

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

RENDIMIENTO DE SORGO (*Sorghum bicolor*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA COMO FORRAJE VERDE HIDROPONICO

Presentado por:

ALEJANDRO VARGAS TARQUI

**La Paz – Bolivia
2015**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RENDIMIENTO DE SORGO (*Sorghum bicolor*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA COMO FORRAJE VERDE HIDROPONICO

*Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Presentado por:

ALEJANDRO VARGAS TARQUI

Asesores:

Ph. D. Ing. David Cruz Choque

Ing. Bernardo Ticona Contreras

Ing. Nilda Chalco Quispe

Tribunal Examinador:

Ing. Freddy Porco Chiri

Ing. Rubén Trigo Riveros

Ing. Carlos Mena Herrera

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA

Este trabajo está especialmente dedicado a mis padres: Mauricio Vargas y Dionicia Tarqui, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento y quienes son la base de mi vida profesional y a quienes les debo lo que soy y llegaré a ser.

AGRACIEMENTOS

A mi Papá Prof. Mauricio Vargas Poma por sus consejos y toda su infinita sabiduría y todas sus enseñanzas de vida que supo darme en los momentos apropiados.

A mi Mamá Dionicia Tarqui Sarzuri por su confianza, apoyo moral y todo el cariño incondicional, que me brindo en todo momento para la conclusión de mis estudios.

A mis Hermanos Cesar, Edwin y José por ser buenos ejemplos para yo llegar a la conclusión de mi carrera y brindarme su apoyo en los momentos difíciles.

A mi esposa Maria y a mi hijo Leandro por la comprensión y el apoyo que me dieron desde el momento que llegaron a mi vida.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica por acogerme como universitario de esta prestigiosa casa superior de estudios.

A mis docentes quienes fueron los que me dieron los conocimientos y la sabiduría para mi formación profesional

A mis revisores y asesores por sus conocimientos, orientaciones y sugerencias, quienes mostraron ser mis amigos y tuvieron paciencia para la elaboración de mi tesis

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	Pág. ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CONTENIDO GENERAL.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii

INDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
Objetivo General	3
Objetivo específicos	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Antecedente Histórico	3
2.2. Generalidades	4
2.3. Definición de Hidroponía	5
2.4. Forraje Verde Hidropónico	6
2.5. Importancia del Forraje verde Hidropónico	7
2.6. Ventajas del Forraje Verde Hidropónico	8
2.6.1. Ahorro de Agua	8
2.6.2. Menor Costo de Producción y Eficiencia en el Uso del Espacio	8
2.6.3. Eficiencia en el Tiempo de Producción	9
2.6.4. Calidad del Forraje	9
2.6.5. Inocuidad	10
2.7. Las Desventajas del Forraje Verde Hidropónico	10
2.7.1. Desinformación y Sobre Valoración de la Tecnología	10
2.7.2. Bajo Contenido de Materia Seca	11
2.8. Producción de Biomasa	11
2.8.1. Forraje	11
2.8.2. Biomasa	12
2.9. Nutrición Hidropónica	12
2.10. Composición nutricional del FVH.	12
2.11. Producción de Forraje Verde Hidropónico.	13
2.11.1. Métodos de Producción de Forraje Verde Hidropónico	13
2.11.2. Selección de Especies Utilizadas para Forraje Verde Hidropónico	14
2.11.3. Selección de la Semilla	14
2.11.4. Lavado de la Semilla	15
2.11.5. Remojo y Germinación de las Semillas	15

