

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y
LA CALIDAD DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO**

Por:

ANGÉLICA GARCÍA CRUZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2005.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y
LA CALIDAD DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

Por:

Angélica García Cruz

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2005.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del
forraje verde hidropónico

TESIS

Por:

Angélica García Cruz.

Que somete a la consideración de H. Jurado examinador como
requisito para obtener el título de

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por:

Ing. Rene A. de la Cruz Rodríguez
Presidente del jurado

Q.F.B. Ma. del Carmen Julia García
Sinodal

Ing. Modesto Colin Rico
Sinodal

Ing. José Ángel de la Cruz Bretón
Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la división de agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2005.

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darme la dicha de vivir y comprender los conocimientos existentes y por ser él quien ilumina de amor nuestros hogares y bendice el pan de cada día.

A mis padres:

Enrique García Sánchez

Elvira Cruz Sarabia

Por guiarme con firmeza basada en la honradez y sencillez, quienes a pesar de la humildad y pobreza se quitaron el pan de la boca para heredarme la más valiosa de las riquezas familiares, la de una profesión.

Con profundo amor y agradecimiento a ellos, quienes a base de sufrimientos, ejemplos y apoyo han hecho posible la culminación de mi carrera profesional y a quienes con el presente trabajo rindo un pequeño tributo de admiración, cariño y respeto; Dios me los cuide y conserve siempre.

A mis hermanas:

Maria Isabel García Cruz

Zuleima Erandi García Cruz

Por su gran cariño que me han brindado a lo largo de todos estos años juntas, por los buenos y malos momentos que hemos vivido, son lo mejor que Dios me dio, (Zuleima, sigue adelante y llegarás muy lejos, aunque el camino sea muy largo aún por recorrer), que Dios las bendiga siempre donde quiera que estén.

A mi sobrino:

Kevin Jair Leon García

Quien con sus juego y travesuras de niño llena de alegría un rincón de mi corazón, que siempre seas el mejor, Dios te cuide y te bendiga.

Al padre de mi hijo:

Álvaro Catonga Casbis

Por tu amor y apoyo que me has brindado, por que cada día seas el mejor, que sigas como hasta ahora superándote, haciéndote día a día un hombre de bien.

Te quiero y pido a Dios que siempre te ilumine.

A mi pequeño hijo:

Jairo Enrique Catonga García

A ti, que con tu presencia viniste a ser la razón de mi existir, el motivo de lucha contra todo, fruto de un gran amor, que con tu ternura haces que en mi corazón brille una sonrisa y sea la esperanza de mi vivir.

A ti, dedico cada uno de mis triunfos, este es uno de los primeros, con todo mi amor y cariño...Te quiero y te amo mucho hijo. Dios cuide siempre de ti.

A mis abuelitos:

Marcos García † y Anastasia Sánchez †
Estanislao Cruz † y Reveriana Sarabia

Con cariño por haberme dado los padres mas buenos del mundo, que siempre han logrado sacarnos adelante.

A todos mis tíos y primos:

Por su cariño y apoyo desinteresado

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en mi formación profesional y en la realización de este trabajo y que involuntariamente han quedado omitidas pero nunca olvidadas .

A todos aquellos hombres que con su alma campirana y enorme vitalidad iluminan su existencia, dedicándose a la humilde labor de hacer producir la tierra.

AGRADECIMIENTOS

A mi “ALMA MATER” a quien debo la oportunidad de poder realizar mis estudios profesionales.

Al Ing. Rene A. De la Cruz Rodríguez. Por hacer posible la realización del presente trabajo, por su revisión, apoyo y asesoramiento, mi mas sincero agradecimiento; ¡Gracias por su confianza!

A la Q. F. B. Ma del Carmen Julia García por haberme asesorado y por su apoyo en el análisis bromatológico para llevar a cabo el presente trabajo.

Al Ing. Modesto Colín por su disponibilidad, apoyo brindado y por su valiosa participación en éste trabajo.

Al Ing. José Ángel de la Cruz Bretón por sus sugerencias y observaciones en la revisión del presente trabajo.

A la Ing. Martina de la Cruz Casillas por su apoyo brindado en la revisión ortográfica de este trabajo.

A la Lic. Sandra López Betancourt por su apoyo otorgado para la realización de este trabajo de investigación, además de su amistad y confianza brindada.

A las T. L.Q. de apoyo a la investigación; Ing. Diana Rodríguez D. y a la T. L. Q. Ma de Jesús (chacha) por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo.

A mis maestros que me transmitieron sus conocimientos en el aula y que en gran forma contribuyeron a ser lo que soy.

A las familias:

Sánchez Cruz

Chávez Pallares

Rodríguez Estrada

Esparza Zavala

Cruz Ballesteros

Con respeto y admiración por su incondicional ayuda y apoyo mostrado siempre. Mil gracias.

A todos mis compañeros (futuros ingenieros) de la generación XCIX, muy en especial a: mi comadre Zaira Hiliana, Aimer, Olga, Fernando, Salvador, Peña, Rigoberto, Miguel, Patricia, Chico, Cahuare, Dalia, Mario, que me otorgaron su amistad desinteresada, que son lo mas valioso del mundo, a los cuales exhorto a que se sigan superando.

De todo corazón ¡ gracias!

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
Objetivo	4
Hipótesis	4
REVISION DE LITERATURA	5
Forraje	5
Forraje Verde Hidropónico (FVH)	6
Ventajas en la producción de FVH	8
Desventajas en la producción de FVH	12
Características principales del FVH	13
Características nutricionales del FVH	15
Métodos de Producción de Forraje Verde Hidropónico	17
Selección de las especies de granos utilizados en FVH	17
Selección de la semilla	18
Calidad de la semilla	18
Lavado y desinfección de la semilla	19
Remojo y germinación de las semillas	19
Dosis de siembra	20
Siembra en las bandejas	20
Riego de las bandejas	20
Riego con solución nutritiva	21
Cosecha y rendimientos	23
Factores que Influyen en la Producción de FVH	24
Hidroponía	26
Cultivo hidropónico puro	27
Cultivo hidropónico según la tendencia mayoritaria	27
Cultivo hidropónico en su concepción más amplia	27
Clasificación de los Sistemas de Cultivo Hidropónico	28
Cerrados	28
Abiertos o llamados también a solución perdida	28
Justificación de la Implantación del Cultivo Hidropónico	29
Nutrición Mineral en la Hidroponía	30
La Solución Nutritiva	30
Valor Nutritivo de los Forrajes	32
Investigaciones Realizadas Utilizando Abonos Orgánicos	36
Abonos Orgánicos	37
La Lombricomposta	37
La Composta	40
Los Biodigestados Líquidos	46
MATERIALES Y MÉTODOS	47
Localización Geográfica del Sitio Experimental	47
Materiales Utilizados	47
Diseño Experimental	48

Descripción de los Tratamientos	48
Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada	49
Tratamientos para el lavado y remojo de la semilla	49
Brotación	49
Siembra	50
Riegos	50
Aplicación de la solución nutritiva	50
Temperatura	51
Muestreo	51
Variables Evaluadas	52
Variables Agronómicas	52
Altura del forraje	52
Peso fresco del forraje	52
Variables Bioquímicas	52
Porcentaje de nitrógeno total	52
Porcentaje de grasa	53
Porcentaje de fibra	53
Porcentaje de proteína	53
Porcentaje de ceniza	53
Porcentaje de lignina	53
Porcentaje de celulosa	53
RESULTADOS Y DISCUSIONES	54
CONCLUSIONES	65
LITERATURA CITADA	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Empleo del cultivo tradicional en la producción de forrajes y su gasto de agua.	9
---	---

Cuadro 2: Composición de una solución nutritiva apta para producción de FVH	21
Cuadro 3: Solución concentrada “A”	22
Cuadro 4: Solución concentrada “B”	22
Cuadro 5. Comparación entre Humus de lombriz y Abonos Químicos	40
Cuadro No.6 Tratamiento para el remojo de la semilla	49
Cuadro 7. Análisis de Varianza de la Altura del forraje (cm.) en la Cosecha.	54
Cuadro 8. Comparación de Medias (DMS) de la Altura del forraje(cm.) en la Cosecha.....	54
Cuadro 9. Análisis de Varianza de Peso Fresco del forraje(Kg.) en la Cosecha.....	56
Cuadro 10. Comparación de Medias (DMS) de Peso Fresco del forraje (Kg.) en la Cosecha.	56
Cuadro 11. Concentración de datos de los resultados obtenidos en el laboratorio	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 7.1.1. Altura del forraje a los 14 días	55
Figura 7.1.2. Peso fresco del forraje	57
Figura 7.2.1. Contenido de nitrógeno total	59

Figura 7.2.2. Por ciento de grasa	59
Figura 7.2.3. Por ciento de Fibra	60
Figura 7.2.4. Por ciento de proteína	61
Figura 7.2.5. Por ciento de ceniza	62
Figura 7.2.6. Por ciento de lignina	63
Figura 7.2.7. Por ciento de celulosa	64

INTRODUCCIÓN

Forraje es el material vegetativo con el cual se alimenta al ganado. Las especies de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en las familias de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas forrajeras incluyen pastos y cereales forrajeros los cuales tienen la característica de producir alta calidad y cantidad de alimentos en un corto período de tiempo, presentan un alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y un bajo contenido de fibra poco lignificada (SEP, 1991).

Actualmente se presentan muchos problemas en cuanto a la producción de cultivos forrajeros se refiere, ya que las necesidades de la población en materia de alimento crecen día a día por lo que es necesaria la investigación en especies adaptadas a las condiciones particulares de cada región en que se trate, más altamente productoras por un lado y por el otro que se requiera una menor cantidad de insumos.

La escasez de forrajes para el ganado mayor y menor constituyen una situación común en ecosistemas de zonas áridas y semiáridas de México, donde es necesaria la aplicación de tecnologías con sistemas que permitan el ahorro del agua por medios controlados, donde se asegure una producción continua, durante todo el año, de forraje fresco y de alto valor nutritivo.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficit alimentario o falta de forraje, heno, ensilaje o granos para alimentación animal.

Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones, y otros fenómenos naturales han venido afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje verde producido en forma convencional para la alimentación de los animales, lo cual viene incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años, así mismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por períodos prolongados, la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales, causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción (FAO, 2001).

Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas verdes, henos o ensilados. Ello redunda en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.), especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, es necesaria una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de forraje verde que pudiera en un momento evitar daños irreversibles a los productores de ganado (FAO, 2001).

Antiguamente se enseñaba en la universidad que para hacer agricultura se necesitaban tres cosas imprescindibles: clima, agua y suelo. Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos, en lugares donde no se cuente con grandes cantidades de agua y sin necesidad precisamente de suelo.

La información disponible indica que 107.8 millones de hectáreas del territorio nacional corresponden a tierras ganaderas, conformadas principalmente por pastizales y áreas agrestes difícilmente aprovechables por otro tipo de actividad productiva. De este total, la mayor proporción de tierras son utilizadas por la ganadería bovina y en menor medida por actividades también existentes como la ovinocultura y la caprinocultura (De la torre, 2005).

