrentar.

*Materiales de construcción.* La elección de los materiales está relacionada con la disponibilidad y el costo de éstos. También debemos considerar la durabilidad y el beneficio que obtengamos de los materiales (Rodríguez, 2003).

## **Descripción del sorgo forrajero**

### ***Descripción Botánica***

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. La especie a la que pertenece es *Sorghum vulgare*. El sorgo tiene una altura de 1 a 2m. Tiene inflorescencias en panojas y semillas de 3mm esféricas y oblongas, de color negro, rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables a 2m de profundidad. Las flores tienen estambres y pistilos, pero se han encontrado en Sudán sorgos dioicos.

### ***Taxonomía***

**Reino:** Vegetal  
**División:** Trachaeophyta  
**Subdivisión:** Pteropsidae  
**Clase:** Angiospermae  
**Subclase:** Monocotiledoneae  
**Grupo:** Glumiflora  
**Orden:** Graminales  
**Familia:** Graminae  
**Subfamilia:** Panicoideae  
**Tribu:** Andropogoneae  
**Género:** *Sorghum*  
**Espécie:** *vulgare*

## **Sistema Radicular**

Las raíces del sorgo son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raíces laterales. La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una de las razones por las cuales el sorgo es tan resistente a la falta de agua. La planta puede permanecer latente durante largos periodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo mueran, pudiendo además continuar nuevamente el crecimiento una vez que las condiciones vuelvan a ser favorables (Robles, 1990).

## **Tallos**

Estos son cilíndricos, erectos, sólidos y pueden crecer a una altura de 0.60m. a 3.50m. estando divididos longitudinalmente en canutos (entrenudos) cuyas uniones las forman los nudos y de los cuales emergen las hojas. Cada uno está provisto de una yema lateral. La longitud de los entrenudos o canutos determinan la altura de la planta, por lo que algunas variedades enanas dobles, enanas y altas, de la misma precocidad y en el mismo estado de madurez, tendrán el mismo número de hojas, nudos y entrenudos, siendo la diferencia de altura debida a la mayor longitud de los entrenudos en algunas variedades pero menor en otras (Robles, 1990).

## **Hojas**

Las hojas aparecen alternas sobre el tallo, las vainas florales son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas, todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas, pero todas ellas las poseen algo más pequeñas que las de maíz. Las hojas del sorgo se doblan durante periodos de sequía, características que reduce la transpiración, contribuye a tan peculiar resistencia de la especie a la sequía (Robles, 1990).

## **Flores**

La inflorescencia del sorgo se denomina con el nombre de panícula, ésta es compacta o semicompacta en algunas variedades como los milos, hegaris, kafirs, etcétera, y abiertas en otras como los Shallus, sorgos escoberos, el pasto Sudán, algunos sorgos forrajeros, etcétera. Las florecillas son de dos clases sésiles y

pediceladas, las últimas son por lo general estaminadas. Cada florecilla séstil contiene un ovario, el cual después de la fecundación se desarrolla para formar una semilla (Robles, 1983).

El sorgo generalmente se autofecunda: sin embargo, no existe ningún obstáculo para la fecundación cruzada, pues cuando dos variedades diferentes se encuentran en parcelas contiguas puede estimarse el cruzamiento en un 5% o más según las variedades. El polen aparece inmediatamente después de la dehiscencia y retiene su viabilidad por menos de una hora. Los estigmas, por el contrario, permanecen receptivos por varios días (Robles, 1990).

### **Requerimientos Ecológicos y Edafológicos**

Como es un cultivo que se siembra en diversos países del mundo, es una especie que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, es susceptible de aprovecharse económicamente en siembras comerciales en diversas regiones agrícolas con las siguientes condiciones (Robles, 1990).

#### **Temperatura**

Por ser una especie de origen tropical, el sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que otros cultivos. Para una buena germinación, el suelo a 5cm. de profundidad, debe tener una temperatura no inferior a los 18°C. Si el suelo estuviese más frío, entre 15 y 16°C, tendría una emergencia lenta y des uniforme, con plántulas débiles y rojizas. Durante la floración requiere una mínima de 16°C, pues por debajo de este nivel se puede producir esterilidad de las espiguillas y afectar la viabilidad del grano de polen (Jiménez, 1989).

## **Humedad**

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, alcalinidad y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en zonas de escasa humedad o de poca precipitación, es propio cultivar el sorgo en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una distribución de 400 a 600mm de precipitación media anual (Hughes, 1984).

## **Altitud**

Por sus altas exigencias de temperatura, raramente se le cultiva más allá de los 1800m de altura. Se cultiva favorablemente de 0 a 1000 msnm. En México se ha cultivado con éxito a 2200 msnm. En el valle de Toluca que tiene una altitud de 2600 msnm se han hecho pruebas con resultados satisfactorios (Robles, 1990).

## **Latitud**

El sorgo se puede cultivar entre las latitudes de 45° latitud norte y 35° latitud sur; en el área comprendida entre estas latitudes donde se puede cultivar el sorgo con mayores rendimientos, debido a que más al norte o más al sur las temperaturas son más bajas (Robles, 1990).

## **Fotoperíodo**

El sorgo se caracteriza por ser de un fotoperíodo corto, lo cual quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto y el oscuro largo. Sin embargo existe diferencias en cuanto a la sensibilidad a la longitud del fotoperíodo; por ejemplo, algunas variedades botánicas como los sorgos escobero (var. Technicum) son poco sensitivas, en tanto que las variedades Hegari y Milo son sumamente sensitivas (Hughes, 1984).

## **Suelo**

Puede cultivarse en una diversidad de suelos pero será mejor en los terrenos ligeros, profundos y ricos en nutrientes los de aluvión son buenos. Los suelos arcillosos, aunque pueden proporcionar buenos rendimientos, tienen el inconveniente de que la sequía hace daños en el sistema radicular al agrietarse el terreno por lo que hay que recurrir al agua de riego en los casos extremos. Se ha encontrado que este cultivo puede sembrarse en terrenos con ciertas proporciones de sales solubles que limita la producción de otros cultivos (Robles, 1990).