	Pág.
2.11.6. Densidad de Siembra	16
2.11.7. Riegos de la Bandejas	16
2.11.8. Cosecha y Rendimientos.	17
2.12. Factores que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico	18
2.13. La Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	19
2.13.1. Origen	19
2.13.2. Morfología y Taxonomía	20
2.13.3. Requerimientos Edafoclimáticos	21
2.14. El Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	22
2.14.1. Origen	22
2.14.2. Taxonomía y Morfología	23
2.14.3. Requerimientos Edafoclimáticos	24
3. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. LOCALIZACIÓN	25
3.1.1. Ubicación	25
3.1.2. Características Generales del Lugar	25
3.1.3. Características de la Unidad de Producción	26
3.2. Materiales	26
3.2.1. Material vegetal	26
3.2.2. Material de Campo	26
3.2.3. Infraestructura	27
3.2.4. Material de Gabinete	27
3.3. Metodología	27
3.3.1. Acondicionamiento de la Carpa Solar	27
3.3.2. Selección de la Semilla	28
3.3.3. Lavado y Desinfección de Semillas	28
3.3.4. Remojo, Oreo y Pre germinación de las Semillas	28
3.3.5. Siembra en las Bandejas	29
3.3.6. Fase de Producción	29
3.3.7. Riego de las Bandejas	29

	Pág.
3.3.8. Cosecha	30
3.4. Diseño experimental	30
3.4.1. Factores y Tratamientos	30
3.4.2. Unidad Experimental	31
3.4.3. Unidad de Muestreo	32
3.5. Variables de Respuesta	32
3.5.1. Por ciento de Germinación	32
3.5.2. Altura de la Plantas	32
3.5.3. Rendimiento de Materia Verde	32
3.5.4. Producción de Materia Seca	33
3.5.5. Por ciento de Proteína Cruda	33
3.6. Análisis Económico	33
3.6.1. Evaluación Económica	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Fluctuaciones de la Temperatura	35
4.2. Calidad de Semillas.	36
4.3. Altura de Planta	37
4.4. Rendimiento de Materia Verde	40
4.5. Por ciento de Materia Seca	42
4.6. Porcentaje de Proteína Cruda	44
4.7. Análisis Económico	45
5. CONCLUSIONES	48
6. RECOMENDACIONES	49
7. BIBLIOGRAFIA	50

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Análisis de la Varianza para la Altura de Planta.....	37
Cuadro 2. Prueba de Duncan para la altura de planta para la interacción de Cereal y Densidad.....	38
Cuadro 3. Análisis de la Varianza para la variable rendimiento.....	40
Cuadro 4. Prueba de Duncan para el rendimiento de FVH para la interacción.....	41
Cuadro 5. Conversión de Forraje a Materia Seca.....	43
Cuadro 6. Costos de producción con una relación de proteína por m ² por tratamiento.....	45
Cuadro 7. Relación Beneficio Costo por tratamiento.....	46

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y temperatura promedio.....	35
Figura 2. Promedio de altura de planta de los cereales empleados.....	39
Figura 3. Rendimientos promedio por tratamientos.....	42
Figura 4. Comparación del nivel de Proteína Cruda de ambos cereales.....	44
Figura 5. Comportamiento de la relación Beneficio Costo por tratamiento.....	47

INCIDE DE ANEXOS

Pág.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la determinación de la variabilidad del crecimiento de dos cereales bajo tres densidades de siembra con respectiva prueba de Duncan elaborado con el Software INFOSTAT.....	1
Cuadro 2. Análisis de varianza para la determinación de la variabilidad del rendimiento de dos cereales bajo tres densidades de siembra con respectiva prueba de Duncan elaborado con el Software INFOSTAT.....	2
Cuadro 3. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de Cebada, realizado por INLASA (instituto nacional de laboratorios de salud).....	3
Cuadro 4. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de Sorgo, realizado por INLASA (instituto nacional de laboratorios de salud).....	4
Cuadro 5. Datos de campo tomados durante la ejecución del ensayo.....	5
Cuadro 6. Datos ordenados para la introducción al software INFOSTAT.....	7
Cuadro 7. Datos del agua de riego usados en el ensayo.....	9
Cuadro 8. Cuadros de costos.....	10
Cuadro 9. Fotografías de toda la fase de desarrollo del ensayo.....	11

RESUMEN

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) de sorgo (*Sorghum bicolor*) como de cebada (*Hordeum vulgare*), pueden producirse durante todo el año para el suministro a animales en cualquier estado de desarrollo (post parto, pre parto, gestación, lactación, destete y engorde). El objetivo general del trabajo fue evaluar el rendimiento del Sorgo y Cebada bajo tres densidades de siembra, para la producción de Forraje Verde Hidropónico. El trabajo se realizó en los meses de noviembre y diciembre de 2012 en el centro experimental de cota cota de la carrera de Ingeniería Agronómica de la UMSA.