Existen pocas metodologías disponibles en México para la producción de forraje hidropónico en forma sencilla, y existe poca información sobre este tema, sin embargo es una necesidad para beneficio de los productores de leche, carne y principalmente para la gran cantidad de productores de caprinos de bajos recursos en el estado de Coahuila, lo que podría tener un alto impacto socioeconómico. Además, es prioritario hacer un uso mas eficiente del agua y abonos orgánicos para la producción de forrajes dado que son actualmente los cultivos que utilizan la mayor área agrícola.

Por lo anterior, se llega a la conclusión de que se deben implementar proyectos de producción de forraje en forma masiva mediante el uso adecuado del recurso agua, además de que con la aplicación de abonos orgánicos se obtendrá forraje libre de compuestos químicos que a la larga pueden provocar una contaminación de los productos que provienen del ganado.

OBJETIVOS

- ◆ Proporcionar una alternativa (sujeta a modificaciones) en la producción de forraje a los interesados en la alimentación de animales.
- ◆ Desarrollar la metodología para obtener forraje verde hidropónico de gran calidad con la aplicación de los abonos orgánicos.
- ◆ Determinar la cantidad y calidad de forraje que se obtiene usando abonos orgánicos.
- ◆ Determinar el valor nutritivo del forraje obtenido a través de análisis bromatológico.
- ◆ Obtener forraje verde en menor tiempo y libre de compuestos químicos.

HIPÓTESIS

Se asume que con la aplicación de abonos orgánicos se obtendrá forraje libre de compuestos químicos y sustancias que puedan causar daños a los animales al ser consumidos por éstos y además de un mayor rendimiento y con mayor valor nutritivo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Forraje

Es el alimento para los animales ya sea doméstico u otros, generalmente este término se refiere a los materiales como los pastos, el heno, los alimentos verdes y el ensilaje, así mismo se entiende por ensilaje al forraje conservado en estado succulento (Hughes *et al* 1966).

Son aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen cantidades de fibra cruda y su valor nutritivo es muy bajo, como representantes de este grupo se pueden mencionar varios, se habla de distintos tipos de vegetación pero no todas las plantas son apetecibles para los animales, y los que si son apetecibles entran en la categoría de los forrajes (Williams, 1976).

Las especies vegetativas de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en la familia de las gramíneas, crucíferas y leguminosas además de algunas raíces de la familia de las crucíferas (SEP, 1982).

El forraje que se cosecha después de la época oportuna disminuye la proteína bruta y aumenta el contenido de celulosa, lo que determina una reducción gradual del valor nutritivo (Robles, 1978).

El contenido de fibra de la mayoría de los cultivos forrajeros consiste en celulosa, un polisacárido de carbohidratos complejos que las persona no pueden digerir, pero que es

una buena fuente de energía para los animales en particular los rumiantes (Rodríguez, 1985)(Domingo, 2000).

(Huss y Aguirre, 1979), lo definen como cualquier parte comestible no dañina de una planta que tiene un valor nutritivo y que es disponible para los animales, este término se refiere a los materiales como pastos, heno, el ensilaje y los alimentos verdes. Este puede ser suministrado por el pastoreo directo o cosechado por el hombre y puesto en pesebre.

El campo de los cultivos forrajeros es amplio y complejo debido que para su establecimiento y producción se tiene que tomar en cuenta un gran número de factores, ya que se trabaja con organismos vivos que responden de diferentes maneras a los estímulos del medio.

Los forrajes son fundamentalmente, fuente de alimento del ganado, que a su vez proveen alimento de alta calidad para el hombre. La agricultura forrajera, es una alternativa tecnológica para incrementar en parte los alimentos para el hombre, además de que se obtienen gran número de beneficios.

El forraje verde es un alimento (vivo en pleno crecimiento) , de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Chen, 1975; Less, 1983; Ñíguez,1988; Santos,1987; y Dosal, 1987, citado por FAO, 2001).

Forraje Verde Hidropónico (FVH)

El FVH es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cabada, alfalfa, etc.) que se realiza durante un período de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Se utilizan técnicas de hidroponía sin ningún sustrato. El grano germinado alcanza una altura

promedio de 25 cm; el animal consume la parte aérea formada por el tallo y las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz. Con el FVH podemos alimentar ganado vacuno, porcino, caprino y equino, conejos y una gran cantidad de animales domésticos, con excelentes resultados (COLJAP, 1997; citado por FAO, 20001).

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

El 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 “*green fodder hydroponics*” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, alta sanidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación de los animales (caballos de carrera, cabras, corderos, conejos, gallinas ponedoras, patos, pollos, vacas de ordeña, entre otros). Producidos en cualquier época del año, localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello.

La producción del FVH es tan sólo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo (hidroponía) y se remonta al siglo XVII cuando el

científico Irlandés Robert Boyle , realizó los primeros experimentos de cultivos en agua.

Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, Jhon Woodward produjo germinaciones de granos utilizando agua de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1960; citado por Ñíguez,1988, citado por FAO, 20001).

Las unidades hidropónicas para el cultivo de FVH pueden producir a lo largo de todo el año en el sitio de consumo, no siendo necesario el almacenamiento, ni el ensilado, ya que el forraje fresco se puede producir diariamente, el cual puede crecer en un área muy pequeña, en comparación con los campos destinados para la alimentación animal. Los gastos en insecticidas, fertilizantes, maquinaria, así como todas las labores necesarias en los cultivos al aire libre de forrajes, pueden calcularse que son 10 veces más altos que los normales en el cultivo de FVH (Arano, 1976).

Ventajas y Desventajas de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Ventajas

Ahorro de agua

Las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras. La eficiencia varía entre 270 – 635 lts de agua / kg de materia seca, esto se traduce en un consumo total de 15 a 20lts/kg de materia seca de FVH obtenida en 14 días. (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000; citado por FAO, 20001).

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se han observado y se observan generalmente en países con ecozonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuáles llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo.

Cuadro 1: Empleo del cultivo tradicional en la producción de forrajes y su gasto de agua

Cultivo	Lts. de agua /kg de M.S. (promedio 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Maíz	505
Sorgo	372
Trigo	270

Eficiencia en el uso de espacio

El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil (FAO, 2001).

Eficiencia en el tiempo de producción

La producción de FVH tiene un ciclo de 10 a 12 días. Aunque por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12, por que a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham et al, 1975, citados por Hidalgo, 1985: citado por FAO, 20001).

Calidad del forraje para los animales

El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Less, 1983, citado por Pérez, 1987). Obtención de un forraje de alta palatabilidad y calidad nutritiva, ya que suministra proteína barata y de alta calidad (Rodríguez, 2003).

Inocuidad

Se obtiene un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos.

Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. Los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente “cornezuelo” que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre. Así mismo, en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final (Sánchez, 1997; citado por FAO, 20001).

Excelente suplemento alimenticio

En el ganado de engorda que usualmente ha sido alimentado con pastos, se ha observado que alimentándolos con FVH combinado con concentrados, se logra una reducción en el tiempo de engorda ya que existe un mayor incremento en su peso diario (Valdivia, 1997).

Mayor asimilación de vitaminas

El FVH brinda todas las vitaminas libres y solubles, haciéndolas muy asimilables, lo que no ocurre con el grano seco. El uso de este tipo de forraje puede evitar la necesidad de usar vitaminas sintéticas por lo antes mencionado (Valdivia, 1997).

Suministro de forraje fresco durante todos los días del año

Con la producción de FVH se puede lograr un suministro constante durante todos los días del año y con las mismas características nutricionales, es decir, no habrá problema de escasez del producto y éste será fresco y limpio (Valdivia, 1979).

Costos de producción

Investigaciones recientes, sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla), el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores (Sánchez, 1996 y 1997; citado por FAO, 20001).

Diversificación e intensificación de las actividades productivas.

El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile han estimado que 170 m² de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Has. de avena de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación a largo

plazo (opinión de Productor de Melipilla, 1998, Chile, citado por FAO 2001), y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura.

Alianzas y enfoque comercial

El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje.

Desventajas

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

Desinformación sobre la valoración de la tecnología

Proyectos de FVH 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 CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haber accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993; citado por FAO, 20001).

Costo de instalación elevado

Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997; citado por FAO, 2001) que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. La práctica de producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo microtúneles, es quizás la más económica y accesible.

Características Principales del Forraje Verde Hidropónico (FVH)

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

Está vivo

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

Es completo y compuesto

Este es un forraje distinto a los demás, por que el animal consume la parte aérea, primeras hojas verdes, resto de semilla que no germinó la cual contiene almidón movilizado y la zona radicular rica en azúcares y proteínas.

Es natural

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

Es apetecible

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

Es económico

Es definitivamente la proteína más barata que ingieren ; siendo además completamente digerible, lo que representa una economía en la alimentación del animal.

Aumenta la fertilidad y elimina casi totalmente los abortos

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

Características Nutricionales del Forraje Verde Hidropónico

Valdivia (1997), menciona que las principales características nutricionales del FVH son las siguientes:

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

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

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

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

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

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

❖ El caroteno aumenta 100% en el grano germinado.

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

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

❖ Las raciones hidropónicas son inmediatamente asimilables, su digestibilidad es de 85% a 90%. La palatabilidad es excelente.

❖ Su aspecto, color, sabor y textura le confieren gran palatabilidad a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal.

Métodos de Producción de Forraje Verde Hidropónico

Los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades. Existen casos muy simples (franjas de semillas pre-germinadas colocadas directamente sobre plásticos cubiertas con túneles, invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples, criaderos de pollos abandonados, etc), hasta métodos sofisticados conocido como: “fábricas de forraje” (estructuras “container” cerradas, totalmente automatizadas y climatizadas con un sólo operario). El cultivo puede estar instalado en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envases desechables, estantes viejos forrados con plástico, bandejas de fibra de vidrio, cajones de desecho, etc. (FAO, 2001).

Sin embargo, en cualquiera de las circunstancias anteriores, el proceso a seguir para una buena producción de FVH, debe considerar las etapas:

Selección de las especies de granos utilizados en FVH

Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir. La producción de FVH utilizando semillas de alfalfa no es tan eficiente como con los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje(FAO, 2001).

Selección de la semilla

En términos ideales, se debe usar semillas de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Se recomienda utilizar semillas de las que se producen a nivel local. Es muy conveniente que la semilla esté libre de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente que no hayan sido tratadas con productos químicos(FAO, 2001).

Calidad de la semilla

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

Lavado y desinfección de la semilla

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (Rodríguez, Chang, Hoyos, 2000). El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución desinfectante no debe ser menor a 30 segundos y no más de 3 minutos. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001).

Remojo y germinación de las semillas

Este paso consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Transcurridas 12 hrs. se procede a secarlas y orearlas durante 1 hora, para luego sumergirlas nuevamente 12 hrs. y finalmente realizarles el último oreo. Con lo anterior se induce la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión. Tal actividad nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que se está utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada (FAO, 2001).