## **Siembra**

En la siembra de sorgo forrajero se utilizan todos los sistemas de siembra, desde el convencional hasta la labranza cero. Entre ambos extremos existen distintas labores y combinaciones, que se adaptan a cada región en particular, según tipo de suelo, clima y secuencia de cultivos realizados (Capton, 1990).

- a) A chorrillo.
- b) La siembra convencional.
- c) En hileras con sembradoras de arroz.
- d) Siembra con labranza reducida.

## **Época de Siembra**

Las condiciones climatológicas de la región determinan la época de siembra de los cultivos, sin embargo en algunos centros experimentales del INIFAP han determinado las fechas más convenientes para siembra de esta gramínea (Robles, 1990).



**Cuadro No.2** Época de Siembra para los Estados más Productores de Sorgo en México.

<b>Región</b>	<b>Ciclo</b>	<b>Fecha</b>
<b>TAMAULIPAS</b> (región norte)	Primavera Verano	11 Feb al 18 de Mar. No aconsejable después por presentar se problemas de plagas (mosca de la
<b>GUANAJUATO</b>	Primavera Verano	1° al 15 Abr. (Para híbridos tardíos) 1° al 25 de Jun. (Al momento del Temp.)
<b>MICHOACÁN</b>	Primavera Verano	1° de Mayo al 10 Mayo Sorgo de temporal.
<b>JALISCO</b>	Primavera Verano	De Abril a principios de Mayo
<b>COAHUILA</b>	Primavera Verano	15 Marzo al 15 de Abril 15 de Junio al 15 de Julio
<b>SINALOA</b>	Primavera Verano	15 de Enero al 28 de Febrero

**Fuente:** Robles, 1990

### **Cosecha**

Condiciones de madurez: Para las variedades que se destinan para consumo inmediato como pastura verde, ensilaje o empacado, el corte deberá iniciarse.

La cosecha se realiza de diferentes formas dependiendo de la región y el tipo de productor, por ejemplo:

- De forma manual.
- De forma mecánica.

### **Descripción del algaenzims**

Es un producto biológico orgánico que es obtenido por un proceso patentado, que extrae de las algas marinas el máximo de sus componentes sin perder sus atributos y que permite a microorganismos que viven en asociación con las algas, como son: fijadoras de nitrógeno del aire, halófilos, mohos y levaduras, gérmenes aeróbicos y mesofílicos, permanecer en estado viable al propagarse en el medio

donde se aplican ya sea en forma foliar o al suelo, se potencien y multipliquen sus acciones benéficas, como la fijación de nitrógeno del aire y disminución de la salinidad y otros.

Las algas marinas, contienen componentes, como: Todos los elementos mayores, menores y elementos traza que requieren las plantas; sustancias naturales con efectos similares a los reguladores de crecimiento de las plantas tales como: auxinas, citoquininas (citocininas) y otros como las giberelinas, algunas en más de 1000 ppm, agentes quelatantes, vitaminas, carbohidratos, proteínas, aminoácidos y complejos enzimáticos.

#### Mecanismos de acción y efectos

Los microorganismos marinos benéficos de ALGAENZIMS (halófilos, fijadores de nitrógeno, mohos y levaduras, además de un grupo de gérmenes aeróbicos mesofilicos), se propagan donde se aplican, sintetizando enzimas, proteínas, reguladores de crecimiento, aminoácidos, sustancias carboxílicas, todas de origen marino, que ejercen acciones y efectos que refuerzan las funciones fisiológicas de las plantas, vigorizándolas.

#### Efecto en la planta

- ❖ Plantas mas vigorosas y sanas
- ❖ Más resistentes a plagas y enfermedades
- ❖ Optimiza el efecto de los fertilizantes y agroquímicos
- ❖ Mayor incremento en la biomasa y rendimientos

#### Efecto en el suelo

- ❖ Mejora la estructura del suelo
- ❖ Desaliniza y desodifica los suelos
- ❖ Incrementa la disponibilidad de nutrimentos
- ❖ Incrementa la materia orgánica
- ❖ Favorece la propagación de microorganismos benéficos

Cuadro No. 3 Análisis químico del Algaenzims  
Extracto concentrado de algas marinas

Compuesto	%	Elemento	mg/1pp	Elemento	mg/1pp	Elemento	mg/1pp
Humedad	93.84	Potasio	14800	Cobre	147	Estaño	<0.10
M. orgánica (M.algáceo)	4.15	Nitrógeno	14500	Manganeso	72	Plata	<0.10
		Sodio	13660	Aluminio	23.50	Talio	<0.10
Proteína	1.14	Magnesio	1320	Estroncio	22.70	Plomo	<0.05
Fibra cruda	0.43	Fósforo	750	Silicio	4	Níquel	<0.05
Cenizas	0.28	Calcio	620	Cobalto	2.75	Cadmio	<0.01
Azúcares	0.13	Zinc	505	Bario	0.20	Molibdeno	<0.01
<b>Grasas</b>	0.03	Fierro	440	Antimonio	<0.10		

Fuente: Palaú Bioquím., S.A de C.V.

### Trabajos realizados con Algaenzims

Los extractos de algas marinas incrementan la actividad de la semilla y su posterior germinación. La concentración óptima de extracto de algas aplicado varía en las diferentes especies de semillas, sin embargo, la generalmente más óptima fue entre 1:25 y 1:50 en semillas de zinnia, tabaco, guisante, nabo, tomate, rábano, algodón, pino blanco, pino piñonero, entre otros.

Se aplicó el producto comercial Algaenzime a dos variedades de Trigo en dosis de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0%, directamente al suelo. En plántulas de 30 días se evaluó el número de plántulas, longitud total, longitud de raíz, longitud de tallo, número de hojas por planta, grosor de tallo, largo de hoja ligulada, largo de hojas y ancho de hojas, así como la determinación de 10 minerales en tallo y raíz, por el método de inducción de plasma acoplado inductivamente. Se observó que la aplicación de Algaenzime influye sobre: longitud total, número de hojas por plántula así como en el ancho de hojas. La captación de minerales mostró amplia variabilidad entre las variedades y los tratamientos, (Bautista, 2005).