Los cereales comerciales estudiados fueron: cebada y sorgo, bajo el diseño completamente al azar con arreglo bi factorial. Las variables de estudiadas fueron porcentaje de germinación, altura de planta, rendimiento de materia verde del forraje hidropónico. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre cereales, densidades como también para su interacción, pero entre ellas se destaca el sorgo con una densidad de siembra de 2.5Kg/m^2 en relación al otro cereal y densidades de siembra, que obtuvo un rendimiento de 12.9 Kg/m^2 con un contenido de proteína de 17.19% y una valoración de su costo de 3.5 Bs/Kg de (FVH), convirtiéndose en una alternativa para ser tomada en cuenta por productores agropecuarios de la región.

SUMMARY

Hydroponic Green Forage (FVH) sorghum (*Sorghum bicolor*) and barley (*Hordeum vulgare*), can occur throughout the year to supply animals at any stage of development (post delivery, pre childbirth, pregnancy, lactation, weaning fattening). The overall objective was to assess the performance of sorghum and barley under three planting densities, for the production of Hydroponic Green Forage. The work was conducted in the months of November and December 2012 in the experimental center height dimension of the career of Agricultural Engineering of the UMSA.

The studied commercial grains were: barley and sorghum under completely randomized design factorial bi settlement. The variables studied were percentage of germination, plant height, green matter yield hydroponic fodder. The results showed no significant differences between grain densities as for their interaction, but including sorghum stands with a planting density of 2.5Kg / m² compared to other grains and densities, which posted a return of 12.9 Kg / m² with a protein content of 17.19% and an assessment of their cost of 3.5 Bs / kg (FVH), becoming an alternative to be considered by farmers in the region.

1. INTRODUCCION

Bolivia es un país que se beneficia de varias maneras de los sistemas agropecuarios, pero por falta de estudio e investigación no han podido ser aprovechados, es así que los sectores productivos agrícolas y pecuarios, no han podido mejorar u optimizar su producción y rentabilidad, tomando en cuenta estos aspectos tan relevantes, es de gran importancia ofrecer un instrumento que brinde una alternativa de desarrollo, basada en la utilización e implementación de especies forrajeras cultivadas en un medio hidropónico.

Actualmente el manejo de especies en forma hidropónica en Bolivia resulta una practica que se encuentra en crecimiento, pero a la vez se puede decir que se tiene muy poca información sobre especies forrajeras aptas para la producción hidropónica.

Los forrajes son cada vez más escasos para alimentar a los animales de distintos tipos de explotación. Las condiciones climáticas adversas como sequias, heladas que limitan la producción de forraje. Por otra parte los elevados costos de producción hacen que sea necesario encontrar una fuente de forraje, con alto contenido de proteína, fresca, abundante durante todo el año sin importar las condiciones climáticas, y sobre todo a bajos costos.

Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos dentro de invernaderos y que también es factible cultivar sin necesidad de suelo a través de la técnica de cultivo sin suelo más conocida como hidroponía. Más aun el agua ha sido y será siempre un factor limitante para toda clase de agricultura, especialmente en los meses que el agua escasea.

Una manera de enfrentar este problema natural es través de la producción de forraje verde hidropónico dentro de cubiertas rusticas, de bajo costo, que permitan sostener una producción intensiva de forraje fresco para los animales, tanto en condiciones extremas de frio o sequias prolongadas tal como viene ocurriendo actualmente, además

que se obtiene la misma cantidad y calidad de forraje verde hidropónico todo el año en volúmenes constantes y a precios razonables.