Dosis de siembra

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

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2.2 kilos a 3.4 kg. considerando que la disposición de las semillas no debe superar los 1.5 cm de altura en la bandeja. (FAO, 2001).

Siembra en las bandejas

Se distribuirá una capa delgada de semillas pre-germinadas, la cual no debe exceder de 1.5 cm de espesor, para luego colocar por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cuál también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel. (FAO, 2001).

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

Riego de las bandejas

Una vez realizados los pasos anteriores se deben realizar los riegos. El volumen del agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es, no aplicar riego cuando las hojas se encuentran levemente húmedas al igual que su masa radicular (Sánchez, 1997).

Recomendar una dosis exacta de agua de riego para cada especie resulta muy difícil , dado que dependerá del tipo de infraestructura disponible.

Riego con solución nutritiva

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. (FAO, 2001).

Los riegos se realizan únicamente con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 cm. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cuál tiene por objeto aportar los elementos químicos necesarios, para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

Un ejemplo de dosis de fertilización en el riego del FVH se encuentra en el cuadro siguiente:

Cuadro 2: Composición de una solución nutritiva apta para producción de FVH

Sal mineral	Cantidad (g)	Elemento que aporta	Aporte en ppm
Nitrato de sodio	355	Nitrógeno	207
Sulfato de potasio	113	Potasio	178
Superfosfato normal	142	Fósforo	83
Sulfato de magnesio	100	Magnesio	71
Sulfato de hierro	4	Hierro	10
-----	-----	Azufre *	90

Fuente: Adaptado de L.R. Hidalgo. 1985. * El aporte de azufre es la suma de los aportes parciales.

Otra opción de fórmula de riego para FVH, es la que se encuentra en el manual FAO: La Huerta Hidropónica Popular (Marulanda e Izquierdo, 1993 citados por FAO 2001). De acuerdo a esta fórmula, para llegar a la solución nutritiva final, debemos preparar dos soluciones concentradas denominadas: Solución concentrada “A” (Macro nutrientes) y solución concentrada “B” (Micronutrientes). Las sales y las cantidades necesarias para preparar la solución “A” se observan a continuación:

Cuadro 3: Solución concentrada “A”

Sal mineral	Cantidad (g)
Fosfato monoamónico	340
Nitrato de calcio	2.080
Nitrato de potasio	1.100

Fuente: Manual “La Huerta Hidropónica Popular”, citado por FAO 2001.

Estas cantidades se diluyen en agua potable, hasta alcanzar los 10 litros. (La temperatura del agua, se recomienda entre 21° y 24°C) para que la disolución sea mucho más rápida y efectiva. Las sales se van colocando y mezclando en un recipiente de plástico de una en una y por su orden para obtener la solución concentrada “A”.

Cuadro 4: Solución concentrada “B”

Sal mineral	Cantidad (g)
Sulfato de Magnesio	492
Sulfato de cobre	0.48
Sulfato de manganeso	2.48
Sulfato de zinc	1.20
Ácido bórico	6.20
Molibdato de amonio	0.02
Quelato de hierro	50

Fuente: Manual “La Huerta Hidropónica Popular”, citado por FAO 2001.

La dilución se hace también con agua, pero hasta alcanzar un volumen final de 4 litros de solución.

Cosecha y rendimientos

En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha, la cual comprende el total de la biomasa que se encuentra en las bandejas (hojas, tallos, raíces y resto de semillas). Sin embargo si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 ó 9 días. La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza entre los días 7 y 8 por lo que un mayor volumen y peso de cosecha debe ser compatibilizado con la calidad dado que el factor tiempo pasaría a convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción (Ñíguez,1988).

La cosecha del FVH se efectúa una vez obtenido el tamaño requerido. Se retira de las bandejas el colchón radicular, el cual contiene tallos, hojas, semillas no germinadas y raíces. Por la densidad de siembra, dicha estructura en conjunto forma un bloque compacto que puede retirarse fácilmente de las bandejas. Dependiendo del animal al que haya que alimentar se desmenuza o se reparte en forma entera. El forraje producido debe ser ingerido en el mismo día de la cosecha, esto no impide almacenarla por más tiempo; con un adecuado suministro de agua, el forraje puede durar de 2 a 3 días más, después de este tiempo el contenido nutricional empieza a alterarse significativamente y pierde mucho valor alimenticio(Valdivia, 1996).

Factores que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Iluminación

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del 3° ó 4° día iniciamos el riego con solución nutritiva y exponemos las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa de luz solar.

Temperatura

Esta es una de las variables más importantes en la producción de FVH. El rango óptimo para producción se sitúa siempre entre los 18° C y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que, los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar(entre 18°C a 21°C). Sin embargo el maíz, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25°C y 28°C (Martínez, E. 2001, citado por FAO, 2001).

Una herramienta importante que debe estar instalada en los locales de producción es un termómetro de máxima y mínima que permitirá llevar el control diario de temperaturas y detectar rápidamente posibles problemas debido a variaciones del rango óptimo de la misma. En el caso de climas o épocas del año muy frías, tendremos que calefaccionar el ambiente y viceversa, en climas o estaciones del año de muy altas temperaturas, habrá que ventilarlo al extremo. El número de éstas está en función de la intensidad del frío que exista, y de la temperatura a la cuál pretendamos alcanzar. (Schneider, A. 1991).

Humedad

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos. La situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo. Por lo tanto, compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de las claves para lograr una exitosa producción de FVH (FAO, 2001).

Calidad del agua de riego

Los factores básicos que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Si el agua disponible no es potable, se presentarán problemas sanitarios y nutricionales con el FVH.

Para el caso anterior, será conveniente realizar un detallado análisis químico de la misma, y en base a ello reformular nuestra solución nutritiva, así como evaluar qué otro tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, decantación, asoleo, acidificación o alcalinización). La calidad de agua no puede ser descuidada y existen casos donde desconocer su importancia fué causa de fracasos y pérdidas de tiempo. (FAO, 2001).

pH

El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas utilizadas (en su mayoría cereales) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor 7 (FAO, 2001).

Conductividad

Esto se refiere a la concentración de sales que contiene la solución nutritiva que se va a aplicar al cultivo. Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva estaría en torno de 1,5 a 2,0 mS/cm. Por lo tanto, aguas con CE menores a 1,0 serían las más aptas para preparar nuestra solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre 50 – 150 miligramos por litro de agua (Ramos,C; 1999).

Hidroponía

La hidroponía es una técnica de producción agrícola muy intensiva, que presenta diversas modalidades; pero en esencial, se caracteriza porque el sistema radical se alimenta de agua y nutrientes de una manera controlada. (Sánchez y Escalante, 1989).

Como ventajas adicionales se puede mencionar mayor precocidad en los cultivos, ahorro de agua, posibilidad de usar aguas relativamente salinas. Además de que se pueden obtener varios ciclos al año; pero sobre todo posibilidades de cultivar

económicamente donde no hay suelo agrícola o en lugares donde se presenten factores adversos como el clima. Sánchez y Escalante (1989).

Cultivo Hidropónico Puro

Es aquél que mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta, desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido. La planta es soportada sobre cartón, plástico, madera, mallas de alambre o diferentes materiales, mientras que la raíz esté continua o intermitentemente sumergida en una solución nutritiva o en una delgada capa de la misma.

Cultivo Hidropónico Según la Tendencia Mayoritaria

Este método se refiere al cultivo en agua o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos a través de los cuales se hace circular la solución nutritiva.

Cultivo Hidropónico en su Concepción más Amplia.

Engloba a todo sistema mediante el cual las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución con los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo, en las concentraciones y relaciones apropiadas. El concepto es equivalente al de “cultivo sin suelo” (CSS), y supone el conjunto de cultivo en sustratos más el cultivo en agua.

El cultivo de las plantas sin suelo, se desarrolló a partir de experiencias llevadas a cabo para determinar las sustancias que hacían crecer las plantas. No obstante, las plantas

fueron cultivadas fuera del suelo mucho antes (los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas, en México, y los de la China imperial).

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

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

Clasificación de los Sistemas de Cultivo Hidropónico

Jensen y Malter (1995), dividen los sistemas de cultivo hidropónico en dos grupos:

Cerrados

Aquellos en los que la disolución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo. Todos los sistemas hidropónicos en medio líquido suelen ser cerrados.

Abiertos o llamados también a solución perdida

Aquellos en que los drenajes provenientes de la plantación son desechados. Los cultivos hidropónicos en sustratos, pueden ser sistemas abiertos o cerrados.

A escala mundial, aproximadamente el 90% son sistemas abiertos, fundamentalmente debido a su mayor facilidad de control de la nutrición mineral (Donnan 1994). Aunque

es cierto que en los últimos años, se ha puesto en funcionamiento una superficie considerable de cultivo hidropónico bajo sistemas cerrados. Lo que parece claro, es que cada vez se impone con más fuerza la necesidad de regeneración y reutilización de esta agua de drenaje, por lo siguiente:

- ❖ La escasez de recursos hídricos en las principales zonas de cultivo hortícola.
- ❖ Aprovechar al máximo los abonos empleados.
- ❖ Mantener un sistema cerrado de productos de quimigación (fungicidas, insecticidas, desinfectantes, ácidos húmicos o cualquier otro producto correcto o mejorante apto para ser utilizado en fertirrigación).
- ❖ Evita el problema medioambiental de contaminación de acuíferos (acumulación de nitratos, fosfatos y plaguicidas).
- ❖ Las normativas europeas, que en países como Holanda, ya obligan a establecer una recogida y reutilización de los drenajes (Alarcón, 1998).

Justificación de la Implantación del Cultivo Hidropónico

Se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo hidropónico y en sustratos. Las principales razones son:

- ❖ La existencia de factores limitantes en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas.
- ❖ Los demostrados incrementos en la producción, calidad y precocidad de las cosechas.
- ❖ Se mejora la eficiencia energética referida a peso de cosecha.

Nutrición Mineral en la Hidroponía

El punto más importante para un buen manejo hidropónico es la nutrición de la planta.

La nutrición mineral ha tenido un impacto importante en el desarrollo de la agricultura moderna y, ha sido y sigue siendo una herramienta necesaria para comprender la fisiología de las plantas.

En la agricultura, los altos rendimientos están asociados a una adecuada fertilización, ya sea química u orgánica.

Para evitar la aparición de desordenes fisiológicos en las plantas, los nutrientes deben ser repuestos en la solución nutritiva a través de sales o fertilizantes. Los fertilizantes que proveen nutrientes en forma inorgánica se llaman fertilizantes químicos; aquellos que provienen de residuos de plantas y animales se llaman orgánicos. En ambos casos las plantas absorben los nutrientes como iones inorgánicos.

La composición de una solución nutritiva es la base para producir cualquier cultivo hidropónico. La solución nutritiva en un sistema hidropónico tiene dos aspectos importantes:

- 1) La concentración de los elementos minerales en el agua y en la solución nutritiva y
- 2) El balance de los elementos minerales en la solución nutritiva (Rodríguez, *et al.* 2001).