## Descripción del ácidos húmicos de lombriz

Es una mezcla de color café oscuro, con sustancias amorfas coloidales que son estables a la descomposición microbiana. El lombrihumus o abono orgánico posee una rica flora microbiana (100%), y cada gramo contiene aproximadamente dos millones de colonias de bacterias vivas y activas.

El humus de lombriz proveniente de materia orgánica tiene duración ilimitada; además, al suministrarse en dosis excesiva, no quema ninguna planta. Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plantas pequeñas. El lombricompost aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad. En plantas germinadas en sustancias con humus, después del trasplante se previenen enfermedades y se evita el Shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. El humus puede usarse sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos.

El lombrihumus es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, las cuales estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores de crecimiento son:

- ❖ La auxina: provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración, la cantidad y disminución de los frutos.
- ❖ La giberelina: favorece el crecimiento de las flores, la germinación de las semillas y aumenta la dimensión de algunos frutos.
- ❖ La citoquinina: retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidón en ellos.

El lombrihumus está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y, en menor proporción, por elementos minerales que varían en cantidad, según las características que lo originaron. Cumple un papel importante, al corregir y

mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas de los suelos, en el influye de la siguiente manera:

- ❖ Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.
- ❖ Incrementa la eficiencia de la fertilización, en especial nitrógeno.
- ❖ Estabiliza la reacción del suelo, debido a su poder de tampón.
- ❖ Por los altos contenidos de ácidos humicos y fúlvicos, mejora las características químicas del suelo.

Cuadro No.4 Análisis químico de lombrihumus

Materia Orgánica	65.0% a 70.0%
Humedad	40.0% a 45%
Nitrógeno	1.5% a 2.0%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2.0% a 2.5%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.0% a 1.5%
Relación N/C	10.0% a 11.0%
Ácidos humicos	3.4% a 4.0%
Flora Bacteriana	40 x 10 <sup>6</sup> colonias por gramo

Fuente: Legal y Discousky (s.f.)

Cuadro No. 5 Comparativo entre lombrihumus y abonos no orgánicos

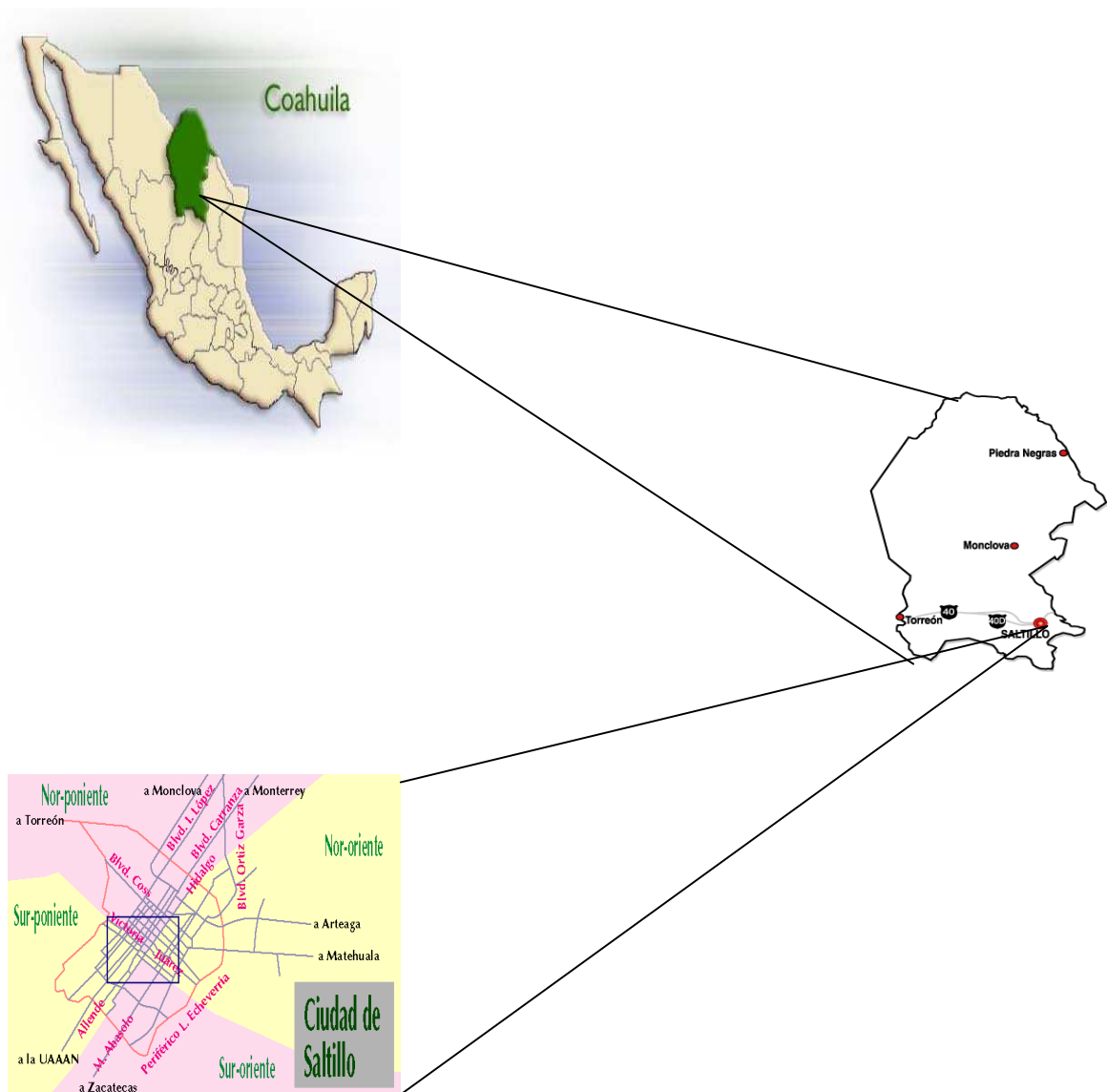
	Lombrihumus (abono orgánico)	Abonos no orgánicos
Dosis de aplicación	A mayor cantidad, mayor beneficio.	En dosis excesivas, hay graves perjuicios.
Acidez/alcalinidad	Lleva el pH del suelo hacia lo neutro (pH 7).	Acidifica o alcaliniza el suelo, según la sal usada.
Estructura del suelo	Hace el suelo más suelo y mejora la aireación.	Genera apelmazamiento del suelo.
Nutrientes	Están equilibrados	Hay poco aporte de micronutrientes.
Beneficios	A corto, mediano y largo plazo.	A corto plazo hay mejoras. A mediano plazo y largo plazo el suelo se debilita y se hace dependiente de nuevos aportes.
Ecología	El abono es producto de reciclaje de desperdicios urbanos y agrícolas.	Produce desertificación del suelo y contaminación del agua.
Costo	Mayor costo al iniciar el abonamiento pero disminuye con el tiempo.	Es barato, pero se hace dependiente de continuas aplicaciones.

