

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

***DIVISIÓN DE AGRONOMÍA***

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Efecto del Concentrado Sólido de Humus de Lombricomposta (*Eisenia foetida*) en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada (*Hordeum vulgare*)**

**Por:**

**HIPÓLITO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**Tesis**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Noviembre, 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Concentrado Sólido de Humus de Lombricomposta (*Eisenia foetida*) en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada (*Hordeum vulgare*)

Por:

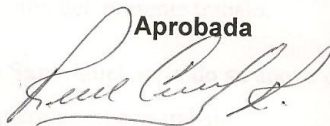
**HIPÓLITO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

Tesis

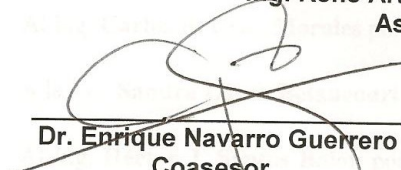
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

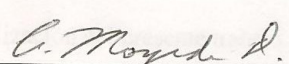
Aprobada



Ing. René Arturo de la Cruz Rodríguez  
Asesor Principal



Dr. Enrique Navarro Guerrero  
Coasesor



Ing. Alberto Moyeda Dávila  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2011

## *AGRADECIMIENTOS*

A **DIOS** por darme la vida y la fuerza necesaria para salir adelante, también por darme la oportunidad de culminar con mis estudios, uno de mis sueños más anhelados.

A la **UAAAN** por haberme brindado todos los apoyos y conocimientos necesarios para mi formación profesional. Gracias mi “Alma Terra Mater”

Al Ing. **René A. De la Cruz Rodríguez** por su amistad y sus consejos que me brindó para la realización del presente trabajo.

Al Dr. **Enrique Navarro Guerrero** por su amistad, comentarios y sugerencias que me brindó para la llevar a cabo el presente trabajo.

Al Ing. **Alberto Moyeda Dávila** por su amistad, apoyo, comentarios y sugerencias que me brindó para la elaboración del presente trabajo.

Al TLQ. **Carlos Arévalo Sanmiguel** por todo su apoyo que me ofreció para realizar los análisis de laboratorio requeridos en este trabajo.

Al Ing. **Carlos E. Cruz Morales** por su apoyo en la realización del presente trabajo.

A la Lic. **Sandra López Betancourt** por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Al Ing. **Héctor J. Santos Bolón** por sus comentarios y sugerencias para la realización del presente trabajo.

A mis amigos **Michelle, Francisco, Rafael, Silvano, David y Antonio** por todos los momentos que vivimos, su amistad y apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

*Pascual Hernández Santos y Patricia Hernández de la Cruz*

*Para ustedes con todo mi amor, a quienes les dedico este trabajo por darme la oportunidad de continuar con mis estudios, por los sacrificios y preocupaciones, por sus consejos que siempre fueron indispensables, por apoyarme para lograr uno de mis grandes sueños. ¡Los Amo!*

### **A MIS HERMANOS**

*Pascual de Jesús y Guadalupe con todo mi cariño para ustedes, gracias por formar parte de mi vida, les deseo lo mejor. ¡Los Quiero!*

### **A MIS ABUELITOS**

*Cesar y Antonia, Felipe y Areli se los dedico con todo mi respeto y amor, gracias por todos sus consejos y apoyo, siempre los tendré en mi mente.*

*A las familias González Avendaño, Hernández Cruz y Moreno Hernández por todo su apoyo, consejos y aliento, que fueron indispensables para concluir con mi formación profesional.*

*A todos mis familiares que forman parte de mi vida y que siempre me ofrecieron su apoyo incondicional.*

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVO ESPECÍFICO .....	3
HIPÓTESIS .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<i>Situación actual de la ganadería en las zonas áridas y semiáridas de México</i> .....	4
<i>Mortandad de ganado por helada y sequía</i> .....	5
<i>Hidroponía</i> .....	5
<i>Importancia de la hidroponía</i> .....	6
<i>Ventajas de la hidroponía</i> .....	7
<i>Desventajas de la hidroponía</i> .....	8
<i>Forraje Verde Hidropónico</i> .....	10
<i>Ventajas de la Producción de FVH</i> .....	11
<i>Desventajas de la Producción de FVH</i> .....	12
<i>Recomendaciones para la alimentación animal</i> .....	13
<i>Resultados obtenidos en vacas lecheras</i> .....	15
<i>Metodología de producción</i> .....	17
<i>Factores que Influyen en la Producción</i> .....	19
<i>Fertilizantes orgánicos</i> .....	22
<i>Lombricultura</i> .....	22
<i>Elementos básicos para el desarrollo de la lombricultura</i> .....	23
<i>Tipo de lombrices</i> .....	24
<i>Características morfológicas</i> .....	25
<i>Sistema digestivo</i> .....	26
<i>Sistema respiratorio</i> .....	26
<i>Sistema reproductivo</i> .....	27
<i>Factores a considerar en el manejo de desechos con lombrices</i> .....	27
<i>Ventajas de la lombricultura</i> .....	28
<i>Para establecer una cama con lombrices</i> .....	28
<i>Como cosechar el abono producido por la lombriz</i> .....	29
<i>Biodigestado líquido</i> .....	30
<i>Cultivo de cebada</i> .....	30
<i>Información general de los productos utilizados</i> .....	31

<i>Humus de lombriz</i> .....	31
<i>FertiDrip N20-P30-K10 + MICROELEMENTOS</i> .....	31
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>33</b>
<i>Ubicación y localización</i> .....	33
<i>Material genético</i> .....	33
<i>Materiales utilizados</i> .....	33
<i>Descripción de los tratamientos</i> .....	35
<i>Riego</i> .....	36
<i>Variables evaluadas</i> .....	37
<i>Diseño experimental</i> .....	39
<i>Análisis estadístico</i> .....	39
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>40</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>52</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
1.	Análisis de proteína de una planta completa con diferentes días de siembra o de desarrollo de la planta.....	12
2.	Dosis de FVH recomendadas según especie animal.....	14
3.	Comparación del forraje verde hidropónico.....	15
4.	Elementos minerales esenciales para las plantas.....	20
5.	Diferencias entre lombrices composteras y nativas.....	25
6.	Composición porcentual en ppm de Fertidrip N20-P30-K10 + MICROELEMENTOS.....	32
7.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en forraje verde hidropónico en cebada.....	40
8.	Medias de las variables evaluadas en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	41
9.	Medias de la variable peso (kg) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	42
10.	Medias de la variable altura (cm) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	43
11.	Medias de la variable materia seca (%) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	45
12.	Medias de la variable nitrógeno (%) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	46
13.	Medias de la variable proteína cruda en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. Diferencias de producción de leche con FVH (Arano, 1998).....	16
2. Cantidad de grasas en el ensayo de producción lechera con FVH (Arano, 1998).....	16
3. Peso promedio del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos. ....	42
4. Altura promedio del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos. ....	44
5. Porcentaje de materia seca del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos. ....	45
6. Porcentaje de nitrógeno del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos. ....	47
7. Porcentaje de proteína cruda del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos. ....	48



## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el invernadero del departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y consistió en la evaluación de diferentes tratamientos de concentrado sólido de humus de lombricomposta (*Eisenia foetida*), para conocer su efecto en la producción y porcentaje de proteína cruda (PC) en forraje verde hidropónico (FVH) en cebada (*Hordeum vulgare*).

Se utilizó semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) producida y beneficiada por la universidad para obtener la producción de FVH, concentrado sólido de humus de lombricomposta y un fertilizante químico (fertidrip) en el testigo. Los primeros tres días de producción se regó solo con agua, a partir del cuarto día se regaron todos los tratamientos, excepto el testigo, con una combinación de concentrado de humus de lombricomposta y fertidrip, los últimos tres días también se regaron solo con agua.

Se utilizó un diseño completamente al azar para analizar los datos, los resultados obtenidos mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, la proteína tuvo un incremento de hasta 2.54% en los tratamientos en relación con el testigo.

**Palabras clave:** Forraje Verde Hidropónico, Concentrado de Humus de Lombricomposta, Germinación, Producción y Proteína Cruda.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) resulta de la germinación de semillas, principalmente de gramíneas, y proporciona una biomasa vegetal de alto valor nutricional, en periodos cortos de tiempo que van de los 9 a los 15 días. Este proceso si se cuenta con las condiciones apropiadas (agua, temperatura, iluminación y nutrimentos), permite producir forraje de forma intensiva en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica.

Los animales consumen la planta prácticamente en su totalidad, raíces, tallos, hojas y restos de semillas del FVH y obtienen proteína, energía, vitaminas y minerales. La eficiencia en la producción de FVH depende de factores tales como la densidad de siembra, tipo de semilla y días de cosecha (Henríquez, 2000, citado por Herrera, et al. 2010), los cuales influyen en su calidad nutritiva. Con el FVH se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino, cunícola y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados (Money, 2005, citado por Vargas, 2008). La producción de forraje verde hidropónico representa una alternativa importante para afrontar las dificultades de alimentación en rumiantes en zonas áridas y semiáridas (López, *et al.* 2009, citado por Herrera, et al. 2010).