La Solución Nutritiva

Uno de los puntos decisivos para el éxito en el cultivo hidropónico es la composición de las soluciones nutritivas, es el elemento más delicado y más importante. Las soluciones deberán contener todos los elementos necesarios para las plantas en las debidas condiciones y en las dosis convenientes.

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua en cantidades y proporciones adecuadas, la cual es usada para lograr un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. La nutrición es sólo un factor que afecta el crecimiento de la planta. El estado general de las plantas indicará qué se está haciendo bien o qué se necesita corregir.

Para lograr una nutrición balanceada de las plantas y, por lo tanto, para obtener mejores rendimientos, es necesario que cada uno de los elementos esenciales minerales señalados deben de estar en la solución nutritiva en cantidades óptimas. Si falta alguno de los macro o microelementos, entonces la planta no desarrollará y puede morir prematuramente.

No existe una solución nutritiva única para todos los cultivos, porque no todos tienen las mismas exigencias nutricionales, principalmente en Nitrógeno, fósforo y potasio. Existe un gran número de soluciones nutritivas para distintos cultivos, y muchas satisfacen los requerimientos de un buen número de ellos.

El crecimiento y el rendimiento de cualquier cultivo puede ser optimizado formulando una solución nutritiva específica. Una solución nutritiva debe formularse de acuerdo al estado de desarrollo (vegetativo, floración, fructificación) y al tipo de cultivo (Rodríguez, *et al.* 2001).

Para que un elemento se considere como esencial para la planta, debe llevar los siguientes requerimientos:

- 1) Que la planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia del elemento

- 2) Que la función del elemento deba ser específica, ningún otro elemento puede

sustituirlo completamente.

- 3) El elemento debe mostrar que esta directamente comprometido en la nutrición de la planta; esto es, ser constituyente de un metabolismo o al menos, requerido para la acción de una enzima esencial.
- 4) Que el síntoma de deficiencia presentado, sea corregido únicamente por el elemento en cuestión (Solano, 1985).

Valor Nutritivo de los Forrajes

El valor de los principios nutritivos de los forrajes se calcula por su fuerza calorífica o energética, consecuencia de los resultados obtenidos por medio del análisis de los forrajes, de acuerdo con los requerimientos energéticos diarios del animal, que varían según la especie, edad, estado de desarrollo, producción de trabajo, grasa, leche, etc. El conocimiento de éstas necesidades y poder energético de un determinado forraje, ha permitido poder establecer la dieta alimenticia del animal, y si ésta es o no suficiente para cubrir las necesidades nutritivas requeridas por su organismo. De no poder satisfacer esas necesidades con el forraje suministrado, tiene que completarse la ración por medio de otros alimentos más concentrados. En caso contrario, el animal sufrirá de carencia, y sería susceptible de verse afectado por ciertas enfermedades.

El valor nutritivo de los forrajes, de acuerdo con el análisis, se calcula por el contenido en tanto por ciento de agua, proteínas, grasas, nitrógeno, fibras as y cenizas; contenidos que pueden variar de manera notable dentro de la misma especie según sean los métodos de cultivo y conservación del forraje (Baudillo Juscafresa , 1974).

Nitrógeno

Parte del nitrógeno en los alimentos se llama nitrógeno no-proteína (NNP) por que el nitrógeno no se encuentra como parte de la estructura de una proteína. Nitrógeno no-proteína (por ejemplo amoníaco, urea, aminos, ácidos nucleicos) no tienen valor nutritivo para los animales de estómago sencillo. Sin embargo en los rumiantes, nitrógeno no-proteína puede ser utilizado por las bacterias del rumen para sintetizar aminoácidos y proteínas que benefician a los bovinos.

Grasas

El origen de las grasas contenidas en los forrajes todavía no está aclarado por los científicos bromatológicos, aunque algunos suponen que provienen de los carbohidratos después de sufrir diferentes procesos químicos.

Parece ser que las grasas contenidas en los forrajes están formadas por un complejo heterogéneo compuesto de ácidos, lípidos, carotenos, resinas, etc., originadas en el parénquima de los tallos, en las proteínas y otros elementos todavía ignorados.

El contenido de grasa es muy irregular entre las diferentes especies y según el estado de desarrollo de la planta en el momento de ser cortada, ya que de hacerlo antes o después de la floración, las diferencias de contenido serán más acusadas. Depende también de si la planta ha sido debidamente fertilizada (Baudillo Juscafresa , 1974).

A menor fertilización, menor contenido de grasa.

Proteínas

Una gran mayoría de las proteínas contenidas en los forrajes son específicas de la especie y, por ende, su valor biológico es distinto en cada uno de los forrajes. Su compuesto orgánico está formado por un complejo de sustancias denominadas “aminoácidos”, siempre útiles para la nutrición animal.

Una carencia o deficiencia de proteínas en la alimentación puede provocar en el organismo del animal perturbaciones de mayor o menor gravedad. Una alimentación excesiva rica en proteínas tienen efectos contradictorios, frena el desarrollo y crecimiento del animal, y en hembras lactantes provoca un descenso en la secreción láctea (Baudillo Juscafresa , 1974).

Cenizas

La materia vegetal orgánica de los forrajes, a pesar de ser la predominante, no es total, como así se demuestra con las cenizas después de la incineración; después de analizadas se encuentran en ellas todo un complejo de materiales inorgánicos que fueron absorbidos del suelo por la planta, y después asimilados en el proceso de fotosíntesis.

Este contenido de elementos inorgánicos demuestra cuáles son sus requerimientos nutritivos para fomentar su desarrollo y garantizar la salubridad de la misma.

El resultado del análisis de las cenizas nos da una clara idea de cómo debe fertilizarse la planta para que no sufra de carencia, que será transmitida a los forrajes repercutiendo en el organismo del animal, motivando trastornos orgánicos y enfermedades más o menos peligrosas, ya que además de alterar el metabolismo del animal que consume tal alimento, perderá parte de su calidad biológica.

Fibra

La fibra de las plantas está constituida por tres compuestos: la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. La principal fuente de fibra de la ración proviene de los forrajes. A medida que aumenta la fibra en los forrajes, disminuye la energía. Los bovinos necesitan una cantidad mínima de fibra para mantener la motricidad ruminal, la rumia, y la producción de saliva. La cantidad o el contenido de fibra dependen de las especies forrajeras y del estado de madurez a la cosecha.

Digestibilidad de los forrajes

No todas las especies forrajeras ofrecen un forraje igualmente digerible. Su grado de digestibilidad depende de la especie, del estado de desarrollo de la planta en el momento de ser cortada, de si es consumido en verde, henificado, deshidratado o ensilado. El poder digestible tampoco es igual entre los rumiantes y los equinos. En el proceso digestivo, la parte del forraje digerido y asimilado es conocida por principios nutritivos; la no digerida el animal la elimina y evacua en forma de excremento.

De suministrar al animal un forraje tierno y en estado verde, debido a su elevado grado de digestibilidad, la parte digerida será muy elevada y de un alto valor nutritivo, y los excrementos evacuados por el animal serán de volumen muy reducido. Cuanto más digerible es un forraje, menos necesidad tendrá el animal de completar su ración a base de otros alimentos mas concentrados, y sus requerimientos alimenticios indispensables serán mayores si la explotación está basada en el trabajo, en la producción de carne o leche, ya que por consumir en tales casos un mayor número de calorías que no pueden aportar los forrajes aunque sean deshidratados, el animal sufriría de carencias, traducidas en enfermedades.

El conocimiento del valor biológico de los forrajes tiene una gran importancia para el ganado, tanto en el aspecto alimenticio como en el económico. Conociendo el valor alimenticio de los forrajes y los requerimientos del animal según sea su explotación, tendrá una idea clara de su poder energético y de cuál debe ser el suplemento a suministrar para completar la insuficiencia, tanto en los períodos de entretenimiento como en la producción de trabajo, carne o leche, sin alterar su metabolismo y pudiendo mantener la salubridad del animal.

Investigaciones Realizadas Utilizando Abonos Orgánicos

López Martínez (2003), encontró que al aplicar fertilizantes dos fertilizantes orgánicos en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), éstos incrementaron significativamente la calidad del fruto, además de que los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, regenerándolos y evitando su pérdida.

Alonso Ruíz (2004), demostró que al aplicar composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el cultivo de cilantro (Coriandrum sativum L.) , todos los tratamientos superaron al testigo (fertilización química), los fertilizantes orgánicos mostraron un efecto positivo al ser utilizados individualmente, además de que el cilantro proveniente de los tratamientos que incluyeron fertilizantes orgánicos, presentó más aroma, mejor sabor y un aspecto de frescura por mayor tiempo que el cilantro proveniente del tratamiento químico solo.

Abonos Orgánicos

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le dá gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

No podemos olvidar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en éste sentido, éste tipo de abonos juega un papel fundamental.

Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos (Alonso Ruiz, 2004).

La Lombricomposta

La lombricomposta nace gracias a los estudios realizados por Charles Darwin en el siglo XIX, razón por la cual es considerado el padre de esta actividad.

Es importante que los estudios básicos sobre la función de las lombrices en el suelo se remontan al siglo pasado y actualmente no se le dá la importancia debida a este animal.

Noriega, et al (2002), menciona que la lombricomposta inicia su desarrollo en los Estados Unidos en 1974, año a partir del cual se ha implementado en gran cantidad de países. La lombricultura es conocida también como “vermicultura”, y esta tecnología consiste en la crianza de lombriz de tierra para procesar desechos orgánicos y producir abono.

La lombricomposta, también conocida como vermicomposta o humus, es un abono 100% natural de excelente calidad, tiene las mejores cualidades y ninguna contraindicación; por lo que es aplicable a cualquier tipo de cultivos. La lombricomposta, es el resultado de la transformación, por medio de la lombriz roja californiana, de los desechos orgánicos y convertirlos en humus, de aplicación agropecuaria, en huertos y jardines. Su aplicación es a cultivos intensivos, cultivos extensivos y recuperación de suelos

(<http://www.comerciadonluis.com/nuestrosproductos.htm>; citado por Alonso Ruiz, 2004).

Cualidades de la Lombricomposta

- ❖ Es un fertilizante orgánico.
- ❖ Es granulado, homogéneo y con un olor agradable.
- ❖ Protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo.
- ❖ Con la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma balanceada (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc).
- ❖ Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación.
- ❖ Mejora la retención de humedad.
- ❖ No afecta a las plantas como ocurre con los fertilizantes químicos.
- ❖ Eleva la solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las plantas.

- ❖ Produce un aumento en el vigor de las plantas, árboles y arbustos.
- ❖ Cuenta con una alta concentración de sustancias húmicas (ácidos fúlvicos y húmicos).
- ❖ Por su elevada carga microbiana contribuye a la protección del sistema radicular de bacterias y nemátodos.
- ❖ Sus fitohormonas favorecen el crecimiento, la floración y la fijación de flores y frutos.
- ❖ La actividad residual del humus de lombriz es de efecto prolongado.
- ❖ Es de fácil manejo y puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, es necesario mantenerla bajo condiciones óptimas de humedad (40%).