Fuente: Legal y Discousky (s.f.)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

Este trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (UAAAN) en el invernadero N° 2 de la misma, durante el mes de Abril 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).



Localización Geográfica del Área de Estudio (UAAAN).

## Características del invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento tiene las siguientes características: Es de tipo semicircular, 9.15m de frente por 30.5m de largo y 4.5m de alto. Cubierta de acrílico TR12 color blanco lechoso. Cuenta también con dos extractores, pila de enfriamiento, termostato y camas de siembra.



Figura No. 6 Invernadero # 2 en el cual se realizo el presente trabajo.

## Material genético

Para el presente trabajo se utilizó semilla de Sorgo forrajero (Sorghum vulgare) variedad Sudangrass Hybrid.

## Materiales utilizados

- ❖ Sistema de estantería tipo panadería
- ❖ 12 charolas de unicel de 31 x 23cm.
- ❖ 2.160Kg. de semilla de Sorgo forrajero variedad Sudangrass Hybrid.
- ❖ Botes transparente de un 1 Lt.
- ❖ Mayas de mosquiteros



- ❖ Termómetro de máximas y mínimas
- ❖ 1 rollo de papel estraza
- ❖ Cámara fotográfica digital
- ❖ Hipoclorito de sodio al 0.1%
- ❖ Báscula
- ❖ Libreta y marcador permanente
- ❖ Lápiz
- ❖ Algaenzims
- ❖ Ac. humicos (de lombriz)
- ❖ Bomba aspersor manual (mochila)
- ❖ Botellas de plástico
- ❖ Jeringas
- ❖ Botella atomizadora de 900 ml.
- ❖ Probeta
- ❖ 2 garrafrones con capacidad de 18 lt

## **Metodología de Trabajo**

### **Prueba de germinación**

Antes de iniciar el trabajo en el invernadero, se realizaron pruebas de germinación. Se utilizaron 500 semillas escogidas al azar, con cinco repeticiones de 100 semillas cada una. Se humedeció el papel sustrato en agua, se colocaron dos toallas una encima de otra, se pusieron las semillas en líneas de 10 x 10, luego se enrollaron en forma de taco y se identificaron. Las repeticiones se metieron a una cámara germinadora al mismo tiempo a una temperatura constante de 26° C. durante ocho días, de acuerdo a la metodología descrita por la Asociación de Analizadores Oficiales de Semillas (1949). El porcentaje de germinación que se obtuvo para la variedad estudiada (Sudangrass Hybrid) fue del 93%.

## Densidad de siembra

Se utilizó solo una densidad de siembra para todo el proceso de producción de forraje hidropónico siendo de 180 gr, en las 12 charolas de 31 cm. de largo y 23 cm. de ancho, con un área de 713 cm<sup>2</sup>.

El día de inicio de la imbibición se procedió a pesar la semilla correspondiente a cada charola (180gr.) las muestras se pusieron en botes de plásticos de un 1 Lt. con la finalidad de poner a remojar la semilla, según técnicas recomendadas por trabajos de investigación. Se le agrego agua purificada hasta de inundar por completo la semilla. Se dejaron remojando las 12 muestras durante una hora con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1%, después se tiro esa solución, y se lavó con agua destilada el contenido, una vez drenado el liquido se le vertió nuevamente agua limpia purificada durante 24 Hrs. para seguir el proceso de imbibición.

Después de este proceso se colocaron las muestras en cada charola correspondiente previamente lavada y desinfectada y se inició la germinación con la aparición de la radícula. Una vez puesta en cada charola se colocaron toallas de papel de cocina para que estas ayudaran a conservar la humedad de cada riego, estas se retiraron al tercer día cuando la germinación de las semillas era uniforme; las charolas que se utilizaron se colocaron sobre una estantería de fierro.



Figura No. 7 Densidad de siembra

## Descripción del tratamiento

Para la mezcla de solución orgánica nutritiva aplicado para el germinado de Sorgo forrajero se hizo tal como viene el producto y el testigo solo se le aplicó agua.

Cuadro No.6 Ingredientes para la solución

FUENTE	PRODUCTO
Algas marinas	Algaenzims
K, Ca,Mg,Fe,Zn,Bo,	Ác. húmicos de Lombriz

Muestra de diluciones

Ingredientes:

1 ml de Algaenzime }  
1 ml de Ác. Húmicos } 1:100 ml de agua

## Preparación de la solución

Las soluciones a utilizar mencionadas anteriormente para la preparación de la mezcla de soluciones orgánicas nutritivas que se proporcionaron para solventar las necesidades de las plántulas durante cada aplicación de riego, se prepararon de la siguiente forma. Se procede a la obtención de cada uno de los elementos a utilizar (fuentes de Algas marinas, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Bo, etc.) y hacer la solución con agua y obtener la dilución.

Una vez obtenida la solución se aplicaron en el riego, tomando la dosis de cada solución y diluida en el agua para regar a partir de la puesta de la semilla en las charolas y durante todo el periodo de producción de forraje verde hidropónico.



El criterio tomado para dar finalización a la producción de forraje en este trabajo se baso en que el cultivo alcanzara un intervalo de 14 días de establecimiento productivo, de tal forma que algunas muestras de los tratamientos alcanzaron la altura esperada de 15 cm. Al final del cultivo, a estas charolas se les tomaron los datos y se sacaron de la producción. Hubo charolas que superaron esta altura.

### **Cosecha**

La fecha de la cosecha fue el día 14 a partir del inicio de la producción de forraje, se midió la altura y el peso a cada una de las charolas en general. De la misma forma se sacaron muestras de los demás tratamientos incluyendo el testigo para tener un promedio de altura y peso de cada charola.