En la actualidad en muchas partes del mundo es común observar como innumerables cantidades de animales, principalmente domésticos, mueren por la falta de forraje, heno, ensilaje o grano, todo esto provocado por fenómenos meteorológicos en algunos casos atípicos; por lo que es necesario buscar

nuevas fuentes de alimento que permitan obtener forraje con una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales y en el menor tiempo posible.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las extremas condiciones climatológicas que prevalecen actualmente, ocasionan innumerables problemas que van desde heladas, inundaciones y más comúnmente prolongadas sequías, alta evaporación, pérdida de suelo, aguas de riego de baja calidad, lo que ocasiona baja producción de forraje y periodos críticos en los que no es posible contar con suficiente alimento para el ganado, con graves pérdidas para los productores agropecuarios. Es por ello que el FVH es una buena alternativa para proveer de alimento al ganado ya que el forraje producido en corto tiempo, puede ser utilizado como suplemento o complemento de la dieta de los animales por su calidad, palatabilidad y excelente valor nutritivo.

De acuerdo con lo anterior, es conveniente utilizar la técnica de producción de FVH además de aprovechar mejor los fertilizantes orgánicos como el humus o concentrado sólido de lombricomposta en la producción de forraje de gramíneas como la cebada.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el concentrado sólido humus de lombricomposta (*Eisenia foetida*), para conocer el efecto en la producción y porcentaje de proteína cruda en forraje verde hidropónico en cebada.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Conocer el efecto de humus sólido de lombricomposta en la imbibición de la semilla en diferentes concentraciones.
- Aplicar el concentrado sólido de humus de lombricomposta, en combinación con un fertilizante químico en el riego.
- Determinar el porcentaje de proteína cruda del forraje.

## **HIPÓTESIS**

- El concentrado sólido de humus de lombricomposta en la imbibición de la semilla incrementa la producción y el porcentaje de proteína cruda en el forraje.
- El concentrado sólido de humus de lombricomposta en combinación con un fertilizante químico aplicado en el riego aumenta la producción y el porcentaje de proteína cruda.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **Situación actual de la ganadería en las zonas áridas y semiáridas de México**

Las zonas áridas y semiáridas se localizan principalmente en el norte del país, y ocupan cerca del 50% del territorio nacional e incluye los Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Baja California Norte y Sur, Sonora, Zacatecas y Nuevo León, principalmente. Presenta subregiones que están determinadas por la altura sobre el nivel del mar, que van desde cero hasta poco más de 3,000 metros, su clima es seco, árido y la evaporación excede a la precipitación. Se tiene un período de lluvia definido en los meses de verano, de junio a septiembre y presenta una precipitación que va desde 150 a 600 mm, la temperatura varía de -15°C a 50°C con un promedio de 22°C (Canizal y Rivera, 2007).

En algunos lugares predominan los pastizales abiertos como el zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), Toboso (*Hilaria mutica*) y alcalino (*Sporobolus airoides*), otras especies encontradas son los magueyes, (Agaves), Nopales, (Opuntias), arbustos leñosos y espinosos como los Huizaches (Acacias) y Mezquites (Prosopis). Tienen un coeficiente de agostadero de 10 a 50 has. por unidad animal. Se cuenta con recursos forrajeros de corte; se siembra con temporal y riego: maíz, avena, cebada, sorgo, etc.; constituyendo estos forrajes un auxilio a la ganadería de carne y leche. Recientemente en las áreas de riego se ha introducido la siembra de praderas de ballicos (*Lolium spp.*) con el fin de iniciar

la engorda de becerros de destete destinados a la producción de carne. Esta práctica se ha extendido hacia la región templada, y puede considerarse como ganadería de tipo intensivo con pastoreo rotacional. Uno de los problemas que se encuentran en esta región es el sobrepastoreo, la erosión del suelo, invasión de plantas arbustivas menos deseables, plantas tóxicas y la invasión de roedores. Otra causa es la falta de cercas, agujajes, abrevaderos, división de potreros, practicas complementarias de alimentación, manejo de ganado y pastoreo (Canizal y Rivera, 2007).

### **Mortandad de ganado por helada y sequía**

En lo que va de este año 2011 han muerto miles de cabezas de ganado, en los estados de Coahuila, Sonora, Nuevo León y tan solo en el estado de Chihuahua se registró la muerte de más de 140 mil cabezas de ganado, porque las fuertes heladas acabaron con el pasto de la región, ya que el animal requiere de más proteína para defenderse del frío; además, no fue posible sembrar forrajes de temporal por la falta de lluvias provocando así un déficit grave de alimento, esta fue la peor catástrofe para el sector ganadero en los últimos 130 años. ([www.lapoliciaca.com](http://www.lapoliciaca.com)). La sequía atípica que afecta en Coahuila ha causado la muerte de cerca de seis mil cabezas de ganado, de las cuales tres mil fueron de ganado bovino y el resto de caprino ([www.2000agro.com.mx](http://www.2000agro.com.mx)).

### **Hidroponía**

Aunque la definición *per se* del término hidroponía se refiere al cultivo en agua, el término se aplica también al sistema de cultivo que se da en ausencia de suelo y empleando material sólido, mineral u orgánico, carente de nutrimentos, como medio de soporte para las plantas, pero se provee en el agua de riego los nutrimentos que precisan éstas para su adecuado desarrollo. Flores (2010)

con base en el trabajo de Resh (2001) y Mengel y Kirkby (1978) resumió la historia de la hidroponía partiendo de 1699, cuando John Woodward descubrió que no solo el agua, sino también el suelo proveía las sustancias nutritivas a las plantas; sin embargo, fue hasta los 1800's, con los avances en la química, que se pudo ahondar en la naturaleza de dichas sustancias nutritivas aislándolas como minerales. Dos siglos más tarde, en 1804, De Saussure expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire; en 1851 Boussingault comprobó este principio. Posteriormente en 1861 y 1869 Knop y Sachs lograron el cultivo de plantas en soluciones de agua que contenían solo los minerales determinados con anterioridad; así, fue que surgió lo que se conoce como *nutricultura* (cultivo nutrimental). Estas primeras investigaciones demostraron que se podía conseguir un crecimiento normal de las plantas sumergiendo sus raíces en una solución que tuviese sales de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B y Cl, elementos químicos esenciales conocidos actualmente como *nutrimentos*.

### **Importancia de la hidroponía**

La hidroponía es una tecnología de cultivo alternativo, no depende de la estación del año y es de especial importancia en aquellos casos en que no se cuenta con suelo agrícola, ni grandes cantidades de agua (Schwarza, et al. 2005).

Mientras que Rodríguez (2003), menciona que la hidroponía como técnica de producción agrícola sirve para intensificar el rendimiento de los cultivos. En la actualidad, uno de los problemas más preocupantes en el mundo es la insuficiencia de los alimentos, tanto de origen animal como vegetal. Es bien sabido que la cadena alimenticia se inicia en las plantas, que son el sustento de los animales y estos, a su vez, nos proveen de alimentos y productos diversos.

Esta cadena se altera por la limitación de áreas para la producción de forrajes, por la falta de tecnología y la baja productividad de las tierras, lo cual ha llevado a desarrollar nuevos métodos de producción de alimentos para el ganado. Uno de estos métodos es, precisamente, la técnica de forraje verde hidropónico, que ofrece numerosas e interesantes ventajas desde el punto de vista económico, sobre todo en cuanto al espacio del cultivo, la mano de obra, los gastos operacionales, la calidad del alimento, la obtención del mismo en tiempo de secas y una visible disminución en la relación producción-costos.

### **Ventajas de la hidroponía**

Barbado (2005) menciona que entre las ventajas de la hidroponía están las siguientes:

- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Permite la producción de semilla certificada.
- Independencia de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas contra estación.
- Menos espacio y capital para una mayor producción.
- Ahorro de agua que se puede reciclar.
- Ahorro de agua e insecticidas.
- Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Alto porcentaje de automatización.
- Generación de empleo genuino urbano o suburbano y/o rural.
- Balance ideal de aire, agua y nutrientes.
- Humedad uniforme.



- Excelente drenaje.
- Permite una mayor densidad de población.
- Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento.
- Perfecto control de pH.
- Más altos rendimientos por unidad de superficie.
- Mayor calidad del producto. Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta.
- Posibilidad de varias cosechas al año.
- Uniformidad en los cultivos.
- Se requiere mucha menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento del suelo.
- Proporciona excelentes condiciones para semillero.
- Se puede utilizar agua con alto contenido de sales.
- Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas y minerales.
- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y los riesgos de la erosión.
- La recuperación de lo invertido es rápida.

### **Desventajas de la hidroponía**

Anteriormente mencionamos lo que es la hidroponía, las razones por las cuales practicarla y las ventajas que representa. Sin embargo, al igual que todo, también tiene ciertas desventajas, las cuales es necesario estar consciente de que existen para poder minimizar su impacto, como se comenta en [horticulturaefectiva.blogspot.com](http://horticulturaefectiva.blogspot.com).

- Por sí sola no asegura rendimientos superiores.

Uno de los problemas más grandes que existen en torno a la hidroponía, es que muchas veces se exaltan demasiado sus características positivas y se hace caso omiso de que, al igual que cualquier otro sistema de cultivo tiene sus puntos débiles. De esta manera los productores quedan en el entendido de que con adoptar la hidroponía sus plantas crecerán mejor y los rendimientos aumentarán, siendo que este no ocurre así, pues es verdad que este sistema permite un mejor desarrollo de los cultivos, pero se requiere hacer énfasis en muchos aspectos más ya que por sí sola no garantiza el éxito.