Cuadro 5. Comparación entre Humus de lombriz y Abonos Químicos

Concepto	Humus de lombriz	Abonos químicos
Dosis de aplicación	A mayor cantidad, mayor beneficio	En dosis excesivas, hay graves perjuicios
Vencimiento	Cuanto más añejo, más nutritivo	Tiene corta vida útil
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 suelto 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 y largo se debilita el suelo y se hace dependiente de nuevos aportes
Microorganismos	Aporta millones de microorganismos benéficos	No aporta, y por cambios de pH se desarrollan los perjudiciales
Ecología	El abono es producto del reciclaje de desperdicios urbanos y agrícolas	Producen desertificación del suelo y contaminación del agua

La Composta

El primer avance importante en la compostificación ocurrió en 1925 y fue desarrollado por el Ingles Sir Albert Howard en la India. Este investigador sistematizó los procesos empíricos tradicionales y obtuvo una composta de calidad aceptable. Tal metodología fue llamada “ proceso Indore” y consiste en depositar capas sucesivas de basura en zanjas o pilas en donde la masa se voltea cada 180 días y se obtiene un abono de excelente calidad.

Además, su estudio brindó información sobre los tipos de microorganismos presentes, técnicas para analizar las condiciones de la composta durante y después del proceso, así como características de los materiales aptos para la compostificación (Cruz, 1986; citados por Alonso, 2004).

El 40% de la basura que producimos en la casa se compone de materia orgánica, que al poco tiempo de ser desechada se descompone provocando mal olor y atrayendo fauna nociva como moscas, cucarachas, ratones, etc.

El desecho orgánico se puede definir como “todo aquello que alguna vez tuvo vida”. Estos materiales se pueden aprovechar para la elaboración de la composta y así evitar los problemas antes mencionados además de que nos ayudan mejorando las condiciones del suelo.

La composta es un "abono natural", producto de la biodegradación de la materia orgánica, a través de un proceso muy sencillo. Un abono o composta está elaborado basándose en un pleno conocimiento de calidad de los materiales a utilizar y de las necesidades nutricionales del suelo. Es una mezcla de estiércoles animales, residuos de cosecha, follajes verdes, tierra, agua, ceniza o cal. El resultado final es un abono orgánico balanceado que puede sustituir fertilizantes químicos y corregir diferencias nutricionales de los suelos.

El mecanismo para la elaboración de la composta incluye algunas variables que van desde la recepción y selección de la basura hasta la comercialización.

Durante este proceso uno de los factores más importantes, es la biodegradación de la materia orgánica. Este método permite utilizar hasta un 80 % de los desechos sólidos en un tiempo relativamente corto (Cruz, 1986; citado por Alonso, 2004).

Tipos de Descomposición de la Composta

La descomposición de la materia orgánica puede producirse en presencia de oxígeno (aeróbica) o en ausencia de éste (anaeróbica).

Descomposición aeróbica

Este proceso se lleva a cabo comúnmente en una composta pues la acción de los microorganismos dependen de la presencia de oxígeno y de otras condiciones tales como temperatura, humedad, pH, tipo de materia orgánica y concentración de nutrientes disponibles; todos éstos factores ocurren de manera simultánea y la eficiencia en la elaboración de la composta se basa en el manejo adecuado de éstos.

Descomposición Anaerobia

En este los microorganismos utilizan para la respiración o fermentación otros elementos que no son oxígeno y va acompañada de los olores desagradables por la formación de gases, que pueden ser utilizados como combustibles

(http://www.arpet.org/archivo/boletin/25_99.htm; citados por Alonso Ruiz, 2004).

Factores que Afectan el Proceso de Composteo

Dalzell y Biddlestone (1991), citados por Morales (1989), en un experimento sobre el manejo del suelo, producción y uso del composteo en ambientes tropicales y subtropicales publicado por la FAO en el folleto de suelo No. 56, hacen saber que los factores que afectan el proceso del composteo son los siguientes:

Microbiología

El composteo es un proceso microbiano, constante cambiante producido por las actividades de una sucesión de varios grupos de microorganismos cada uno de los cuales es apropiado para un medio de duración relativamente limitado.

Separación

Se refiere a que el material para composteo es de buena calidad cuando es de fácil descomposición. Algunos desechos compostables, particularmente de áreas industriales, pueden contener altos niveles de metales como cobre, plomo, níquel, y zinc. Otros materiales inorgánicos tales como vidrio, plásticos y fibras artificiales, deben también ser eliminados, por que son difíciles de descomponerse.

Humedad

Durante el composteo por la acción microbiana se produce agua y se pierde por evaporación con la corriente de aire.

En algunos procesos de composteo en los que se emplea aire forzado, la pérdida de humedad puede ser excesiva; este puede ser el caso en climas muy cálidos con aireación natural; por tanto, puede ser necesario proporcionar humedad adicional a la pila de composteo.

Ésta se puede suministrar como agua o como materiales adicionales de alto contenido de humedad, tales como desechos de cítricos y de sandías.

En condiciones tropicales, los materiales estarán a menudo mas secos que en climas templados y se secarán también más rápido durante el composteo. Se debe tener cuidado en asegurar un contenido de humedad adecuado en todo momento.

Tamaño de partículas

Cuando mas pequeño sea el tamaño de las partículas del material orgánico, mayor será el área superficial disponible para el ataque de los microorganismos.

Nutrientes

El proceso de composteo depende de la acción de los microorganismos que requieren una fuente de carbono, que les proporcione energía y material para nuevas células.

Aireación

Un suministro adecuado de aire a todas las partes de una pila de composta es esencial para aportar oxígeno a los microorganismos y para eliminar el bióxido de carbono producido.

La ausencia del aire (condiciones anaeróbicas) conducirán al desarrollo de distintos tipos de microorganismos, causando una conservación ácida o bien una putrefacción de la pila que producirá malos olores.

La aireación se logra por el movimiento natural del aire hacia el interior de la pila de composta mediante el volteo del material, a mano, bieldos o con máquinas según sean las medidas de las pilas.

Agitación o volteo

El volteo del material a mano, o con una máquina, permite que el aire penetre. La agitación también ayuda a romper los pedazos más grandes de material, exponiendo superficies frescas al ataque de los microorganismos, el volteo se dá cada 10 a 12 días.

En sistemas sencillos de composteo que usan flujos naturales de aire, voltear las pilas dos o tres veces será suficiente. Estos volteos permiten también añadir humedad extra a la pila, en el caso que fuese necesario.

Temperatura

Cuando se junta material orgánico para el compostaje, parte de la energía liberada por la descomposición del material se desprende como calor, y esto origina un aumento en la temperatura.

Al comienzo del procedimiento, el material se encuentra a temperatura ambiente. En la primera etapa, se lleva acabo el calentamiento gradual, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y las temperaturas se elevan. Durante este período se descomponen todos los compuestos muy atacables tales como azúcares, almidones y grasas. Cuando la temperatura alcanza los 60°C, la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada a cabo por los actinomicetes y las cepas de bacterias que forman esporas (Alonso Ruiz, 2004).

Los Biodigestados Líquidos

El biodigestado es un compuesto líquido bioorgánico, natural, inocuo, e inodoro que se obtienen del lavado de la composta o lombricomposta.

Además se obtiene del escurrimiento generado al regar la pila donde se encuentran las lombrices o el proceso de composteo, ya que es necesario mantener dichas pilas a una humedad de 70 – 80 %.

Además es uno de los pocos fertilizantes ecológicos con una flora bacteriana (40 – 60 millones de microorganismos por centímetro cúbico) capaz de enriquecer y regenerar las tierras. Aunque no sustituye totalmente a los nutrientes inorgánicos, su aplicación rebaja hasta en un 40% la aplicación de fertilizantes inorgánicos(Del Carmen López, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó a partir del día sábado 30 de Octubre de 2004. Este experimento se estableció en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Geográficamente el lugar se sitúa a 25° 23' latitud Norte y 101° 00' de longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich y una altura de 1743 msnm.

La UAAAN se localiza en Buenavista municipio de Saltillo a siete kilómetros al sur de la misma ciudad, la cual está ubicada en la región sureste del estado de Coahuila.

2. Los Materiales Utilizados Fueron los Siguietes:

Material de campo

12 Kg de semilla de cebada
Líquido de lombriz
Líquido de composta
Humitrón
Soluciones madre A y B
Agua entubada
Hipoclorito de sodio ½ litro
24 charolas de 90 x 30 cm.
24 bolsas de polietileno
Estantería tipo panadería
Tonel de 200 Lts
Cal agrícola
Jabón detergente
8 garrafrones de 10 Lts.
Un termómetro ambiental
Báscula analítica
Fibra para tallar.
Báscula de reloj
Dos probetas graduadas.
Un reloj
Una cámara fotográfica

Material de laboratorio Reactivos

Crisoles
Estufa de secado
Crisoles de fondo poroso
Tela de lino
Parrillas
Papel aluminio
Mufla
Matraz Kjendahl
Perlitas de vidrio
Gránulos de zinc
Agitadores
Ácido salicílico
Ácido sulfúrico
Acetona
Ácido etílico
Solución buffer
Solución antiespumante
Hidróxido de sodio
Éter de petróleo
Colorante mixto
Agua destilada
Potasio
Solución indicadora

3. Diseño Experimental

El trabajo se realizó en el interior del recinto de la sección de agrotecnia, donde se ubicó una cámara de germinación fabricada rústicamente la cuál consistía en un armazón de madera forrada de polietileno grueso la cual en su interior comprendía una estantería tipo panadera y 9 lámparas de luz fluorescente.

El diseño experimental utilizado fué completamente al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales.

5. Descripción de los Tratamientos

T₁: Solución química (SQ) “ testigo”

T₂: S.Q. + Líquido de lombriz (L. L)

T₃: S.Q. + Líquido de composta (L. C)

T₄: S.Q + L. L + L. C

T₅:Líquido de lombriz

T₆:Líquido de composta

T₇:L. De Lombriz + L. De composta

T₈: S. Q + Humitrón

En el caso de la solución química se utilizó la solución nutritiva recomendada por la FAO 2001.

6. Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada

Tratamientos para el lavado y remojo de la semilla

Para evitar que el embrión de la semilla resultara afectado en la desinfección de la semilla se optó por desinfectar, lavar y remojar a la misma vez. Esto se realizó de la siguiente manera:

Se pesó 1 ½ Kg de semilla y se depositó en una bolsa de polietileno a la cuál se le agregaron 2 litros de agua con cal agrícola a razón de 2 gramos por litro de agua, se le agregó 20 mililitros de Líquido de lombriz o composta según fuera el caso del tratamiento que se le aplicaría en los riegos posteriores.