Figura No. 8 Cosecha de (FVH)

## Diseño Experimental

El diseño estadístico que se utilizó en este trabajo fue completamente al azar.

De los datos obtenidos en el campo, las variables estudiadas para el análisis estadístico fueron las siguientes:

- 1) Lista de las variables:
  - a) Peso de la semilla seca
  - b) Peso de la semilla húmeda
  - c) Peso del forraje
  - d) Altura del forraje
  - e) Contenido nutritivo

- 2) Análisis estadístico completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots$  tratamientos (3)

$j = 1, 2, \dots$  repeticiones (4)

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis bromatológico del sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres tratamientos (T1= Agua, T2= Ácidos húmicos y T3= Algaenzims), indica que el contenido de materia seca fue similar ( $p>0.05$ ) en todos los tratamientos con valores entre 92.29 y 93.98%. Los contenidos de proteína cruda (21%) y extracto etéreo (7.45 y 7.56%) para T1 y T2 no difirieron ( $p<0.05$ ), sin embargo ambos nutrientes fueron diferentes ( $p<0.05$ ) entre estos dos tratamientos y el T3. Se encontraron diferencias ( $p<0.05$ ) entre tratamientos para materia orgánica (89.59, 86.59 y 76.57%), fibra cruda (23.49, 13.52 y 22.49%), cenizas (4.39, 6.67 y 15.78%) y extracto libre de nitrógeno (43.67, 51.25 y 36.81%) para T1, T2 y T3, respectivamente (cuadro No. 7).

Los resultados del presente estudio a los 14 días, son superiores a los reportados por Estrada (2006), en triticales 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 diferencia a las utilizadas en este estudio en que se utilizaron sustancias orgánicas sin diluir, lo que pudo ocasionar las diferencias.

Estos resultados son superiores a los reportados por Caballo (2003), en maíz hidropónico, el cual reportó 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 reportó 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

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 reportó 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.

Cuadro No. 7. Análisis bromatológico de Sorgo Forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

Contenido %	Agua	Ácidos Húmicos	Algaenzims
Materia Seca	93.98 <sup>a</sup>	93.26 <sup>a</sup>	92.29 <sup>a</sup>
Materia Orgánica	89.59 <sup>a</sup>	86.59 <sup>b</sup>	76.51 <sup>c</sup>
Proteína Cruda	21.00 <sup>a</sup>	21.00 <sup>a</sup>	19.62 <sup>b</sup>
Fibra Cruda	23.49 <sup>a</sup>	13.52 <sup>b</sup>	22.49 <sup>c</sup>
Extracto Etéreo	7.45 <sup>a</sup>	7.56 <sup>a</sup>	5.30 <sup>b</sup>
Cenizas	4.39 <sup>a</sup>	6.67 <sup>b</sup>	15.78 <sup>c</sup>
E. Libre Nitrógeno	43.67 <sup>a</sup>	51.25 <sup>b</sup>	36.81 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> líneas con letra diferente indican diferencias (P<0.05)



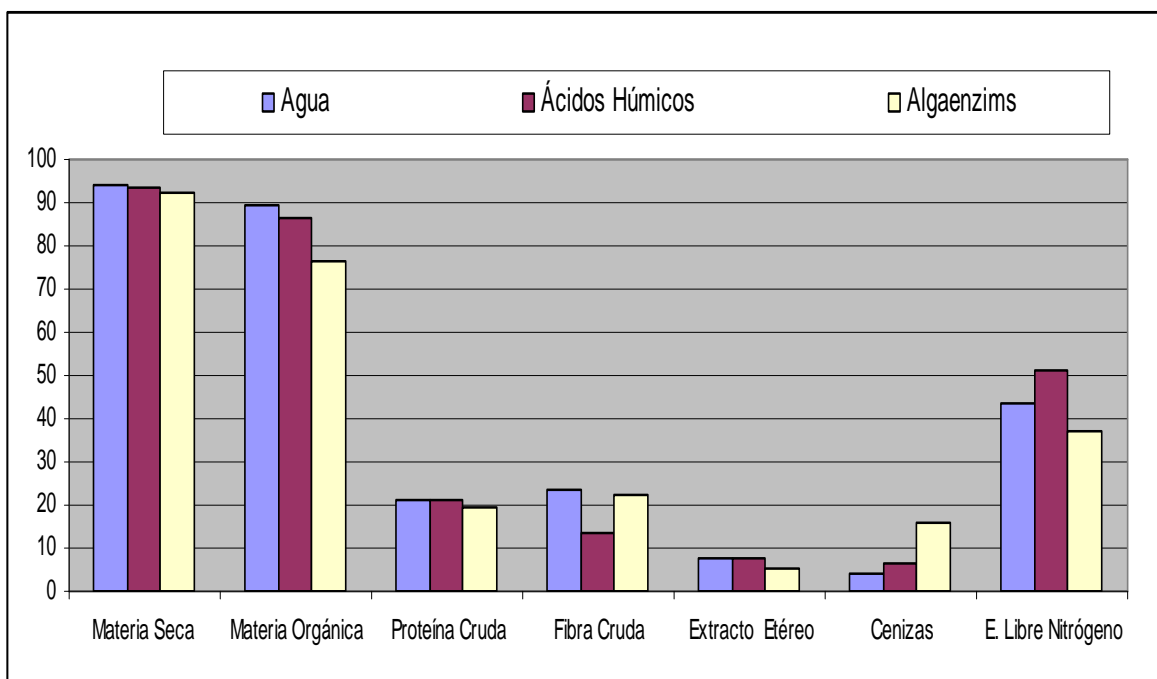


Figura No. 9 Análisis Bromatológico de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

### Variable peso

Los resultados del presente trabajo para el sorgo forrajero en hidroponía, indican que el peso del forraje a los 7 días de inició el experimento no difirió ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos, se obtuvieron valores de 0.53, 0.55 y 0.50Kg para T1, T2 y T3, respectivamente. El peso del forraje a los 11 días, fue diferente ( $p < 0.05$ ) para T1 (0.80Kg), T2 (0.90Kg) y T3 (0.70Kg). La misma tendencia se observó a los 14 días, encontrándose un peso de 1.0Kg para T1, 1.2Kg para T2 y 0.90Kg para T3 (cuadro 8).