- El cuidado de los “detalles” es lo que otorga el éxito o el fracaso.

El hecho de adoptar la hidroponía como sistema de cultivo no facilitará la vida de los productores como muchos suponen, en lugar de eso requerirá de mayor atención de los mismos. Se debe entender que este sistema es más específico y requiere de una mayor atención a los pequeños detalles, que a la larga son los que llevarán al éxito o fracaso de la producción. En este sistema la programación de los tiempos debe ser precisa y no es posible saltarse actividades, la solución nutritiva se debe mantener siempre balanceada de acuerdo a las necesidades de las plantas, y este balance se puede modificar de un día para otro, por lo cual un cultivo en hidroponía no se puede estar revisando cada dos o tres días, si no que es un trabajo de tiempo completo.

- Plantas demasiado dependientes.

En la hidroponía se le brinda a las plantas las condiciones para su desarrollo, si no las óptimas si las más adecuadas; esto con el propósito de evitar que sufran estrés por competir con las demás por agua, luz y nutrientes. Sin embargo, lo anterior conlleva a que las plantas se vuelvan demasiado susceptibles al más ligero cambio y sus capacidades de adaptación se ven minimizadas, pues se

vuelven dependientes del hombre por completo. Por ello la atención en todo momento a cultivos en hidroponía es crucial, pues es fácil que sufran desbalances nutrimentales o alteraciones severas si se afecta el abastecimiento de oxígeno y agua.

- Inversión inicial alta.

Esta es la desventaja que más se conoce, pues el desembolso de dinero que hay que hacer en un inicio para instalar un sistema hidropónico es generalmente alto. Es necesario pagar bombas, llaves de paso, tubería, filtros, contenedores (bolsa, tinas, etc.), sustrato, tinacos o cisterna, y muchas cosas más. Si se realiza el proyecto de manera adecuada es posible recuperar la inversión en poco tiempo, pero esto solo ocurre cuando se conocen y explotan adecuadamente las ventajas de la hidroponía. En la mayoría de los casos, al ser inversiones considerables, estas se recuperan a mediano y largo plazo.

### **Forraje Verde Hidropónico**

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía lo que algunos autores mencionan que se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1992 y Níguez, 1988 citado por Sánchez, 2001).

El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Pérez, et al. 1987; Hidalgo, 1985; Morales, 1987, citados por Sánchez, 2001).

### **Ventajas de la Producción de FVH**

De acuerdo con varios autores citados por Sánchez, 2001 las ventajas son:

-Ahorro de agua. En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras.

-Eficiencia en el uso del 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.

- Inocuidad. El FVH representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción.

-Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días, no es conveniente

extenderse más allá del día 12 ya que a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional como se muestra en el Cuadro 1 de acuerdo al manual práctico de producción de forraje verde hidropónico de Esparza (2007).

Cuadro 1. Análisis de proteína de una planta completa con diferentes días de siembra o de desarrollo de la planta.

<b>Cantidad Sembrada por Bandeja (gr)</b>	<b>Días de Siembra</b>	<b>Humedad</b>	<b>Proteína Total (%)</b>
1000	14	84.9	13.4
	13	81.0	13.3
	12	82.1	17.4
	11	85.0	16.8
	10	91.1	13.8

### **Desventajas de la Producción de FVH**

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

-Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja para la producción de FVH.

-Costo de instalación elevado. Una desventaja que presenta este sistema es el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernaderos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados.

## **Recomendaciones para la alimentación animal**

Con el uso de forraje verde hidropónico se pueden obtener excelentes resultados en la alimentación de vacunos, y otros animales. La relación de producción es de 1 a 9, o sea que con cada kilogramo de semilla utilizado se obtienen 9 kilogramos de forraje verde hidropónico. No es difícil el llegar a relaciones de 1 a 12 o más. Su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad, a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos. Para la alimentación de vacunos se suelen suministrar de 12 a 18 kilogramos del forraje en cuestión por día, para ganado de leche se deben de repartir en dos raciones, generalmente a las horas de los ordeños, suprimiendo otros complementos, como los concentrados, la anterior ración es suficiente para complementar en forma adecuada la dieta de una vaca lechera al aportar hasta 1800 gramos de proteína por día (Esparza, 2007).

El Cuadro 2 nos brinda información sobre las dosis en que puede ser usado el FVH para diversas especies de animales, siendo necesario hacer otra investigación para ajustar los consumos diarios en función del peso vivo del animal, raza, y estado fisiológico o reproductivo.

Cuadro 2. Dosis de FVH recomendadas según especie animal.

<b>Especie Animal</b>	<b>Dosis de FVH Kg por cada 100 kg de peso vivo</b>	<b>Observaciones</b>
Vaca Lechera	1-2	Suplementar con paja de cebada y otras fibras
Vacas Secas	0.5	Suplementar con fibras de buena calidad-
Vacunos de Carne	0.5-2	Suplementar con fibra normal.
Cerdos	2	Crecen más rápido y se reproducen mejor.
Caballos	1	Agregar fibra y comida completa. Mejoran performance en caballos de carrera, paso y tiro.
Ovejas	1-2	Agregar fibra
Conejos	0.5-2 (*)	Suplementar con fibras y balanceados.
Aves	25 kg de FVH/ 100 kilos de alimento seco	Mejoran el factor de conversión.

Fuentes: Less, 1983; Pérez, 1987; Bravo, 1988; Sánchez, 1997; Arano, 1998. citados por Sánchez, 2001. (\*=conejos en engorde aceptaron hasta 180-300 g FVH/día (10-12% del peso vivo); ingesta de las madres en lactancia= hasta 500 g FVH/día.)

El FVH, tanto en su parte aérea como en su zona radicular, está en un crecimiento acelerado, por lo tanto, posee poco contenido de fibra y un alto contenido de proteína (Cuadro 3), parte de la cual se encuentra en formación, por lo que gran cantidad de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechados por los animales que las consumen.

Cuadro 3. Comparación del forraje verde hidropónico.

	F.V.H.	CONCENTRADO	HENO	PAJA
Energía (Kcal/kg.MS)	3.21	3.0	1.68	1.39
Proteína en Cebada (%)	25.0	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80.0	47.0	39
Kcal digestible/kg.	488	216	400	466
Kg Proteína digestible/Tm.	46.5	21.6	35.75	12.8

Fuente: Esparza, 2007

Mcal= 1.000 x Kcal

MS= Materia seca

F.V.H.= Forraje verde hidropónico

### Resultados obtenidos en vacas lecheras

En el trabajo reportado por Sánchez (2001) las condiciones del ensayo fueron las siguientes: i) 1a semana- se determinó la producción en kilos de leche antes del FVH, ii) 2da y 3a semana: se determinó la producción en kilos de leche con cantidades diarias crecientes de FVH y iii) 4a a 8a Semana: Ensayo propiamente dicho. Como vemos en las dos gráficas siguientes (Figuras 1 y 2) los resultados son aceptables en favor del uso de FVH tanto sea en la producción de leche como en la cantidad de grasa obtenida. El FVH que se utilizó era de cebada.



### Ensayo de Producción Lechera Promedio diario semanal

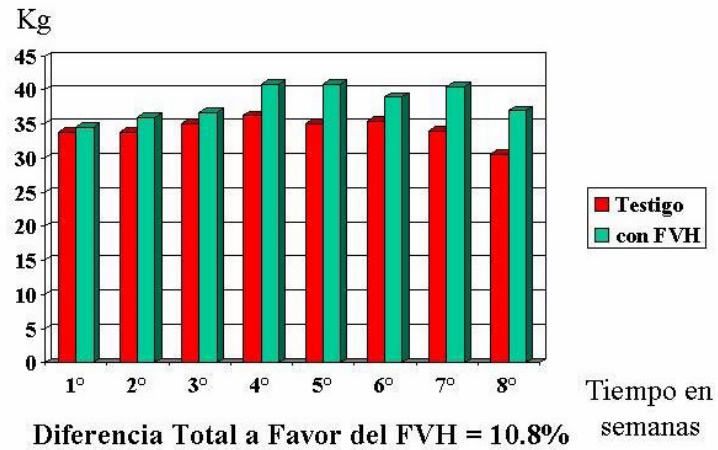


Figura 1. Diferencias de producción de leche con FVH (Arano, 1998)

### Cantidad de Grasas en el Ensayo de Prod. Lechera. Promedio diario semanal.

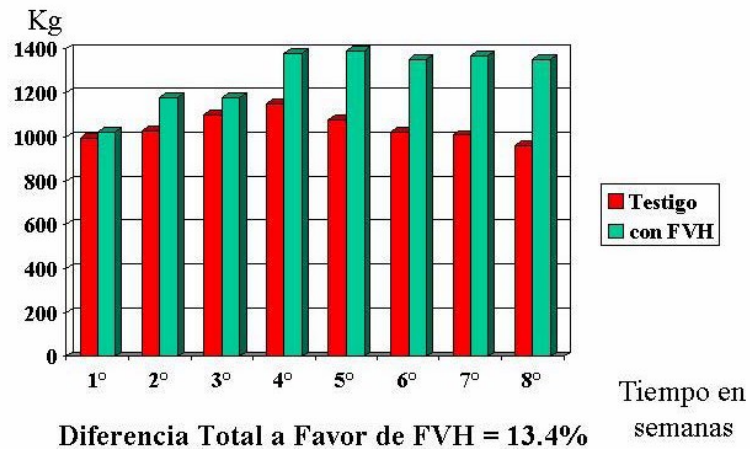


Figura 2. Cantidad de grasas en el ensayo de producción lechera con FVH (Arano, 1998)

## **Metodología de producción**

Esparza (2007) sugiere los siguientes pasos para el desarrollo del FVH:

-Selección de semilla. Se debe de utilizar semilla de cereales o leguminosas sin malezas, libres de plagas y enfermedades, evitar los transgénicos. No deben de provenir de lotes tratados con insecticidas o fungicidas. La humedad más deseable es de un 12% y debe de haber tenido un reposo para que se cumpla con los requisitos de madurez fisiológica. Los cultivos más comunes son: maíz, cebada, trigo y sorgo.