Además Burdisso (2006), señala que el forraje verde hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de semillas de granos de cereales como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo, etc. O de leguminosas como la alfalfa que han crecido por un periodo de 9-12 días logrando alcanzar este proceso de germinación una altura de 20-25 cm. Este método se practica sin suelo, lo que permite producir a partir de la germinación de las semillas una masa forrajera de alto valor nutritivo consumible al 100% es decir la totalidad de la planta, incluidas las raíces y semillas sin germinar.

Según Arano(2008), los cultivos hidropónicos son una forma de cultivar plantas en medio diferente a la tierra, es una alternativa para la alimentación de ganaderías sin necesidad de tener grandes extensiones de tierra. El forraje verde hidropónico es el proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas que se realiza en un periodo de nueve a quince días captando energía del sol y asimilando los minerales de una solución nutritiva.

Con el forraje verde hidropónico podemos alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados, el suministro constante durante todo el año, evitando alteraciones digestivas; menor incidencia de enfermedades; aumento en fertilidad y en general todas las ventajas que los animales puedan obtener de una buena alimentación.

El presente trabajo pretende ofrecer una alternativa dentro las especies forrajeras para cultivarse de manera hidropónica, y así dar a conocer las ventajas que presenta este cultivo ya que puede ser implementado en cualquier área, pues no requiere de grandes espacios y la inversión es relativamente baja en relación a la producción tradicional, además que el forraje verde hidropónico se puede producir en cualquier época del año, se puede planificar la cantidad que se desea obtener, pero sobre todo se consigue un forraje de calidad, limpio, excelente palatabilidad y sobre todo a bajo costo.

Con niveles altos de proteínas y vitaminas, a la vez es altamente digestible libre de todo tipo de especies indeseables ya que se puede controlar de mejor manera el desarrollo del cultivo, principalmente en lo referente a plagas y enfermedades y factores climáticos.

Objetivo General

Evaluar el rendimiento del Sorgo y la Cebada bajo tres densidades de siembra, para la producción de Forraje Verde Hidropónico.

Objetivo específicos

- Determinar el rendimiento en peso de la biomasa vegetal fresca de la cebada y el sorgo.
- Determinar la longitud de crecimiento de las hojas de cebada y sorgo desde la siembra hasta la cosecha
- Comparar mediante análisis de laboratorio el valor nutritivo del FVH de cebada y sorgo al día de la cosecha.
- Determinar los costos de producción para los distintos tratamientos.
- Determinar la mejor densidad de siembra.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Antecedente Histórico

La producción del forraje verde hidropónico es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se

remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (FAO, 2001).

El mismo autor cita, que 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) 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.

El forraje verde hidropónico 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 (Palomino, 2008)

Izquierdo (2000), afirma que los cultivos hidropónicos son cultivos sin suelo, este es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son aplicados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutrientes. En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como por ejemplo hortalizas, flores, pastos para forrajes, plantas ornamentales, condimentos plantas medicinales y cactus.

2.2. Generalidades

El Forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (cebada, maíz, sorgo, soya, etc.) El cual se desarrolla en un periodo de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales disueltos en una solución nutritiva (CultivosHidropónicos, 1992).

El Forraje Hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no requiere grandes extensiones de tierra, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento. Este forraje es destinado para la alimentación de vacas lecheras, caballos de paso y de carrera, cuyes, ovinos, etc. (Tarrillo, 2007).

En la publicación FAO (2001), menciona que el forraje verde hidropónico consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controlados (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

SICA (2000), menciona que la técnica para la producción de forraje verde hidropónico se basa en el aprovechamiento del poder germinativo de las semillas de cereales como cebada, avena, trigo, maíz y sorgo, las cuales una vez iniciada la germinación, liberan en sus primeras etapas de crecimiento todos los nutrientes almacenados como reserva, para sostenimiento de la nueva planta.

2.3. Definición de Hidroponía

Resh (2001), indica que la hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. La palabra hidroponía proviene de griego, hydro = agua y ponos = trabajo. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

Con la producción hidropónica sin suelo, se puede obtener forrajes de excelente calidad y sanidad, y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta (La Molina, 2000).