Los resultados del presente estudio a los 14 días, son superiores a los reportados por Estrada (2006), que encontró un rendimiento de 0.57Kg en triticale, utilizando soluciones orgánicas diluidas, a diferencia a las utilizadas en este estudio en que se utilizaron sustancias orgánicas sin diluir, lo que pudo ocasionar las diferencias.

Los valores presentados en este trabajo resultan superiores a los encontrados por García (2004), el cual obtuvo un rendimiento de 0.80Kg. en trigo hidropónico. Lo que pudo haber causado la diferencia con los resultados encontrados en este estudio en que el utilizo solamente agua.

Por otro lado, Sánchez (2001), obtuvo rendimientos de 1.5Kg con cebada a los 15 días de iniciado el experimento y con la aplicación de soluciones nutritivas desde el día 4 hasta el día 15. Estas diferencias pueden ser debido a las características del cultivo cebada.

Al comparar los resultados obtenidos en este experimento fueron inferiores a los encontrados por Cuervo (2004), se observa que obtuvo un rendimiento para maíz de 1.35Kg, 1.25Kg. en cebada y para trigo 1.29Kg., en un periodo de 15 días, valores superiores a los encontrados en este estudio. Estas diferencias pueden ser debido a características del maíz, cebada y trigo.

Cuadro 8. Producción de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas

<sup>abc</sup> líneas con letra diferente indican diferencias ( $p < 0.05$ )

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ácidos húmicos</b>	<b>Algaenzims</b>
Peso (Kg.) 7 días.	0.53 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>
Peso (Kg.) 11 días.	0.80 <sup>a</sup>	0.90 <sup>b</sup>	0.70 <sup>c</sup>
Peso (Kg.) 14 días.	1.00 <sup>a</sup>	1.20 <sup>b</sup>	0.90 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> líneas con letra diferente indican diferencia ( $p < 0.05$ )

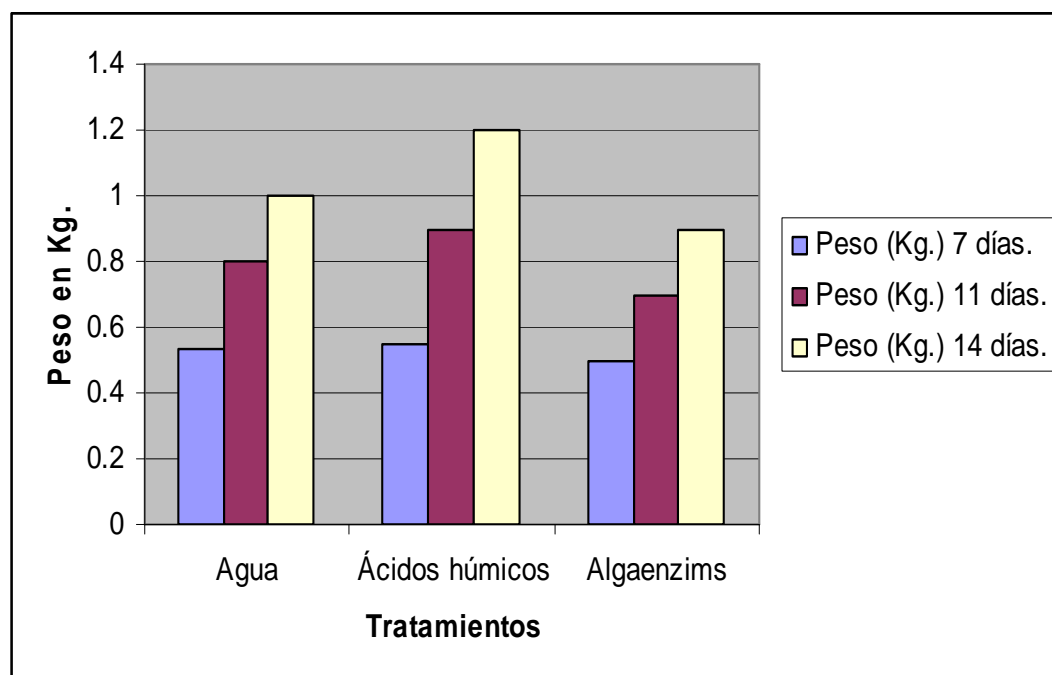


Figura No. 10 Producción de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

### Variable altura

La altura de sorgo forrajero en hidroponía utilizando tres soluciones nutritivas, encontrada en este estudio fue de 6.0, 5.7 y 4.0cm en el día 7, 10.1, 11.2 y 8.2cm en el día 11 y 13.2, 14.5 y 9.5cm en el día 14; encontrándose diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en todas las fechas de medición de la altura.

Los resultados encontrados a los 14 días de inicio el experimento son superiores a los reportados por Estrada (2006), el cual encontró una altura de 12.5cm en triticale, utilizando soluciones orgánicas diluidas, lo que pudo haber causado la diferencia con los resultados encontrados en este estudio en que se utilizaron soluciones orgánicas sin diluir.

Los valores presentados en este trabajo resultan superiores a los encontrados por García (2004), el cuál obtuvo una altura promedio para trigo hidropónico de

13.5cm. en un periodo de 15 días, lo que pudo haber causado la diferencia con los resultados encontrados en este estudio en que se utilizó solamente agua.

Al comparar los resultados obtenidos en este experimento fueron inferiores a los encontrados por Cuervo (2004), el cual encontró una altura promedio para maíz hidropónico de 20.06cm., 19.84cm. en cebada hidropónica y para trigo hidropónico 15.38cm., en un periodo de 15 días. Estas diferencias pueden ser debido a las características del maíz, cebada y trigo.

En contraste, los resultados encontrados en este estudio fueron inferiores a los reportados por Sánchez (20001), el cuál obtuvo una altura promedio para cebada de 30cm, en un periodo de crecimiento de 15 días, utilizando una solución nutritiva desde el días 4 hasta el día 15.