-Lavado. La semilla se sumerge en agua, con el fin de eliminar todo el material que flote, se drena y se sumerge en agua con un 3% de hipoclorito de sodio por tres minutos, después de este periodo se drena de nuevo, se le da un lavado rápido y se pasa a la pregerminación.

-Pregerminación. La semilla después de haber sido tratada, se humedece durante 24 horas con agua aireada (conviene en algunos casos el cambiar el agua); una vez cumplido éste tiempo, se drena el agua para que la semilla pueda respirar.

-Charolas. La siembra se hace en las charolas de manera muy cuidadosa para evitar daños al grano; la densidad de siembra será de acuerdo al grano a sembrar. Una vez sembrados, las charolas se colocan en el sitio permanente de desarrollo. A partir de éste momento se inician los riegos permanentes.

El riego se aplica con criterio de que el grano o la parte aérea deben de permanecer húmedas, evitando encharcamientos en las charolas. Después de retirar la cosecha, las charolas se deben de sumergir en una solución de

hipoclorito de sodio al 0.8% por 15 minutos, se retiran y se dejan secar sin enjuagar.

-Crecimiento. Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje son: la luz, temperatura, humedad, oxigenación y gas carbónico. La duración del día o fotoperiodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva ya que causa quemaduras sobre las charolas superiores, debiéndose cubrir el invernadero con malla sombra al 80 %. La temperatura ideal es de 21° C y debe ser lo más constante posible. El período de crecimiento dura de 10 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas, para obtener forraje con una altura promedio de 20 a 25 centímetros.

Como el cultivo de forraje hidropónico es un cultivo de raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá de establecer un ambiente con alta humedad relativa, mayor del 85%. Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y la evapotranspiración de las plantas. A la vez, es necesaria una buena aireación para obtener el intercambio gaseoso.

-Cosecha. Esta se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego. Como consecuencia obtendremos un gran tapete radicular, ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra. Este Tapete está formado por las semillas que no alcanzan a germinar, las raíces y la parte aérea.

## **Factores que Influyen en la Producción**

El éxito o fracaso de una empresa de cultivo hidropónico depende de:

### **Calidad de la Semilla**

El éxito del FVH comienza con la selección 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 de FVH (Sánchez, 2001).

### **Agua**

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

### **Luz**

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

### **Temperatura**

Es un factor indispensable para el desarrollo de las plantas. La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La

temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. La temperatura óptima oscila entre los 22 °C a 25 °C (Díaz, 2007).

## Nutrición

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

Los elementos esenciales (Cuadro 4) para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en sales y sustancias químicas compuestas.

Cuadro 4. Elementos minerales esenciales para las plantas.

<b>Elementos Minerales</b>	<b>Símbolo Químico</b>
<b>MACRONUTRIENTES</b>	
Nitrógeno	N
Fosforo	P
Potasio	K
Calcio	Ca
Magnesio	Mg
Azufre	S
<b>MICRONUTRIENTES</b>	
Hierro	Fe
Manganeso	Mn
Zinc	Zn
Boro	B
Cobre	Cu
Molibdeno	Mo
Cloro	Cl

Fuente: La empresa hidropónica de mediana escala FAO

Se debe recordar siempre que todas las sales minerales utilizadas para la preparación de la solución nutritiva deben ser de alta solubilidad. El no usar sales minerales de alta solubilidad, nos lleva a la formación de precipitados. Este fenómeno es un factor negativo para nuestro cultivo de FVH dado que a consecuencia de ello, se producen carencias nutricionales de algunos elementos (Sánchez, 2001).

## Instalaciones

La unidad de producción de FVH debe estar ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a esta; y que existan periodos de déficit nutricional a consecuencia de la ocurrencia de condiciones agrometeorológicas desfavorables para la producción normal de forraje (sequías recurrentes, inundaciones) o simplemente suelos malos o empobrecidos.

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que este protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica. Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que va desde aquellas más simples construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control como relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de CO<sub>2</sub>, (Sánchez, 2001).

## **Fertilizantes orgánicos**

Durante la Revolución Verde en México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de nitrógeno y fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la agricultura por siglos (Arredondo, 1996).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero, *et al.* 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

## **Lombricultura**

El uso de desechos orgánicos en las comunidades rurales es una práctica antigua y frecuente, buscando con ello mejorar el contenido de materia orgánica del suelo para mantener la fertilidad del mismo. Entre los desechos orgánicos aplicados al suelo están los rastrojos, estiércoles, pulpa o cascarilla de café,

bagazo y cachaza proveniente de ingenios, entre otros. Sin embargo la aplicación de estos desechos no contempla ningún manejo previo en la mayoría de los casos ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

Una de las alternativas de manejo que permiten mejorar las características microbiológicas de los desechos orgánicos es la lombricultura o vermicultura, actividad que inicia su desarrollo en los Estados Unidos a finales de la década de los años cuarenta y principios de los cincuenta. En América latina se inicia su desarrollo a principios de 1980; también es bien conocido el desarrollo alcanzado en países como Suiza, Holanda, España, Cuba, Japón, Canadá y Colombia, entre otros y más recientemente en México ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

### **Elementos básicos para el desarrollo de la lombricultura**

- Agua. Debe estar limpia y libre de contaminantes, además de estar cerca el lugar donde se va a establecer el proyecto. La cantidad de agua requerida es mínima siempre y cuando se realicen los riegos con estricto control.
- Desechos. De preferencia deben producirse dentro del sistema productivo; la compra de desechos encarece los costos y su uso, en un momento dado, puede llegar a no ser rentable.
- Espacio o terreno. El espacio está en función de la cantidad de desechos, de los objetivos del productor y de su capital, por lo que es muy variable.
- Lombrices. Para dedicarse a la lombricultura se requiere de lombrices especializadas que reúnan los requisitos que se describen en el siguiente párrafo; las lombrices nativas no pueden utilizarse debido a que su comportamiento es muy diferente ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).



## Tipo de lombrices

De acuerdo a la literatura, se estima que hay en el planeta más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*); sin embargo para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm. Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son *Eisenia foetida* (coqueta roja) y *Eisenia andrei* (lombriz roja de California), especies utilizadas en el 80% de los criaderos a nivel mundial. Se habla de otras especies que pueden sobrevivir con altas concentraciones de desechos, sin embargo presentan cierta preferencia hacia algunos desechos; ellas son: *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Bimastus Sp* Y *Eudrillus eugeniae* ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

Cuadro 5. Diferencias entre lombrices composteras y nativas.

<b>Características</b>	<b><i>Eisenia foetida</i></b>	<b><i>Eisenia andrei</i></b>	<b><i>Lumbricus Terrestres</i></b>
Color	Rojo pardo (lombriz tigre)	Rojo fresa	Café oscuro
Tamaño (cm)	8-10	7- 9	30-35
Peso adulta (g)	1.5-2.3	1.5-2.7	4-4.5
Reproducción	Alta	Alta	Baja
Cápsulas, capullos o Cocones	1 cada 7 días	1 cada 5 días	Hasta 12 por año
Número de lombrices/cápsula	De 6 a 8	De 6 a 11	De 1a 2
Ciclo de vida*	De 90 a 100 días	De 80 a 90 días	180 días
Adaptabilidad	De 0 a 3000 msnm**	De 0 a 3000 msnm**	Zonas tropicales
Voracidad	Alta	Alta	Baja

\* depende de las condiciones de manejo

### **Características morfológicas**

Las lombrices están compuestas por dos tubos, uno dentro del otro, separados por el celoma, mismo que en coordinación con los músculos circulares y longitudinales permiten el movimiento de la lombriz en ambas direcciones, hacia adelante y hacia atrás. Participan también pequeñas estructuras externas presentes en los segmentos que se conocen como setas o quetas que le permiten adherirse o fijarse a la superficie e impulsarse ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## **Sistema digestivo**

El sistema digestivo de la lombriz inicia con la boca que se conecta a estructuras como la faringe, el buche, la molleja hasta llegar al intestino, el cual termina en el ano. Cada estructura cumple una función importante para poder llenar las necesidades alimenticias de las lombrices. Es importante mencionar que el alimento básico de la lombriz está compuesto por microorganismos, razón por la cual solo se alimentan de líquidos que los contienen. Al no tener la lombriz dientes ni mandíbulas obtienen su alimento por succión al presionar sobre la superficie una pequeña estructura presente en la boca que se conoce como prostomio o lengua. Indistintamente del desecho que consume la lombriz, la cantidad que excreta corresponde al 40 por ciento de lo que come ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## **Sistema respiratorio**