Cuadro No.6 Tratamiento para el remojo de la semilla

Trat.	Cantidad de semilla	Agua con cal	Solución
T ₁	1.5 Kg.	2 Lts.	Nada
T ₂	1.5 Kg.	2 Lts.	20 ml de L. L
T ₃	1.5 Kg.	2 Lts.	20 ml de L. C
T ₄	1.5 Kg.	2 Lts.	10 ml de L. L y 10 ml de L. C
T ₅	1.5 Kg.	2 Lts.	20 ml de L. L
T ₆	1.5 Kg.	2 Lts.	20 ml de L. C
T ₇	1.5 Kg.	2 Lts.	10 ml de L. L y 10 ml de L. C
T ₈	1.5 Kg.	2 Lts.	1 ml de Humitron

Brotación

Este proceso dura un tiempo de 24 horas.

Una vez transcurridas 12 hrs. se le retiró a la semilla el tratamiento antes descrito y se dejó orear por 1 – 2 horas más , posteriormente se le agregó 2 litros de agua a cada bolsa la cual contenía la semilla , por un lapso de 12 horas; después de realizado este procedimiento se pasó a la siguiente fase.

Siembra

Una vez transcurrido el tiempo de brotación, toda la semilla se observa brotada por lo cual el siguiente paso que se realizó consistió en pasarla a las charolas de tal forma que formaran una capa uniforme y que todo el fondo de la charola quedara bien cubierto con la semilla.

Riegos

Una vez realizada la siembra se colocaron las charolas en la estantería de producción, para inmediatamente empezar con los riegos con pura agua, los cuales se aplicaron 4 veces al día, con una cantidad de $\frac{1}{2}$ litro por charola, el primer riego se daba a las 8 de la mañana, el segundo a las 12 del día; el tercero a las 4 p.m. y la última aplicación a las 6 de la tarde. Esto durante los primeros 4 días de establecimiento del cultivo en la cámara; ya formado el colchón de raíz se procedió al riego con los diferentes tratamientos antes mencionados.

Aplicación de la solución nutritiva

La cantidad de solución aplicada fue de $\frac{1}{2}$ litro de solución nutritiva por charola, 4 veces al día (8:00, 12:00, 4:00, 6:00), esta actividad se realizó manualmente, con botes de plástico para lo cual se ocupó uno por cada tratamiento.

Se colocaron bandejas del lado donde estaba la pendiente de la estantería para recolectar la solución que escurriera de las charolas, para poder ser reutilizada.

Temperatura

La temperatura estuvo constante a 23°C esta se presenta así por la constancia de la luz ya que permanecía las 24 hrs. del día.

Muestreo

El muestreo de peso y altura del forraje fué a los 14 días que se realizó la cosecha, la metodología consistió en pesar cada una de las charolas con todo el forraje que contenían, y medir la altura total del forraje sacando una media por charola, posteriormente se destaró el peso de la charola sin forraje para determinar el peso.

Se tomaron 200gr de muestra por cada repetición dando un total de 600 gramos por cada tratamiento, el cual se metió en una estufa para que perdiera toda la humedad que tuviera y se realizó una mezcla homogénea de las tres repeticiones por tratamiento, una vez realizado esto se procedió a realizar el análisis bromatológico.

7. Variables Evaluadas

7.1 Variables agronómicas

Las variables se evaluaron a los 14 días que se realizó la cosecha.

7.1.1 Altura del forraje a los 14 días

Esta variable se realizó midiendo la altura de cada uno de los diferentes tratamientos y repeticiones tomándolos de la población total, con una regla de 30 cm. El procedimiento para la toma de datos de esta variable fué extendiendo lo mejor que se pudiera el forraje y medir desde la base de la charola hasta el ápice de la última hoja

7.1.2 Peso fresco del forraje

Después de haber medido la altura del forraje, se procedió a pesarlo con todo y la charola, la cual después se pesó sin forraje y se le restó al peso obtenido anteriormente.

7.2 Variables Bioquímicas

7.2.1 Porcentaje de nitrógeno total

Esta variable se determinó por medio del método Kjendahl, Tomando una muestra homogénea de las tres repeticiones y se realizó una repetición por cada tratamiento, esto fué igual en todos los análisis de laboratorio

7.2.2 Por ciento de grasa

Esta variable se determinó por medio del método de Soxhlet, este también es conocido como Extracto Etéreo, para ello se realizó una repetición por cada tratamiento.

7.2.3 Por ciento de Fibra

Esta variable se determinó por medio del método Weende, para ello se realizó también una repetición por cada tratamiento.

6.2.4 Por ciento de proteína

Esta variable se determinó una vez que se obtuvo el % de Nitrógeno con la siguiente fórmula

$$P = \%N \times 6.25$$

6.25, constante

7.2.5 Por ciento de ceniza

Esta variable se determinó por medio de incineración, para ello se realizó una repetición por cada tratamiento.

7.2.6 Por ciento de lignina

Esta variable se determinó por medio del método de Permanganato, para ello se realizaron dos muestras por cada tratamiento.

7.2.7 Por ciento de celulosa

Esta variable se determinó por medio de la incineración de la lignina, para ello se realizaron dos muestras por cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura del forraje a los 14 días

El ANVA detecta diferencia altamente significativa (0.01%), lo que nos muestra que hay diferencia entre los tratamientos(cuadro 7).

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	83.026367	11.860909	5.3167**	0.003
ERROR	16	35.694336	2.230896		
TOTAL	23	118.720703			

** Altamente significativo

* Significativo

NS. No Significativo

C.V. = 6.14 %

Cuadro 7. Análisis de Varianza de la Altura del forraje (cm.) en la Cosecha.

Al realizar la prueba de medias DMS (0.01%) esta nos muestra que el tratamiento con mayor altura de forraje fué el número 5 con 27.66 cm. seguido por el tratamiento 4 con 26.16 cm. y el tratamiento 7 con 24.83 cm. comportándose como el peor tratamiento el número 1 (testigo) (cuadro 8, figura 7.1.1)

Comparación de Medias

Tratamiento	Media
5	27.6660 A
4	26.1660 AB
7	24.8330 ABC
2	24.6660 ABC
6	24.1660 ABC
8	23.1660 BC
3	22.7666 BC
1	21.3330 C

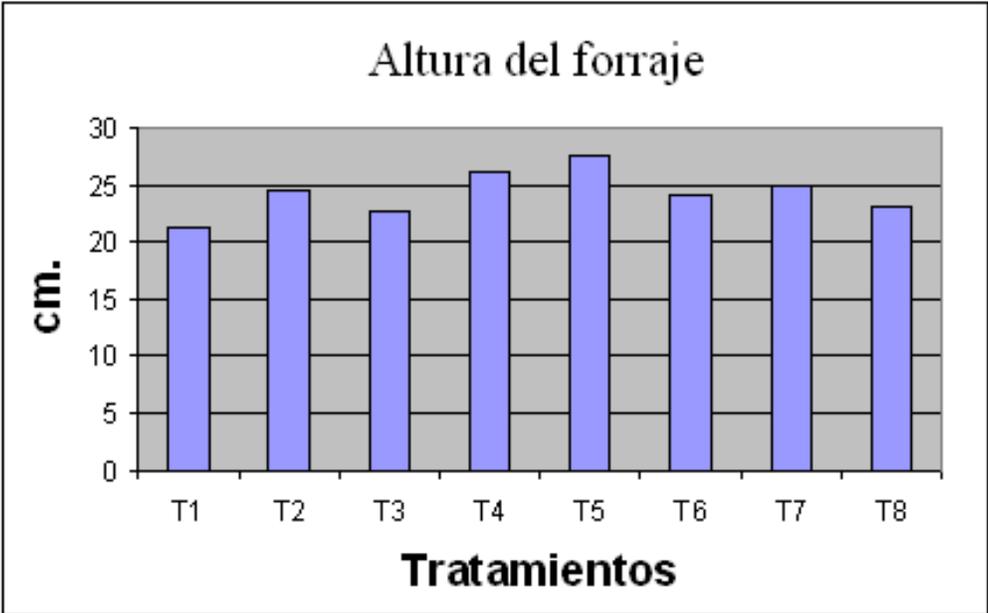
Nivel de Significancia = 0.01

DMS = 3.5623

Nota: En la Comparación de Medias, Obsérvese que las Medias Estadísticamente Iguales se Identifican con la Misma Letra.

Cuadro 8. Comparación de Medias (DMS) de la Altura del forraje(cm.) en la Cosecha.

Figura 7.1.1. Altura del forraje a los 14 días



Rendimiento a los 14 Días “peso fresco del forraje”

El ANVA muestra que para esta variable no hay diferencia significativa, por lo que los tratamientos se comportan estadísticamente iguales (cuadro 9).

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	2.236938	0.319563	1.1336 NS	0.391
ERROR	16	4.510254	0.281891		
TOTAL	23	6.747192			

** Altamente significativo

* Significativo

NS. No Significativo

C.V. = 7.49 %

Cuadro 9. Análisis de Varianza de Peso Fresco del forraje (Kg.) en la Cosecha.

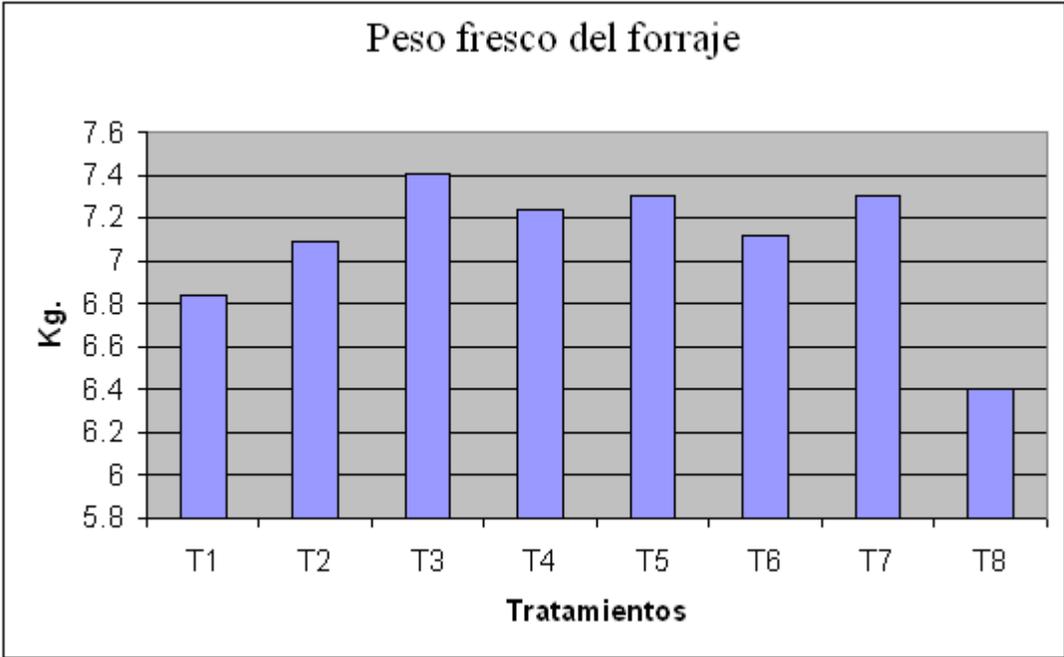
En las medias de los tratamientos se observa que aún cuando no hay diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento 3, 7 y 5 son los que tienen más peso fresco (cuadro 10).