Cuadro 9. Altura de Sorgo Forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ácidos húmicos</b>	<b>Algaenzims</b>
Altura (cm.) 7 días.	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	4.0 <sup>c</sup>
Altura (cm.) 11 días.	10.1 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	8.2 <sup>c</sup>
Altura (cm.) 14 días.	13.2 <sup>a</sup>	14.5 <sup>b</sup>	9.5 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> líneas con letra diferente indican diferencias ( $p < 0.05$ )

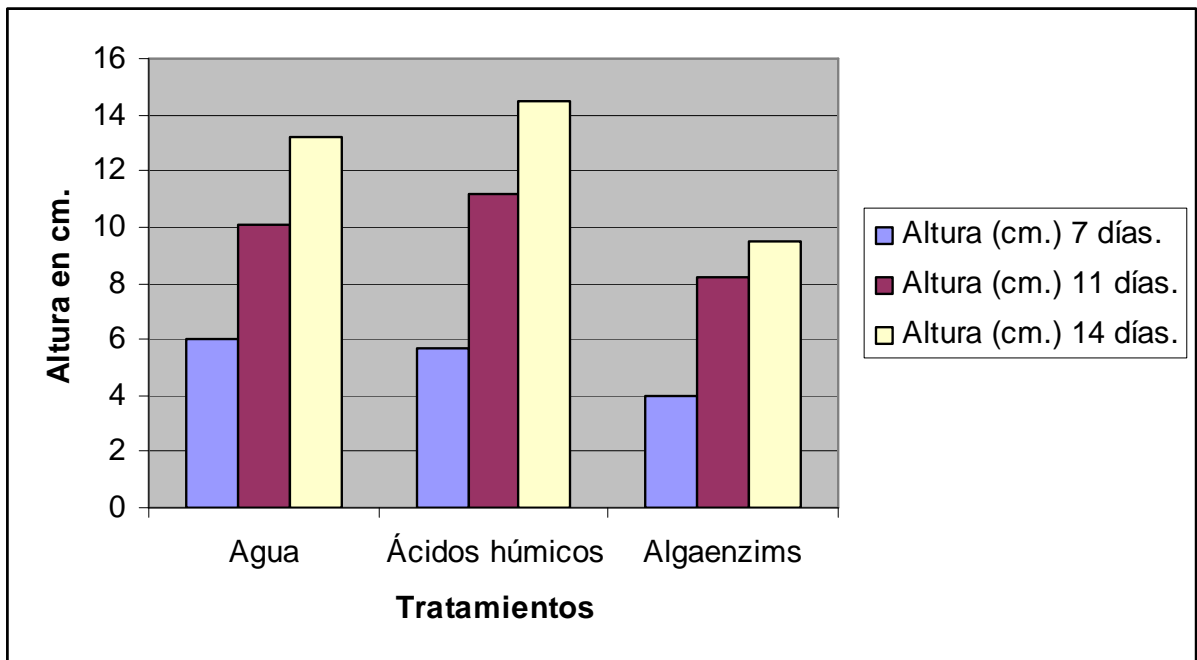


Figura No. 11 Altura de Sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio bajo condiciones de temperatura, humedad y luz que se presentaron se puede concluir que:

- ❖ Es posible cosechar el forraje verde hidropónico de sorgo para su consumo a los 14 días de crecimiento.
- ❖ La aplicación de soluciones nutritivas solo tuvo efecto en el contenido de Extracto libre de nitrógeno y Cenizas con la aplicación de ácidos húmicos, por lo que su utilización deberá ser valorada en relación al beneficio/costo.
- ❖ Respecto al método de producción de forraje verde hidropónico, los rendimientos son superiores a los que se obtendrían produciendo forraje verde bajo el método tradicional, ya que el periodo productivo en hidroponía (15 días) es menor a la producción tradicional (90 días).
- ❖ El consumo de agua en la producción de forraje verde hidropónico (12lt/Kg. de Materia Seca), es mucho menor que el consumo de agua en la producción de forraje verde bajo el método tradicional (220lt/Kg. de Materia Seca), teniendo como resultado un mayor eficiencia en el uso de este vital recurso.
- ❖ El método hidropónico para la producción de forraje verde es una buena alternativa para reactivar la economía del campo en el sector ganadero, en regiones en el agua sea un factor limitante, así como en lugares de clima extremo. Además es un complemento alimenticio de alta calidad y bajo costo.

## LITERATURA CITADA

- 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.
- Bautista, Z. H., 2005. Forraje verde hidropónico. Agricultura. Edición N° 63 p. 15.
- Caballo, M. C. R. 2000. Manual de procedimientos para granos para la alimentación animal. Culiacán Sinaloa. pp. 128-175.
- Capton, I. P. 1990., Ed. Trillas, Agronomía del Sorgo. ITESM. pp. 138-169.
- Cuervo, P. E. 2004. Evaluación de Producción y Calidad de Forraje Verde Hidropónico en Maíz, Cebada, y Trigo Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- García, A. J. C. 2004. Evaluación de forraje verde hidropónico en tres especies forrajeras (cebada, trigo y triticale) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo. Coahuila, México.
- House, L. R. 1982. El Sorgo. Editorial Gaceta. México D. F. pp. 27-55
- Hughes, H.D. 1984. Forrajes. Ed. Continental, México. pp. 45-69
- Ibar, A. B. 1984. Sorgo Cultivo y Aprovechamiento. Editorial Aedos. México D.F. pp. 10-37

- Jiménez, M. A, 1989. "La producción de forrajes en México", Talleres, U.A. Chapingo, México. Pp. 100.
- López, F. J. F. 1988. Evaluación de Seis Especies Forrajeras Bajo Técnica de Hidropónica. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México.
- Lomerí, Z. H., 2000. Forraje verde hidropónico. Agricultura. Edición N° 63. pp. 15.
- Pérez, S. A. C., 1987. Cómo producir Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana, S. A. de C. V. México, D. F. pp 35-76.
- Robles, S. R. 1983. Producción de granos y forraje, Cuarta Ed.; Editorial Limusa. México. Pp.88-97.
- Rodríguez, de la R.G.S 2002. Forraje Verde Hidropónico. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Químicas. Chihuahua, México. pp 65-68.
- Rodríguez, S. A. C., 2003. Cómo producir Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana, S. A. de C. V. México, D. F. pp.111.
- Sánchez, C.A. 2001. Manual técnico "Producción de Forraje Verde Hidropónico", Oficina Regional de la FAO para América Latina y el caribe. Santiago, Chile. pp. 149
- Samperio, R. G., 1997. Hidroponía Básica. Editorial Diana. S. A. de C. México D. F. pp. 32- 36.
- 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



## SITIOS WEB.

Biurrun, R., 2003. (En línea), hidroponía en Navarra, Área de Producción de Cultivos. En:  
<<http://www.google.com.mx/search?q=soluciones+nutritivas&hl=es&lr=&start=60&sa=N>> (consulta 11 oct. 2007)

Correa, M. M., 1997. (En línea), ¿Qué es la Hidroponía? En:  
<<http://www.monografias.com/trabajos13/hidropo/hidropo.shtml>> (consulta: 12 oct. 2007).