Las lombrices respiran por medio de la cutícula, al no tener un sistema circulatorio organizado; la sangre circula por vasos capilares que se ubican junto a la cutícula húmeda de la pared del cuerpo lo que favorece la absorción de oxígeno y liberación de anhídrido carbónico; por esta razón, la cutícula debe permanecer siempre húmeda, de lo contrario la lombriz se seca y muere ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## **Sistema reproductivo**

Las lombrices son hermafroditas, presentan ambos sexos en un mismo individuo; sin embargo, no son capaces de autofecundarse, condición que la obliga a intercambiar esperma para poder fecundar los óvulos. Posterior al acoplamiento, se liberan unas pequeñas estructuras en forma de pera conocidas como cápsulas, capullos o cocones que contienen los pequeños huevecillos fecundados; éstos tardan en madurar y eclosionar entre tres y cinco semanas después de liberadas, siempre y cuando tengan las condiciones adecuadas ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## **Factores a considerar en el manejo de desechos con lombrices**

Los principales factores a considerar para trabajar con lombrices son:

### Temperatura

La temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25°C; en condiciones controladas, esta es fácil de mantener, sin embargo cuando se trabaja al aire libre se debe de tener un buen control, alcanzarla y mantenerla ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

### Acidez o pH

Al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si el material está listo para poder vivir en él ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## Humedad

Como se mencionó, la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del orden de 75 a 80 % ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## Ventajas de la lombricultura

- Favorece la ecología al reducir problemas de contaminación generados por desechos orgánicos sólidos.
- Transforma los desechos orgánicos en productos o coproductos de gran beneficio para el hombre.
- El abono de lombriz presenta una alta carga microbiana que le permite participar directamente en la regeneración de suelos.
- Los nutrimentos en el abono de la lombriz están en forma disponible para las plantas; su contenido respecto a ciertos elementos en particular varía en función del alimento que consume la lombriz.
- El contenido de proteína presente en las lombrices permite que puedan utilizarse como complemento en la alimentación humana y animal ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## Para establecer una cama con lombrices

- Una vez preparado el alimento de la lombriz se coloca en el lugar definido para establecer el pie de cría; puede ser el suelo o bien un contenedor.
- Si es en el suelo marque un área de 80 cm de ancho y coloque el desecho a una altura de 40 cm.
- Humedezca el material y coloque la lombriz en el centro; se recomienda

un módulo o pie de cría por metro cuadrado.

- Posteriormente cubra la cama con una capa ligera del mismo material y coloque una capa de paja sobre la cama.
- Agregue alimento nuevamente cada vez que el material le indique que ya se está terminando su proceso ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

### **Como cosechar el abono producido por la lombriz**

1.- La cosecha del abono inicia cuando se observa el desecho fragmentado, con una apariencia semejante a café molido; el grano es pequeño y suelto, además la lombriz se observa delgada debido a la falta de alimento.

2.- Para separar la lombriz y poder cosechar el abono se debe colocar alimento precompostado a los lados o sobre la cama, de manera que sirva de trampa a la lombriz.

3.- Este alimento se coloca directamente cuando son áreas pequeñas o bien sobre mallas plásticas cuando son áreas mayores.

4. Posteriormente se mueve el abono y se ventila un poco para que pierda humedad y pueda cosecharse.

5. Una vez cosechado el abono se aplica en el menor tiempo posible o bien se empaca y se almacena en un lugar fresco y ventilado. El abono debe empacarse con un 30% de humedad como máximo ([www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)).

## **Biodigestado liquido**

El biodigestado liquido es un proceso bioorgánico concentrado, natural, inocuo e inodoro, que se obtiene del descubrimiento generado al regar y/o lavado de la pila donde se encuentran las lombrices o el proceso de compuesto, ya que es necesario mantener dichas pilas a una humedad de 70% a 80%.

Alonso (2004), menciona que es uno de los pocos fertilizantes ecológicos con una gran flora bacteriana (40 a 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.

## **Cultivo de cebada**

El origen de la cebada procede del Sudeste de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura. En excavaciones arqueológicas realizadas en el valle del Nilo se descubrieron restos de cebada, en torno a los 15.000 años de antigüedad, además los descubrimientos también indican el uso muy temprano del grano de cebada molido ([www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)).

Esta especie pertenece a la familia de las gramíneas. Las espiguillas se encuentran unidas directamente al raquis, dispuestas de forma que se recubren unas a otras. Las glumas son alargadas y agudas en su vértice y las glumillas están adheridas al grano, salvo en la cebada conocida por “desnuda”. Las glumillas se prolongan por medio de una arista.

La cebada es una planta de hojas estrechas y color verde claro. La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida. Se estima

que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1,20 m de profundidad.

El tallo es de porte bajo. Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es una planta autógama. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada. El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda ([www.abcagro.com](http://www.abcagro.com)).

## **Información general de los productos utilizados**

### **Humus de lombriz**

Martínez (1996) señala que la lombricomposta es la excreta de la lombriz, la cual se alimenta de desechos en descomposición, asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y otra parte la excreta. Este material es conocido como vermicomposta y humus de lombriz.

Por su parte De la Cruz (2005), dice que es el proceso en el cual se utiliza la lombriz de tierra para la transformación de residuos orgánicos, principalmente estiércoles en abonos orgánicos para utilizarlos en los cultivos.

### **FertiDrip N20-P30-K10 + MICROELEMENTOS**

Fertilizante ultrasoluble enriquecido con Ácidos Fúlvicos y Húmicos especialmente elaborado para usarse en fertirrigación y aspersión foliar. Es un producto libre de Sodio y Cloruros, ideal para incluirlo como parte de los programas de nutrición vegetal, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo, hasta la floración.



Por su fórmula 20-30-10 + microelementos en combinación con Calcio, Azufre y Magnesio proporcionan una nutrición completa a los cultivos, creando las reservas que la planta necesita en la etapa de floración y cuajado de frutos.

Está enriquecido con ácidos fúlvicos que promueven una rápida asimilación tanto por las raíces como por el follaje de las plantas.

Cuadro 6. Composición porcentual en ppm de Fertidrip N20-P30-K10 + MICROELEMENTOS.

<b>Ingredientes Activos</b>	<b>% en peso</b>	<b>Ingredientes Activos</b>	<b>ppm</b>
Nitrógeno Total (N)	20.0	Calcio (Ca)	80
Nitrógeno Amoniacal	4.4	Azufre (S)	3,600
Nitrógeno Amídico	15.6	Magnesio (Mg)	532
Fósforo asimilable (P205)	30.0	Fierro (Fe)	1,500
Potasio soluble (K2O)	10.0	Zinc (Zn)	3,500
Ac. Fúlvicos y Húmicos	2.0	Manganeso (Mn)	400
		Cobre (Cu)	200
		Boro (B)	600
		Molibdeno (Mo)	30

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Ubicación y localización

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se localiza en la ex hacienda de Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila, México. Situada a 25° 23' latitud norte, 101° 00' longitud oeste a una altitud de 1743 msnm. El presente trabajo fue establecido en el invernadero del departamento de fitomejoramiento de la UAAAN.

#### Material genético

La semilla utilizada en el presente trabajo de investigación fue cebada forrajera (*Hordeum vulgare*).

#### Materiales utilizados

Para realizar esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Sistema de estantería tipo panadería
- 18 Charolas de plástico de 30 cm x 90 cm
- Un tonel con una capacidad de almacenamiento de 200 litros
- 18 kilogramos de semilla de cebada forrajera

- Hipoclorito de sodio al 1%
- Cal
- Agua
- Concentrado sólido de lombricomposta
- Fertilizante químico (Fertidrip)
- Molino de mano
- Botella atomizadora de 900 ml
- Probeta
- Bolsas de papel
- Estufa de aire de temperatura de 80-200 °C
- Espátula de acero inoxidable
- Balanza analítica
- Balanza de colgar de 10 kg
- Molino Wiley con criba de mm
- Bolsitas de nailon
- Aparato de digestión y destilación Kjeldahl
- Matraz Kjeldahl
- Bureta
- Vaso precipitado
- Mezcla digestora: 25 g de sulfato de potasio, 10 g de óxido de mercurio rojo, 1 litro de ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre solución saturada (25 ml). Para preparar el sulfato de cobre saturado, poner 100 ml de agua destilada, agregar el sulfato de cobre hasta que ya no se disuelva y agregar a esta solución 10 g de mezcla reactiva de selenio.
- Hidróxido de sodio al 50%. Pesar 500 g del reactivo, agregar 9000 ml de agua, agitar hasta disolver, pesar 0.1 de fenolftaleína y agregar a la solución, agitar y aforar a un litro.
- Ácido bórico al 22%. Pesar 22 g, disolverlos en 900 ml de agua caliente, dejar enfriar y aforar a un litro.