Medias de peso de forraje por tratamiento.

Tratamiento	Media
3	7.4030
7	7.3030
5	7.3030
4	7.2360
6	7.1200
2	7.0860
1	6.8400
8	6.4030

Cuadro 10. Medias de Peso Fresco del forraje (Kg.) en la Cosecha.

Figura 7.1.2 Peso fresco del forraje



Resultados de las variables evaluadas en el laboratorio

Cuadro 11. Concentración de datos de los resultados obtenidos en el laboratorio.

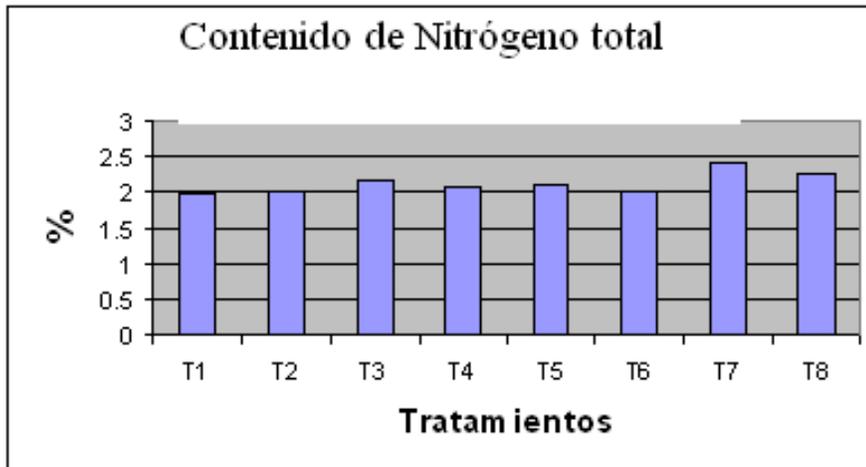
Trat/Variable	Altura (cm.)	Peso (Kg.)	Nitrógeno %	Grasa %	Fibra %	Proteína %	Ceniza %	Lignina %	Celulosa %
T1	21.3	6.84	1.97	0.15	20.64	11.51	5.74	1.88	10.78
T2	24.6	7.086	2.00	0.13	17.21	11.71	6.41	1.79	9.71
T3	22.7	7.403	2.17	0.14	18.89	12.62	5.70	1.86	10.66
T4	26.16	7.236	2.09	0.14	19.31	12.24	6.31	1.92	10.42
T5	27.6	7.303	2.11	0.14	17.27	12.29	8.21	2.71	10.34
T6	24.16	7.12	2.03	0.14	16.93	11.84	7.37	2.39	10.37
T7	24.83	7.303	2.42	0.16	19.48	14.09	7.19	2.41	10.68
T8	23.16	6.403	2.26	0.14	18.73	13.18	5.70	2.12	10.57

En el cuadro No. 11. de concentración de datos se observan los resultados obtenidos en el laboratorio.

Porcentaje de Nitrógeno

En esta variable se observa que el tratamiento 7 es el que mayor cantidad de nitrógeno reportó con 2.42 % y el tratamiento 1 (testigo) fue el que reportó el valor más bajo. El contenido de nitrógeno está relacionado con el contenido de proteína a mayor nitrógeno más proteína (figura 7.2.1).

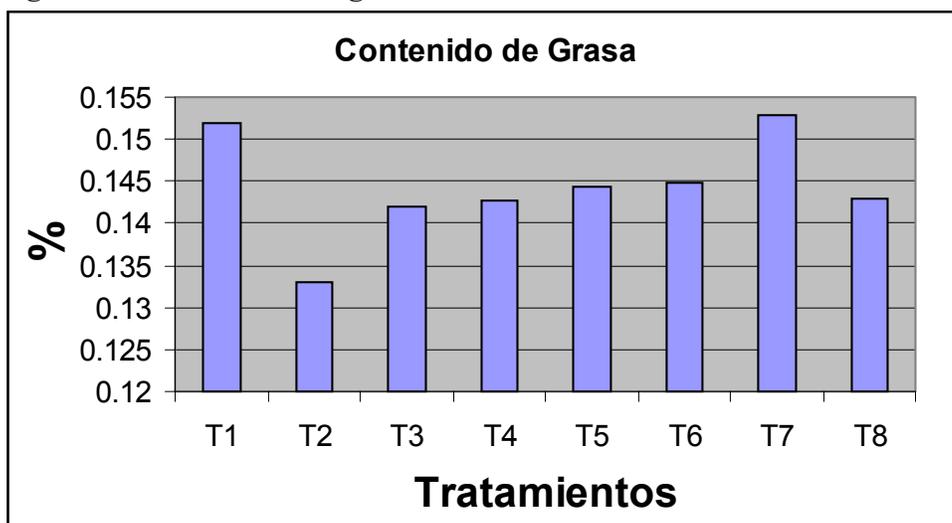
Figura 7.2.1 Contenido de nitrógeno total



Por ciento de grasa

Se observa que igual que en la variable anterior el tratamiento que reportó mayor cantidad fué el tratamiento 7 con 0.16 % seguido por el tratamiento 1 (testigo) con 0.15 % (figura 7.2.2.).

Figura 7.2.2 Por ciento de grasa

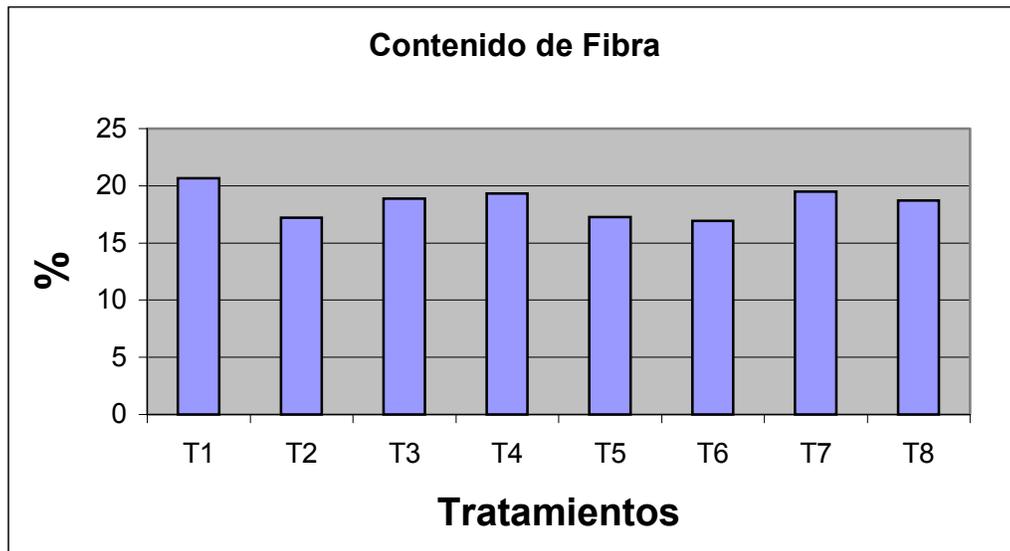


Porcentaje de fibra

El tratamiento que reportó mayor cantidad de fibra fue el tratamiento 1 (testigo) con 20.64 % seguido por el tratamiento 7 con 19.48 %, este porcentaje de fibra comprende la degradable (celulosa y hemicelulosa) y la no degradable (lignina). (figura 7.2.3.).

Entre menor sea el contenido de fibra del alimento, tarda menos tiempo en pasar por el rumen de los animales. Lo cual lo hace más digestible.

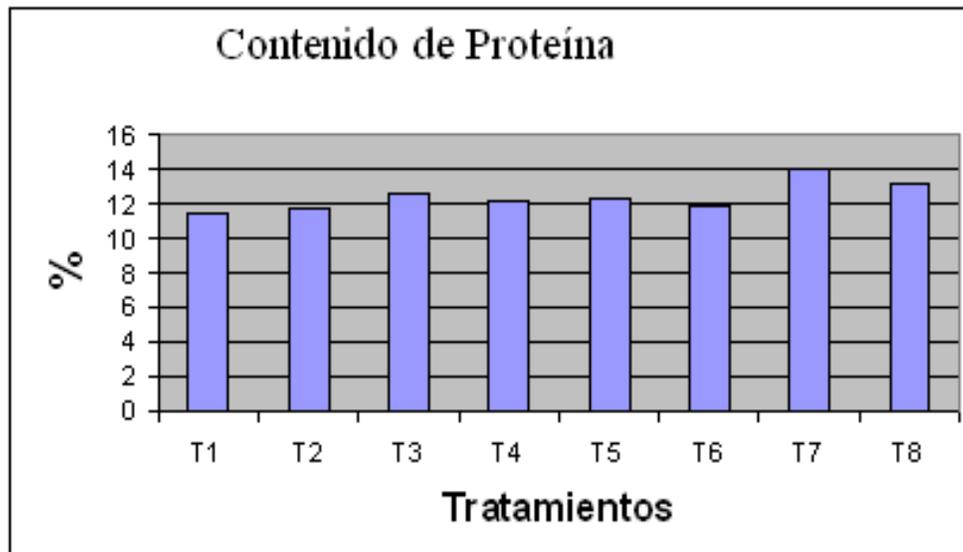
Figura 7.2.3 Porcentaje de Fibra



Por ciento de proteína

El más alto reporte en proteína fué del tratamiento 7 con 14.09 %, siendo el tratamiento 1 (testigo) el que menor porcentaje reportó 11.15%. Esta variable se correlaciona con la variable del % de nitrógeno ya que al tener más contenido de nitrógeno hay más contenido de proteína (figura 7.2.4).

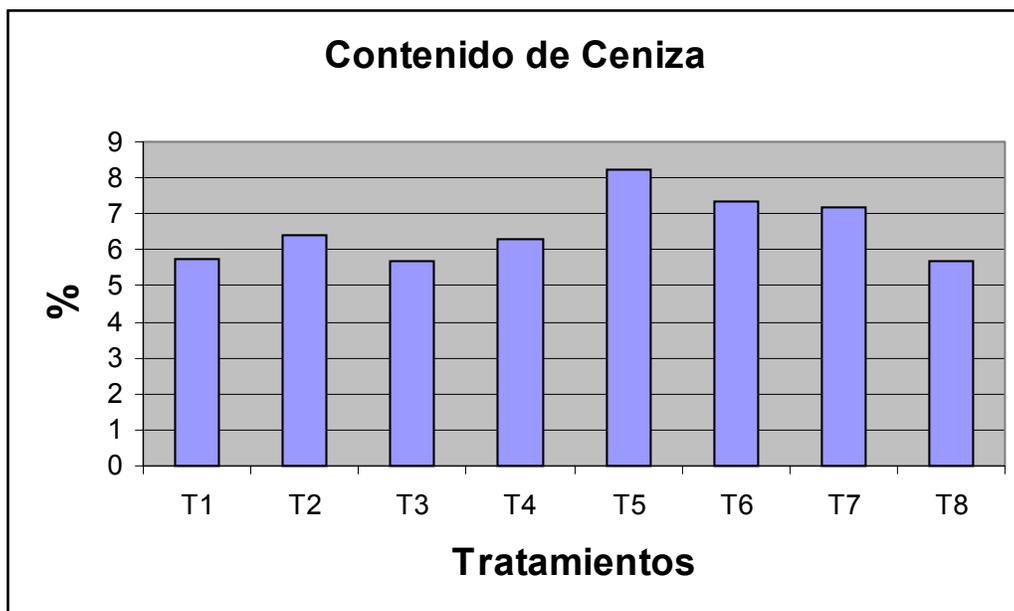
Figura 7.2.4 Por ciento de Proteína



Por ciento de ceniza

El tratamiento que reportó mayor porcentaje de ceniza fué el 5 con 8.21 , seguido por el tratamiento 6 con 7.37 % y el tratamiento 7 con 7.19 % (figura 7.2.5).