La hidroponía es un sistema de producción en donde las raíces de la planta se riegan con una mezcla de elementos nutritivos indispensables que se encuentran disueltos en agua (Amador, 2000).

2.4. Forraje Verde Hidropónico

Carballido (2005), indica que el forraje verde hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 20 días) captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

Tarrillo(2005)entiende por Forraje Verde Hidropónico al resultado del proceso de germinación de granos, por lo general de cereales que se realiza durante un periodo de 8 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales disueltos de una solución nutritiva. La producción de granos germinados está considerada como un sistema hidropónico, debido a que este se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de granos colocados en bandejas, una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100% con una digestibilidad de hasta el 90%, limpia y libre de contaminantes.

El mismo autor menciona que el sistema hidropónico está considerado como un concepto nuevo de producción, ya que para este no se requiere de grandes extensiones de tierra, periodos largos de producción, ni formas de conservación y almacenamiento.

2.5. Importancia del Forraje verde Hidropónico

Molina (1989), menciona que por sus cualidades nutricionales y de bajo costo de producción, el forraje verde hidropónico puede ser la salvación de cientos de miles de personas que padecen hambre y desnutrición. Lo extraordinario del sistema, es que reduce sustancialmente el costo de alimentación, un kilogramo de trigo o maíz puede

convertirse, en tan solo 8 a 10 días, en 12 kilogramos de FVH natural que puede consumir cualquier animal. Representa un nuevo paradigma en nutrición y puede ser la base esencial para erradicar el hambre y la pobreza que campean en nuestro maltrecho planeta.

Las mejoras que se obtienen con el uso de forraje verde hidropónico en la alimentación animal se dan en ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, producción de leche y sólidos totales en la leche, aumenta la producción de leche, el contenido de grasa, mejora la condición corporal, mejora en el pelaje. En los cuyes se presenta una mayor producción de leche (mayor número de crías logradas) excelente fuente de vitamina C, cubre los requerimientos de agua (Tarrillo, 2005).

Una forma de reducir la variabilidad es manteniendo condiciones climáticas uniformes en áreas donde se desarrolle el forraje de manera continua logrando así alimentar animales en forma constante conforme a sus requerimientos nutricionales para que estos tengan una producción menos variable, además de obtener una producción animal menos variable al utilizar la producción de forraje hidropónico, se ha reportado que también produce un beneficio económico en la producción, originado por las ventajas que ofrece (Rodríguez, 2003).

El Forraje Verde Hidropónico brinda vitaminas A, E y C. las cuales se encuentran libres y solubles en el forraje. La vitamina E es completamente asimilable y está en libre circulación por toda la planta. En análisis realizado en la Universidad de Colombia (1986) se comprobó que en los excrementos de animales alimentados con FVH no existía vitamina E, lo cual demuestra su completa asimilación. En cuanto al nivel de proteína del FVH es muy similar al de la alfalfa (forraje requerido por su alto nivel de proteína). Los análisis químicos indican que los niveles de proteína del FVH de trigo de 20 a 22 %, son superiores al de la cebada con 16 a 20 % de proteína cruda (Samperio, 2007).

2.6. Ventajas del Forraje Verde Hidropónico

2.6.1. 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 (Infocampo, 2009).

Ahorro de agua. Al utilizar el sistema de producción hidropónica la pérdida de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración es mínima comparada con la producción convencional de forraje.

La técnica del Forraje hidropónico emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros para promover un kg de materia seca de FVH (considerando un 25% de materia seca del FVH), cantidad notablemente menor a los 635, 521, 505, 372 y 271 litros de agua por kg de materia seca producida de avena, cebada, trigo, maíz y sorgo respectivamente, cultivados a campo abierto (Vargas, 2008).

2.6.2. Menor Costo de Producción y Eficiencia en el Uso del Espacio

Puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

En general, el costo de producción de forraje verde hidropónico es 10 veces menor comparado con la producción de cualquier forraje en espacios abiertos. El sistema de producción de Forraje verde Hidropónico puede ser instalado en forma modular en sistema vertical lo que optimiza el uso del espacio útil por metro cuadrado. Se ha estimado que 170 m² de instalaciones con bandejas modulares en cuatro pisos para FVH de avena son equivalentes a cinco hectáreas con producción convencional de forraje de la misma especie (Vargas, 2008).