- Ácido sulfúrico  $N=0.025$ . medir 0.6875 ml, agregar 900 ml de agua, agitar y aforar a un litro (valorar la solución)
- Indicador mixto verde de bromocresol y rojo de metilo. Pesar 0.05 g de indicador rojo de metilo y 0.1 g de indicador verde de bromocresol, disolver los dos indicadores en alcohol al 95% y aforar a 100 ml con alcohol.
- Libreta y marcador permanente
- Lápiz
- Regla de 50 cm
- Cámara fotográfica digital

### **Descripción de los tratamientos**

En el presente trabajo se aplicaron seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, dichos tratamientos fueron los siguientes:

**T1 (testigo)=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua y se puso a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

**T2=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua agregándose 1 gramo de concentrado de lombricomposta (*Eisenia foetida*) durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua y se puso a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

**T3=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua agregándose 2 gramos de concentrado de lombricomposta (*Eisenia foetida*) durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua y se puso

a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

**T4=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua agregándose 3 gramos de concentrado de lombricomposta (*Eisenia foetida*) durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua y se puso a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

**T5=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua agregándose 1 gramo de concentrado de lombricomposta (*Eisenia foetida*) durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua con 1 gramo de concentrado de lombricomposta y se puso a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

**T6=** Se remojó 1 kg. de semilla por cada 1.5 litros de agua agregándose 2 gramos de concentrado de lombricomposta (*Eisenia foetida*) durante 10 horas y se dejó respirar 2 horas, posteriormente se agregó 1.5 litros de agua con 2 gramos de concentrado de lombricomposta y se puso a remojar otras 10 horas, finalmente se eliminó el agua de remojo y se depositaron las semillas en las charolas.

## **Riego**

En este trabajo los riegos se llevaron a cabo como se describen a continuación:

- 1.- Los primeros tres días se regó con agua sin solución nutritiva, tres veces al día.

2.- A partir del cuarto y hasta el noveno día se agregó una solución nutritiva que fue preparada de la siguiente manera:

**T1=** 6 g de Fertidrip por cada litro de agua.

**T2 al T6=** 3 g de Fertidrip y 2 g de Humus Sólido de Lombricomposta por cada litro de agua.

En este periodo se regó con la solución: en el primer y tercer riego del día, el segundo riego fue con agua sin solución.

3.- A partir del décimo día de crecimiento se regó con agua para eliminar los elementos químicos.

### **Variables evaluadas**

Peso

Esta variable fue determinada a los 12 días después de haber realizado la siembra, pesando cada una de las charolas con una balanza de colgar de 10 kg.

Altura

Esta variable se determinó a los 12 días después de haber realizado la siembra, midiendo la altura promedio de las plantas de cada una de las charolas con una regla de 50 cm.

## Materia seca

Se tomó una muestra de forraje de cada uno de los tratamientos y repeticiones, se pesaron en verde en una balanza analítica, después se depositaron en una bolsa de papel para secarse en una estufa durante 72 horas a una temperatura constante de 60 °C. Posteriormente se pesaron en seco en la balanza analítica. Para esto se tomó el peso de la bolsa de papel. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%MS = 100 \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso en seco})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

## Nitrógeno y Proteína

Se determinó por el método micro Kjeldhal. Este método consiste en tomar 0.05 g de muestra seca (Forraje Verde Hidropónico), mezclarlo en un matraz Kjeldhal con una mezcla digestora (4 ml). Se calienta el matraz en un digestor Kjeldhal hasta que la muestra cambie de un color café oscuro a verde claro, se espera a que se enfríe el matraz. Tomar hidróxido de sodio (NaOH) al 50% en un vaso precipitado. Por otro lado, en otro vaso precipitado se adicionan 30 mL de ácido bórico y 2 gotas de indicador mixto. Se deposita la muestra en el aparato destilador micro Kjeldhal, junto con el hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y se coloca el vaso precipitado (ácido bórico e indicador mixto) en el micro Kjeldhal y se espera a que la coloración cambie de rosa al amarillo. Posteriormente se titula con HCl, y se calcula el total de nitrógeno y proteína respectivamente mediante las siguientes fórmulas.

$$\%N = \frac{\text{ml HCl} \times N \text{ HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\%PC = \frac{\text{ml HCl} \times N \text{ HCl} \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

### **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, analizado bajo el mismo diseño mediante el software de la facultad de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### **Análisis estadístico**

Se analizaron los datos con ayuda de un ANVA, en un diseño completamente al azar y una comparación de medias con el método de DMS ( $\alpha = 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en el cuadro de análisis de varianza (Cuadro 7), no se detectó diferencia significativa (NS), para las variables de peso, altura, materia seca, nitrógeno y proteína cruda.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en forraje verde hidropónico en cebada.

F.V.	G.L.	VARIABLES				
		P (kg)	A (cm)	MS (%)	N (%)	PC (%)
Trat.	5	0.049890	1.880664	17.987110	0.143301	5.562304
		NS	NS	NS	NS	NS
Error Exp.	12	0.154729	1.777751	21.495279	0.176834	6.887003
C.V. (%)		6.08 %	5.93 %	18.62 %	15.41 %	15.39 %

NS= No significativo; CV= Coeficiente de variación; P= peso; A= Altura; MS= Materia Seca; N= Nitrógeno; PC= Proteína Cruda.

Cuadro 8. Medias de las variables evaluadas en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

<b>Tratamiento</b>	<b>P (kg)</b>	<b>A (cm)</b>	<b>MS (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>PC (%)</b>
T1	6.450000	<b>23.666666</b>	25.370001	2.663333	16.633333
T2	6.283333	22.666666	23.846666	2.686667	16.790001
T3	6.516666	21.666666	24.456667	<b>3.070000</b>	<b>19.170000</b>
T4	6.383333	22.166666	<b>25.413336</b>	2.760000	17.276667
T5	<b>6.600000</b>	<b>23.000000</b>	<b>28.883333</b>	2.396667	14.976666
T6	<b>6.616667</b>	21.666666	21.389999	<b>2.800000</b>	<b>17.480001</b>

### Variable peso

En la variable peso (kg) se observa que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento fueron: el T6, el cual se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, obteniendo un valor promedio de 6.616 kg. Luego le sigue el T5, donde la semilla se remojó con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 6.60 kg. Por otra parte, los que presentaron menor peso fueron: el T2, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombriz durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 6.28 kg y el T4, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 3 gramos de

humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 6.38 kg. El testigo obtuvo un valor promedio de 6.45 kg.

Lo anterior puede ser visto en forma general para todas las variables en el Cuadro 8, y para la variable peso en el Cuadro 9 y Figura 3.

Cuadro 9. Medias de la variable peso (kg) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
T6	<b>6.616667</b>
T5	<b>6.600000</b>
T3	6.516666
T1	6.450000
T4	6.383333
T2	6.283333

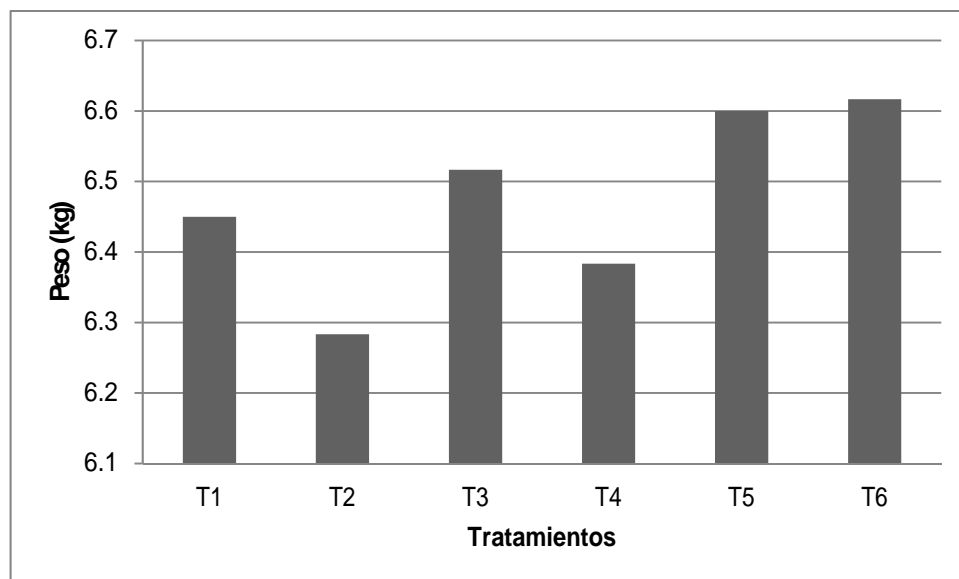


Figura 3. Peso promedio del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

Resultados similares son reportados por Vargas (2008) quien comparó la producción de FVH de maíz, arroz y sorgo negro forrajero señala que la mayor producción de biomasa fresca fue el sorgo de 21.65 kg/720 cm<sup>2</sup>. De acuerdo

con Tarrillo (2007) citado por Vargas (2008) a partir de 1 kg de semilla remojado por 24 hrs. se produce una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad.

### **Variable altura**

Los tratamientos que presentaron mayor altura fueron: el testigo T1, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua, el cual obtuvo un valor promedio de 23.66 cm, le siguió el T5, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 23 cm. Por otra parte, los que presentaron menor altura fueron: el T3, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 21.66 cm y el T6, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 21.66 cm (ver Cuadro 10 y Figura 4).