Rodríguez, D. A., 2002. (En línea), Hidroponía: Perspectivas y Futuro. Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú. En:  
<<http://www.fcq.uach.mx/educontinua/hidroponia/peryfuturo.htm>> (consulta 11 oct. 2007).

Sánchez, C. A., 2001. (En línea), Manual Técnico "Producción de Forraje Hidropónico" Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.  
<<http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/pdf/1.pdf>> (consulta: 12 oct. 2007).

Universidad Politécnica de Valencia, 2003.  
<[http://www.euita.upv.es/varios/biología/Temas/tema\\_17.htm#Temperatura](http://www.euita.upv.es/varios/biología/Temas/tema_17.htm#Temperatura)>

Grupo Consultora Ambiental (GCA)  
<[http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info\\_hidrop.html](http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop.html)>

## **APÉNDICE**

### Análisis de Varianza Bromatológica.

Tratamiento							
1	93.9800	89.5900	21.0000	23.4900	7.4500	4.3900	43.6700
2	93.2600	86.5900	21.0000	13.5200	7.5600	6.6700	51.2500
3	92.2900	76.5100	19.6200	22.4900	5.3000	15.7800	36.8100

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	16.863281	8.431641	0.0065	0.994
Error	18	23277.179688	1293.176636		
Total	20	23294.042969			

**C.V. = 90.74%**

Tabla de Medias

Tratamientos	Repeticiones	Media
1	7	40.510002 <sup>a</sup>
2	7	39.978573 <sup>b</sup>
3	7	38.400002 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> columna con letra diferente indica diferencia (p<0.05)

**Análisis de Varianza para el peso del Forraje Verde Hidropónico.**

Tratamiento				
1	1.0331	1.2253	1.1706	0.8932
2	1.1037	1.2210	1.2431	1.2001
3	0.9881	1.1207	0.9207	0.9253

FV	Ge	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.082898	0.041449	3.5940	0.071
Error	9	0.103795	0.011533		
Total	11	0.186693			

**C. V. = 9.88 %**

Tabla de Medias

Tratamientos	Repeticiones	Media
1	4	1.080550 <sup>a</sup>
2	4	1.191975 <sup>b</sup>
3	4	0.988700 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> columna con letra diferente indica diferencia (p<0.05)

**Análisis de Varianza para altura del Forraje Verde Hidropónico.**

Tratamiento				
1	12.6000	14.7000	13.1000	12.5000
2	16.0000	13.4000	13.5000	13.3000
3	7.4000	10.1000	4.4000	9.3000

FV	Ge	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	57.481567	28.740784	21.1892	0.001
Error	9	12.207520	1.35639		
Total	11	69.689087			

**C. V. = 9.62 %**

Tabla de Medias

Tratamientos	Repeticiones	Media
1	4	13.22500 <sup>a</sup>
2	4	14.05000 <sup>b</sup>
3	4	9.05000 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> columna con letra diferente indica diferencia ( $p < 0.05$ )

## Datos tomados en campo

### Hipoclorito al 1%

Tratamiento	P.S.S	Inmersión	2 hrs.	24 hrs.
			P.S.H	P.S.H
Testigo	180 gr.	1 L	249.5 gr.	277.3 gr.
Testigo	180 gr.	1 L	248.5 gr.	274.9 gr.
Testigo	180 gr.	1 L	247.0 gr.	275.2 gr.
Testigo	180 gr.	1 L	248.0 gr.	275.4 gr.
Ácidos húmicos	180 gr.	1 L	247.8 gr.	277.2 gr.
Ácidos húmicos	180 gr.	1 L	248.7 gr.	274.8 gr.
Ácidos húmicos	180 gr.	1 L	248.6 gr.	275.3 gr.
Ácidos húmicos	180 gr.	1 L	249.5 gr.	275.3 gr.
Algaenzims	180 gr.	1 L	249.9 gr.	276.4 gr.
Algaenzims	180 gr.	1 L	244.5 gr.	275.7 gr.
Algaenzims	180 gr.	1 L	248.7 gr.	275.0 gr.
Algaenzims	180 gr.	1 L	247.5 gr.	275.0 gr.

### Día 7

### Día 11

### Día 14

Tratamiento	Día 7		Día 11		Día 14	
	Altura cm.	Peso gr.	Altura cm.	Peso gr.	Altura cm.	Peso gr.
Testigo	6.0	0.45	10	0.9653	12.6	1.0331
Testigo	5.9	0.675	10.5	1.155	14.7	1.2253
Testigo	6.3	0.55	10.4	1.0999	13.1	1.1706
Testigo	6.0	0.45	9.6	0.7854	12.5	0.8932
Ácidos húmicos	5.9	0.525	11.9	1.0734	16	1.1037
Ácidos húmicos	5.7	0.45	11.9	1.1612	13.4	1.221
Ácidos húmicos	5.5	0.60	10.6	1.205	13.5	1.2431
Ácidos húmicos	6.0	0.50	9.7	1.0599	13.3	1.2001
Algaenzims	3.5	0.50	8.2	0.9018	7.4	0.9881
Algaenzims	5.0	0.525	8.4	0.9498	10.1	1.1207
Algaenzims	4.0	0.50	8.7	0.8363	9.4	0.9207
Algaenzims	3.5	0.50	7.8	0.8246	9.3	0.9253