2.6.3. Eficiencia en el Tiempo de Producción

En términos generales, entre los días 12 a 14 se realiza la cosecha del cultivo hidropónico. Sin embargo, se puede efectuar una cosecha anticipada a los ocho ó nueve días. Trabajos de validación de tecnología sobre cultivo hidropónico realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de forraje hidropónico con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kg de forraje hidropónico producidos por cada kg de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo, y en una situación climática favorable para el desarrollo.

Así mismo, un máximo de 22 kg de forraje hidropónico por cada kg de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17 días. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del forraje hidropónico (FAO, 2002).

La mayor riqueza nutricional de un forraje hidropónico 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).

2.6.4. Calidad del Forraje

Es un forraje verde de aproximadamente 15 a 20 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento), apto para rumiantes de carne y leche (Infocampo, 2009).

El Forraje Verde Hidropónico es un alimento succulento de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de adecuada aptitud comestible para los animales. Su valor nutritivo deriva de la germinación de las semillas. El FVH es rico en vitaminas, especialmente la A y E, contiene carotenoides que varían de 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), posee una elevada cantidad de hierro, calcio y

fósforo, su digestibilidad es alta puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa (Vargas, 2008).

2.6.5. Inocuidad

El FVH producido en condiciones adecuadas de manejo representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de plagas ni enfermedades. Con el FVH los animales no comen hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción (Rodríguez, 2003).

El FVH representa 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 (Palomino, 2008).

2.7. Las Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

2.7.1. Desinformación y Sobre Valoración de la Tecnología

Proyectos de Forraje Hidropónico preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂.

Innumerables de estos proyectos han sufridos significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema, se debe tener presente que por ejemplo para la producción de forraje verde hidropónico solo precisamos un fertilizantes foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales u aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno.

Asimismo el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar(Palomino, 2008).

2.7.2. Bajo Contenido de Materia Seca

En general, el Forraje Verde Hidropónico tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado (Vargas, 2008).

2.8. Producción de Biomasa

2.8.1. Forraje

Noguera(1993), menciona que el proceso de producción del forraje esta comprendido dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción ni forma nueva de conservación y almacenamiento. El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de especies menores, como ser cuyes, conejos, además de vacas lecheras, caballos, ovinos y caprinos, etc.

El forraje verde hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producida en un periodo corto (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, trigo, cebada, sorgo, maíz, etc.) para cultivos forrajeros convencionales (Izquierdo, 2002).

2.8.2. Biomasa

Pérez (1987), menciona que el forraje verde hidropónico, 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 forraje verde hidropónico es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, alta calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.

2.9. Nutrición Hidropónica

Consiste en una novedosa alternativa de producción del forraje verde hidropónico, un modo de sembrar que no requiere tierra ni nutriente, la planta crece sólo con agua. Técnicamente, la producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir de semillas con una alta tasa de germinación para producir un forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y apta para la alimentación de animales (Ramunda, 2013).

Neri (2013), indica que la Producción de Forraje Verde Hidropónico, que se caracteriza por ser un suplemento nutricional de alto poder nutritivo. La experiencia, permite la obtención de 7,5 kg. de forraje utilizando 1 kg. de grano de especies comercializadas a bajo costo. Los cultivos necesitan de 70% de humedad y 25°C de temperatura para ser cosechado en 7 a 12 días, sin la utilización de ningún tipo de fertilizante o sustrato.

2.10. Composición nutricional del FVH.

El Forraje Verde Hidropónico es un suculento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de plena amplitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo se puede apreciar en el siguiente cuadro. (Palomino, 2008).