Cuadro 10. Medias de la variable altura (cm) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
T1	<b>23.666666</b>
T5	<b>23.000000</b>
T2	22.666666
T4	22.166666
T6	21.666666
T3	21.666666

Los resultados de esta investigación coinciden con los encontrados por Chang, *et al.* 2002 citado por Vargas, 2008 y Esparza, 2007 quienes observaron que el grano germinado de maíz, arroz y sorgo negro alcanzó una altura de 20 a 25 cms.

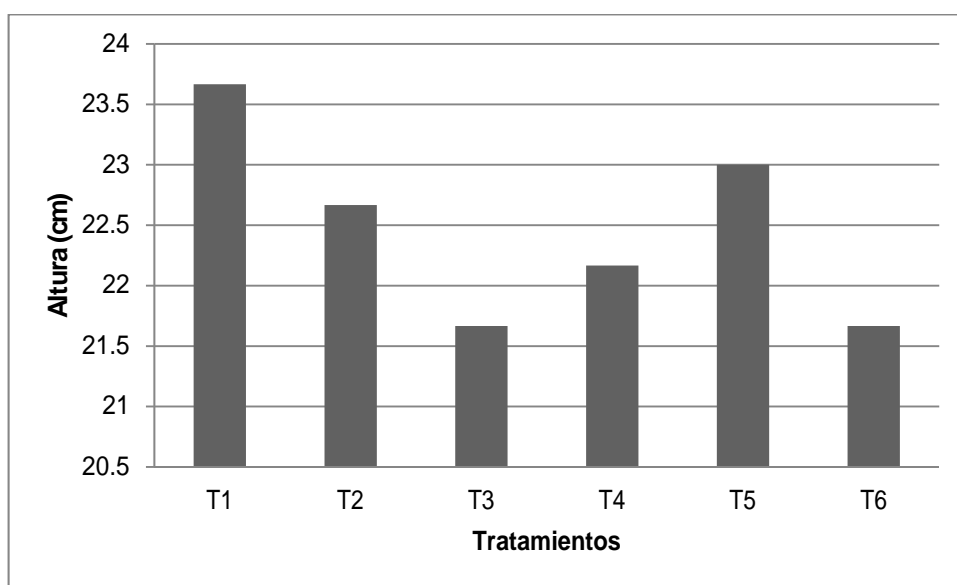


Figura 4. Altura promedio del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

### Variable materia seca

Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de materia seca fueron: el T5, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 28.88 %. Le siguió en comportamiento el T4, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 3 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 25.41 %. Por otra parte, los que presentaron menor porcentaje de materia seca fueron: el T6, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de

lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 21.38 % y el T2, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 23.84 %. El testigo obtuvo un valor promedio de 25.37 % (Cuadro 11 y Figura 5).

Cuadro 11. Medias de la variable materia seca (%) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Medias
T5	<b>28.883333</b>
T4	<b>25.413336</b>
T1	25.370001
T3	24.456667
T2	23.846666
T6	21.389999

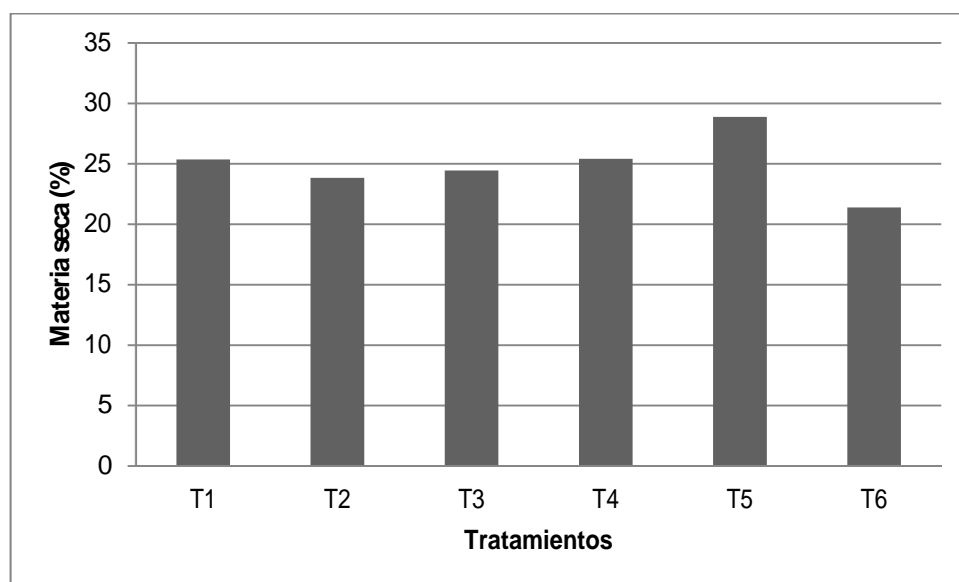


Figura 5. Porcentaje de materia seca del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

Resultados similares son reportados por Vargas (2008) quien comparó la producción de FVH de maíz, arroz y sorgo negro forrajero, donde el arroz

resultó ser la especie con mayor contenido de materia seca con un 15,82%. Mientras que Carballo (2000), FAO (2001), Elizondo (2005) y Müller, *et al.* (2005) citados por Vargas (2008) señalan que los rendimientos esperados en cuanto a porcentaje de materia seca oscilaron entre 20 y 30%.

### Variable nitrógeno

Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de nitrógeno fueron: el T3, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 3.07 %. Seguido del T6, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 2.80 %. Por otra parte, los que presentaron menor porcentaje de nitrógeno fueron: el T5, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 2.39 % y el testigo T1, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 2.66 % (Cuadro 12 y Figura 6).

Cuadro 12. Medias de la variable nitrógeno (%) en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
T3	<b>3.070000</b>
T6	<b>2.800000</b>
T4	2.760000
T2	2.686667
T1	2.663333
T5	2.396667

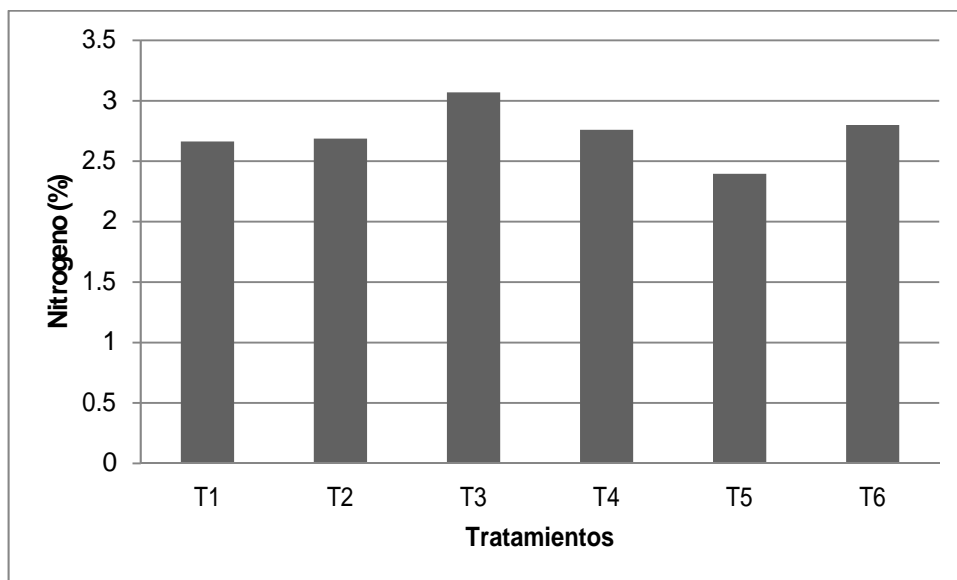


Figura 6. Porcentaje de nitrógeno del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

El contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas. Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado principalmente, con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en nitrógeno (Müller *et al.* 2005 citado por Vargas, 2008). Durante el envejecimiento, las partes estructurales y de acumulación como tallo y pecíolos, que son más pobres en nitrógeno, se tornan preponderantes, así mismo las necesidades de ese elemento para la síntesis de biomasa son menores. Bajo esas condiciones el nitrógeno de las hojas es removido para las partes jóvenes, la fracción de biomasa activa disminuye lo que acentúa la dilución del nitrógeno en la planta (Andriolo, 1999, Taiz y Zerge 2004 citados por Vargas, 2008).

### **Variable proteína cruda**

Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de proteína cruda fueron: el T3, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 10 horas, el cual obtuvo un valor



promedio de 19.17 %. El T6, le siguió en comportamiento con un valor de 17.48%, éste se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 2 gramos de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas. Por otra parte, los que presentaron menor porcentaje de proteína cruda fueron: el T5, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua y 1 gramo de humus sólido de lombricomposta durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 14.97 % y el testigo T1, se remojó la semilla con 1.5 litros de agua durante un tiempo de 20 horas, el cual obtuvo un valor promedio de 16.63 % (Cuadro 13 y Figura 7).