Figura 7.2.5 Por ciento de ceniza

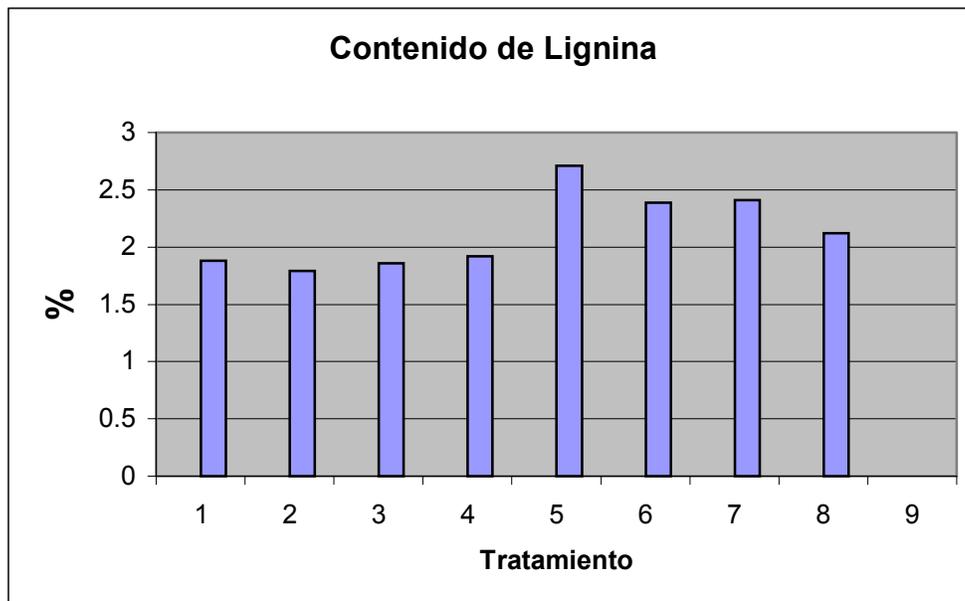


Por ciento de lignina

El tratamiento que reportó mayor contenido de lignina fué el No.5 con 2.71 % seguido por el tratamiento 7 con 2.41 %, el tratamiento 1 (testigo) reportó 1.88 %. (figura 7.2.6.).

Lo anterior concuerda con lo reportado por (Van Soest J.P. 1964) que menciona que el contenido de lignina en los forrajes inmaduros se encuentra alrededor del 2 % y que puede llegar hasta un 15 % en forrajes maduros.

Figura 7.2.6 Por ciento de Lignina

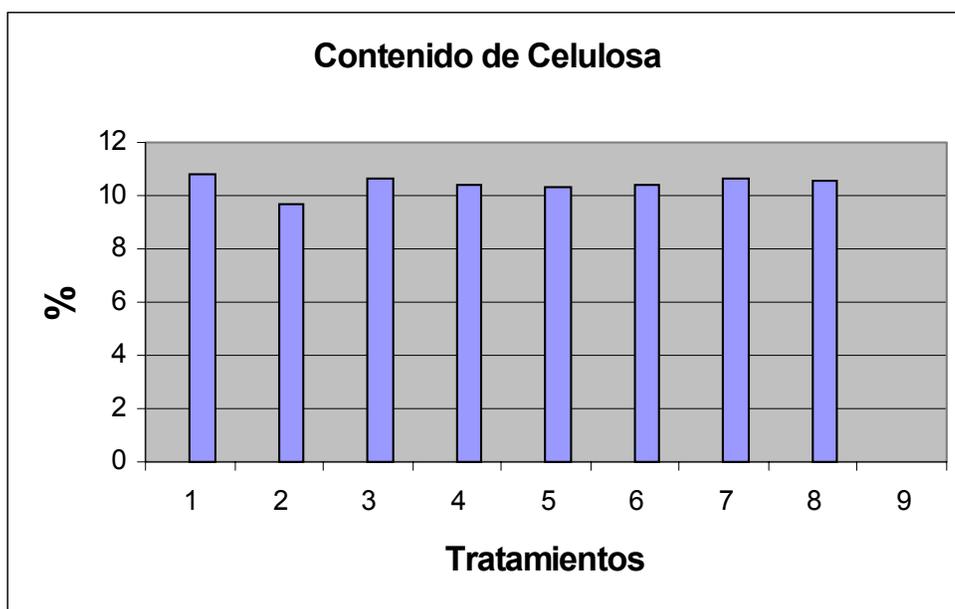


Porciento de celulosa

El contenido de celulosa más alto lo reportó el tratamiento 1 (testigo) con 10.78, seguido por el tratamiento 7 con 10.68 %, reportando el tratamiento 2 el menor contenido con 9.71 % (figura 7.2.7).

El contenido de celulosa se relaciona con la energía que obtiene el animal, ya que a más contenido hemicelulósico más energía obtiene debido a que la celulosa es degradada por los microorganismos que el animal tiene en el rumen, ya que los desdoblan para convertirla en azúcares.

Figura 7.2.7 Porciento de Celulosa



CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Es factible la producción de forraje verde hidropónico substituyendo la solución nutritiva de síntesis química con abonos orgánicos.
- El rendimiento en peso de forraje por cantidad de semilla utilizada se incrementó con el uso de abonos orgánicos ya sea en combinación con fertilización química, tratamiento No.3 (solución química + líquido de composta) ya que todos los tratamientos en donde se utilizó abono orgánico sobresalieron al tratamiento No.1 (testigo) que reportó los menores rendimientos.
- La calidad del forraje fué mejor con el tratamiento No.7 (líquido de lombricomposta + líquido de composta) ya que es el que reportó el más alto contenido de proteína con 14.09 % y en general todos los tratamientos en que se utilizó abono orgánico sobresalieron al tratamiento No.1 (testigo) que reportó el contenido más bajo de proteína con un 11.51 %.

Todo lo anterior fué evaluado a los 14 días por lo que el forraje estaba tierno.

- Con el incremento en madurez del forraje aumenta el contenido de fibra de este y la calidad disminuye, debido a que las fracciones de la fibra son menos digestibles y requieren más tiempo para la digestión (Villalobos, J. C.).
- Lo anterior muestra que con los abonos orgánicos podemos producir forraje en el mismo tiempo que cuando se usa solución nutritiva de síntesis química y con una mayor calidad de forraje.
- Se acepta la hipótesis ya que sí es posible obtener forraje de mayor calidad y con mayor rendimiento utilizando abonos orgánicos.
- El mejor tratamiento fué el número 7 (líquido de lombricomposta + líquido de composta).

LITERATURA CITADA

Aguirre Cardoso, A. 1990. Rentabilidad del sistema de producción de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) utilizando fertilizantes químicos y composta en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Almansa García, J. R. 1984 Producción de forraje por medio de sistemas hidropónicos en cámara de crecimiento.

Alonso Ruiz, N. 2004. Efecto de la aplicación de composta y lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*. L). Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Baudilio Juscafresa. 1974. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. Editorial: AEDOS, Barcelona.

Cantú, B. J. E. 1985. Apuntes de cultivos forrajeros. U. A. A. N. Unidad Laguna. Depto. De fitomejoramiento.

COLJAP. 1997. Aprende fácil cultivos hidropónicos No.9. Ediciones cultivares.

Cruz, M. S. Abonos orgánicos.

De la torre Mendoza, F. J. 2005. determinación de fertilización óptima e influencia de la radiación solar para la producción de forraje verde hidropónico de trigo (*Triticum aestivum* L.) en invernadero tipo túnel. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Domingo J. M. 2000 Producir Maíz Forrajero o Cultivos Forrajeros

Esparza Martínez, J. 1976. Estudio de líneas avanzadas para la obtención de cebada forrajera. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

FAO. 2001. Forraje verde hidropónico. Manual técnico; mejoramiento de la dispersión de alimentos en los Centros de desarrollo infantil del INNFA. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

García Pevia, I. 1988. Evaluación de 5 cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de Biozyme bajo condiciones de invernadero. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

García Valencia, O. 1963. El cultivo de cebada industrial en México. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Guarneros Altamirano, R. INIFAP- SAGAR. Campo experimental Aldama.

http://ranchonet.Com.mx/anifap_aldama/suple_prot_ener.htm

<http://www.comerciadonluis.com/nuestroproductos.htm>

http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Hughes. M. D, M. E. Heathy D. S. Metcalfe. 1978. Forrajes 5ª edición. CECSA. México.

Hutrwal, M. R. 1987. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. Editorial Mundi – Prensa.

Lees, 1983 Ganadería Hidropónica.

Leonard A; Jphn K; Harold F; Richard G. 1981 Nutricion animal. Editorial: McGRAW-HILL. Séptima edición. México.

López Martínez, O. 2003. Efecto de la aplicación de dos fertilizantes orgánicos en el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en condiciones de campo abierto. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mainardi, F. F. 1998. El cultivo biológico de hortalizas y frutales, Editorial DE VECCHI.

Manuales para la educación agropecuaria. Trigo, cebada, avena. Editorial Trilla. Área: Producción vegetal.

Morales Estrada, M. 1997. El pH y los materiales orgánicos. Tesis . UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Range wildlife and fisheries Departament. Suplementación de proteínas y energía para novillos y vacas en pastoreo. Texas Tech University.

Robles S. R. 1978. Producción de grano y Forraje 2ª Edición. LIMUSA.

Robles, S. R. 1975. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Cuarta edición.

Rodale, J. I. 1946. Abonos orgánicos. Editorial TRESEMES; Buenos Aires.

Sanchez, C. F. 1988. Un sistema de producción de plantas “ hidroponía” principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma de Chapingo.

SEP. 1988 Manuales para la educación agropecuaria.

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

Sosa de Pro, E. 979 Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México.

Valdivia B. E. 1997. Producción de forraje verde hidropónico. Conferencia internacional en Hidroponía Comercial. Del 6 al 8 de Agosto de 1997. UNA la Molina. Lima , Peru.