Cuadro 13. Medias de la variable proteína cruda en forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>
T3	<b>19.170000</b>
T6	<b>17.480001</b>
T4	17.276667
T2	16.790001
T1	16.633333
T5	14.976666

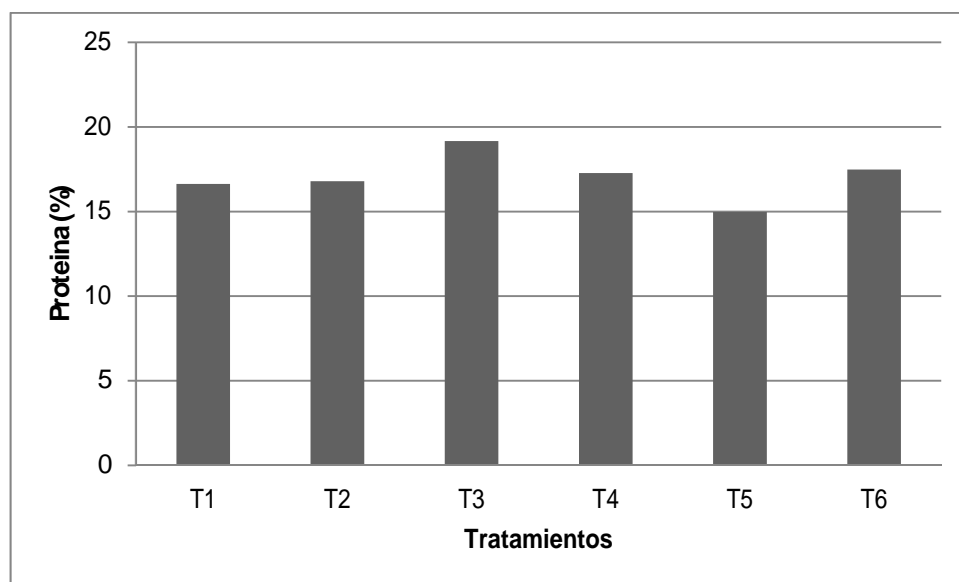


Figura 7. Porcentaje de proteína cruda del forraje verde hidropónico en cebada para los diferentes tratamientos.

De acuerdo con Herrera, *et al.* (2010) encontró que el FVH de trigo a los 10 días después de germinado presentó mayor contenido de proteína, que a los 8 y 12 días. Mientras que Esparza (2007) señala que el mayor porcentaje de proteína en maíz fue a los 12 días de siembra con un valor de 17.4 %. La disminución en el contenido de PC al madurar la planta es consecuencia del desarrollo de órganos estructurales como tallos y pecíolos, así como también del desplazamiento del N a las partes jóvenes, disminuyendo la fracción de biomasa activa lo que promueve la dilución del N de la planta (Taize y Zerge, 2004; Müller, *et al.* 2006 citados por Herrera, *et al.* 2010). Las concentraciones de PC del presente trabajo fueron superiores, a los encontrados por Esparza (2007).

## V. CONCLUSIONES

Aunque no hubo diferencia significativa estadística para ninguna de las variables en estudio, es importante señalar que el componente adicional de lombricomposta tuvo efectos importantes para diferenciar las medias de los tratamientos, ya que para peso de follaje verde hidropónico los tratamientos sobresalientes fueron el T5 y T6, con valor de 6.6 y 6.62 kg, por encima del testigo cuyo valor fue 6.45 kg. Para el resto de las variables tales como altura de planta (23 cm) y materia seca (28.88 %) sobresalieron el T5 mientras que para nitrógeno (3.07 %) y porcentaje de proteína (19.17 %) fue T3. Cabe destacar que el testigo (T1) tuvo un comportamiento ligeramente superior al T5 para altura de planta, para el resto de tratamientos el testigo mostro superioridad.

De manera que podemos concluir que la lombricomposta juega un papel importante y determinante en la respuesta de la productividad de forraje verde hidropónico (FVH) en cultivos tales como maíz, sorgo, cebada, entre otros. Así mismo, se ha demostrado también el efecto positivo que tiene el FVH en incrementar la producción de leche en ganado vacuno, así como en una mayor producción de carne.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aun y cuando no hay diferencia significativa entre tratamientos, se recomienda a los productores de FVH aplicar el tratamiento 3 en el remojo de la semilla y regar con él en combinación con el químico (Fertidrip) ya que se obtiene mayor porcentaje de proteína cruda que con el tratamiento testigo.

En este trabajo se demostró que los tratamientos con lombricomposta además del remojo, mostraron resultados positivos para las variables peso, porcentaje de proteína entre otras. Por lo cual se recomienda el uso de dicho fertilizante orgánico para incrementar la productividad de los cultivos.

También se recomienda evaluar otras formas y dosis de aplicación de los productos orgánicos tratando de ver un mejor efecto en tan corto tiempo.

## VII. LITERATURA CITADA

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

Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.

Arredondo, V. C. 1996. Aplicación de Estiércol Bovino Como Complemento a la Fertilización Química del Maíz de Temporal. p. 194. *In*: Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México.

Barbado, J.L. 2005. Hidroponía. 1ª ed. Buenos Aires: Albatros, pp12, 13. Consultado en:

[http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aa4A0GakMRsC&oi=fnd&pg=PA9&dq=ventajas+y+desventajas+de+la+hidroponia&ots=\\_Vrzh-Dah&sig=2EcQQ-N6Pm3C110VZGNbh3ONFT4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aa4A0GakMRsC&oi=fnd&pg=PA9&dq=ventajas+y+desventajas+de+la+hidroponia&ots=_Vrzh-Dah&sig=2EcQQ-N6Pm3C110VZGNbh3ONFT4#v=onepage&q&f=false)

Canizal, J.E. y Rivera, M.S.E. 2007. Situación Actual de la Ganadería Bovina Para Abasto en México. Pp. 19,20. Consultado en:

<ftp://fmvz.uat.edu.mx/cursofira/Material%20para%20curso%20de%20Fira/Situaci%F3n%20Actual%20ganader%EDa/situaactganad2007.pdf>

- Carrasco, G. e Izquierdo. J. 1996. La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la Solución Nutritiva Recirculante ("NFT"). FAO- Univ. de Talca. Santiago, Chile.
- Castellanos, R. J.Z. 1980. El Estiércol Como Fuente de Nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, R. J.Z. 1982. La Importancia de las Condiciones Físicas del Suelo y su Mejoramiento Mediante la Aplicación de Estiércoles. Seminarios Técnicos 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Cuervo, P.E. 2004. Evaluación de Producción y Calidad de Forraje Verde Hidropónico en Maíz, Cebada y Trigo Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura UAAAN. 2004. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- De la cruz, R.R.A. 2005. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a Través de Composteo y Lombricomposteo.
- Díaz, G.S.F. 2007. Evaluación de Producción, Crecimiento y Calidad de Forraje Verde Hidropónico (Sorghum vulgare Sudangrass Hybrid) en Diferentes Mezclas de Soluciones Nutritivas Orgánicas. Tesis de Licenciatura UAAAN. 2007, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Esparza, C.H. 2007. Manual Práctico de Producción de Forraje Verde Hidropónico.

- Flores, R. S. 2010. Determinación de Dosis Óptimas NPK en Especies de Interés Económico y Forestal en Cultivo Hidropónico. Tesis de Maestría en Ciencias Postgrado de Hidrociencias. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Herrera, T. E.; Cerrillo, S. M. A.; Juárez, R. A. S.; Murillo, O. M.; Ríos, R. F. G.; Reyes, E. O. y Bernal, B. H. 2010. Efecto del Tiempo de Cosecha Sobre el Valor Proteico y Energético del Forraje Verde Hidropónico de Trigo. *Interciencia*, Vol. 35, Núm. 4, pp. 284-289.
- Martínez, C.C.1996. Análisis Físicos y Biológicos de Semillas Agrícolas. UNAM. Tercera Edición. México, D.F. p.113.
- Rodríguez, S. A. C. 2003. Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana. Primera Edición S.A. de C.V. México D.F. Pp. 20-35.
- Romero, L.; María del R. A.; Trinidad S.; R. García E.; y R. Ferrara C. 2000. Producción de Papa y Biomasa Microbiana en Suelo con Abonos Orgánicos y Minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Samperio, R.G. 1997. Hidroponía Básica. Editorial Diana. S. A. de C.V. México D.F. pp. 32-36.
- Sánchez, C.A. 2001. Manual Técnico "Producción de Forraje Hidropónico" Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Consultado en:  
<http://www.rlc.fao.org/uploads/media/forraje.pdf>

Schwarza, D.; Groscha, R.; Grossb, W. y Hoffmann-Hergartenc, S. 2005. Water quality assessment of different reservoir types in relation to nutrient solution use in hydroponics. *Agricultural Water Management* 71, 145–166. Consultado en:

[http://www.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TAE/C/TAC-63.pdf](http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TAE/C/TAC-63.pdf)

Vargas, R.C.F. 2008. Comparación Productiva de Forraje Verde Hidropónico de Maíz, Arroz y Sorgo Negro Forrajero. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 19, Núm. 2, pp. 233-240.

#### CITAS DE INTERNET

<http://horticulturaefectiva.blogspot.com/2011/06/desventajas-de-la-hidroponia.html>

<http://www.2000agro.com.mx/pecuarioypesquero/presenta-coahuila-mortandad-de-5-mil-600-cabezas-de-ganado-por-sequia/>

<http://www.abcagro.com/herbaceos/cereales/cebada.asp>

<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

<http://www.lapolicia.ca.com/nota-roja/primero-heladas-luego-sequia-provocan-muerte-de-ganado/>

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.