Duran (2005), muestra el análisis químico comparativo entre el grano de cebada y el forraje verde hidropónico del mismo grano a los 9 días de crecimiento con un contenido de proteína de 11,39% y 18,8% con una humedad de 9,81% y 83,3% respectivamente.

Pardo (2007), muestra el análisis químico proximal del forraje verde hidropónico de sorgo de un periodo de cosecha de 12 días con un contenido de proteína de 12,68% y una humedad del 83,1% y un contenido de fibra de 9,9%.

2.11. Producción de Forraje Verde Hidropónico.

2.11.1. Métodos de Producción de Forraje Verde Hidropónico

Según Calderón(1992), indica que el cultivo puede estar instalado en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envase descartables; estantes viejos de muebles a los cuales se les forra de plástico; bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos.

Los métodos de producción de Forraje verde Hidropónico cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades. Existen casos muy simples en que la producción se realiza en franjas de semillas pre-germinadas colocadas directamente sobre plásticos de 1 m de ancho colocadas en el piso y cubiertas, dependiendo de las condiciones del clima, con túneles de plástico; invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples, obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados).

Métodos sofisticados conocido como: “Fábricas de forraje” donde, en estructuras “container” cerradas, totalmente automatizadas y climatizadas, el FVH se produce a partir del trabajo de un operario que sólo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática (FAO, 2001).

2.11.2. Selección de Especies Utilizadas para Forraje Verde Hidropónico

Generalmente se utilizan semillas de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección de la semilla depende de la disponibilidad local y de su precio. La producción de Forraje hidropónico con semillas de alfalfa no es tan eficiente como en los granos de gramíneas debido a que su manejo es delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional. (Rodríguez, 2003).

Según FAO(2001), indica que 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.

2.11.3. Selección de la Semilla

Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o preservantes. Además las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo (Tarrillo, 2005).

El mismo autor recomienda que se debe emplear semilla de excelente calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Se pueden usar semillas de cereales que se producen a nivel local. Es conveniente que las semillas se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas que podrían ser fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con agroquímicos.

En este sentido, se debe evitar el empleo de semillas que se destinan para siembra(certificadas) puesto que tienen un tratamiento que incluye fungicidas e insecticidas, si bien esto favorece la germinación, tiene un inconveniente, los residuos de pesticidas pueden generar problemas en la alimentación del ganado. Se sugiere sembrar la F2 de esas semillas, es decir, se puede sembrar la semilla

2.11.4. Lavado de la Semilla

Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas. (Rodríguez, 2003).

Las semillas se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (5,25%) al 1% (10 ml de solución de cloro comercial en un litro de agua) dejándolas remojar en ésta por 30 minutos a una hora, luego se enjuagaron con agua (Vargas, 2008).

2.11.5. Remojo y Germinación de las Semillas

Tarrillo (2005), recomienda que las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.

El mismo autor indica que esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en la bandejas, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas

condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.

2.11.6. Densidad de Siembra

FAO (2001), recomienda que las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja.

Las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre 2.2 a 3.4 kg de semillas. Para la siembra, se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no debe ser mayor a 1.5 cm de altura o espesor (Rodríguez, 2003).

2.11.7. Riegos de la Bandejas

El riego puede realizarse en forma automática o en forma manual. Cuando el riego es automático se requiere una bomba, un tanque de almacenamiento, tubos y mangueras de distribución, ya sea para regar por micro aspersores o con atomizadores por aspersión. Cuando no hay recursos se hará con una manguera o con un balde con hoyos en el fondo. Cuando se van a regar varias cajas puede servir una bomba de mochila (Carballo, 2008).

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH puede realizarse a través de micro aspersores, nebulizadores o con una bomba aspersora portátil (mochila de mano). El riego por inundación no es recomendado dado que causa excesos de agua que provocan asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo (Vargas, 2008).

El mismo autor recomienda que al principio (primeros 4 días), no deben aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego se aplicará de acuerdo a los

requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales del invernadero. Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta difícil, debido a que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible.

Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Es recomendable dividir el volumen diario de riego en 6 ó 9 veces en el transcurso del día, con una duración menor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada, por lo tanto los mejores resultados se obtienen mediante el sistema de riego por aspersion o nebulización.

2.11.8. Cosecha y Rendimientos.

Rodríguez (2003), menciona que la mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza en los días 7 y 8 después de la siembra, por lo que el mayor volumen y el rendimiento deben ser valorados con la calidad, dado que el factor tiempo es un elemento negativo en términos de una producción eficiente.

En términos generales, de 10 a 14 días es el periodo óptimo de cosecha del FVH; sin embargo, en función del requerimiento de forraje, se puede cosechar antes o después. La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas. Lo anterior forma un solo bloque alimenticio, el cual es fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, aunque no existen problemas sanitarios de conservación por dos o tres días, salvo el asociado aun descenso de la calidad nutricional.

La conversión de semilla a pasto aproximadamente es de un kg de semilla por siete kg de forraje, y por su valor nutritivo, un kg de FVH reemplaza entre 3.1 y 3.4 kg de alfalfa verde.

2.12. Factores que Influyen en la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Rodríguez (2003) considera los siguientes puntos como factores importantes en la producción de Forraje Verde Hidropónico.

- **Calidad de la Semilla.** El éxito del FVH inicia 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 de 90% para evitar pérdidas en rendimiento.
- **Iluminación.** En ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, por lo que la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal, y en consecuencia, en el rendimiento final. En términos generales, un invernadero con cubierta plástica que proporcione 50% de sombreo es suficiente para la producción de FVH.
- **Temperatura.** La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH, por lo que se debe efectuar un adecuado control de la temperatura. La producción óptima del FVH de maíz se sitúa entre los 21 y 28°C.
- **Humedad.** La humedad relativa en el interior del invernadero es muy importante. Ésta no debería ser menor a 70%. Valores de humedad superiores a 90% sin adecuada ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido enfermedades fungosas difíciles de eliminar, además de incrementar los costos operativos.

La excesiva ventilación y baja humedad relativa, provoca un ambiente seco y disminución significativa de la producción por deshidratación del forraje.

- **Calidad del agua de riego.** La calidad de agua de riego es otro de los factores importantes en la producción de FVH. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su potabilidad. Puede ser agua de pozo, agua de lluvia o agua de la llave. Si el agua disponible no es potable, se podrían tener problemas sanitarios por lo que se recomienda realizar un análisis microbiológico para usar el agua de manera confiable.
- **pH del agua de riego.** El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5,5 y 6,0 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7,5 el resto de las semillas empleadas en la producción de FVH, no se comportan eficientemente por arriba de 7 para favorecer la disponibilidad y absorción de los nutrimentos se recomienda que el pH de agua de riego sea de 5,5 a 6,5.

2.13. La Cebada (*Hordeum vulgare*)

2.13.1. Origen

Su cultivo se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el 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.

2.13.2. Morfología y Taxonomía

La cebada pertenece a la familia *Poaceae*. Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*); si aborta la espiguilla central, quedando las dos

espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*); si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*).

- **Hojas:** 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.
- **Raíces:** el sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. 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.
- **Tallo:** el tallo es erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 m. a un metro.
- **Flores:** las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es autógama. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.
- **Fruto:** el fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda.

2.13.3. Requerimientos Edafoclimáticos

- **Clima.** Las exigencias en cuanto al clima son muy pocas, por lo que su cultivo se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. La cebada requiere menos unidades de calor para

alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes. En Europa llega a los 70° de latitud Norte, no sobrepasando en Rusia los 66°, y en América los 64°. En cuanto a la altitud, alcanza desde los 1.800 m. en Suiza a 3.000 m. en Perú, ya que es entre los cereales, el que se adapta mejor a las latitudes más elevadas (teniendo la precaución de tomar las variedades precoces).

- **Temperatura.** Para germinar necesita una temperatura mínima de 6°C. Florece a los 16°C y madura a los 20°C. Tolera muy bien las bajas temperaturas, ya que puede llegar a soportar hasta -10°C. En climas donde las heladas invernales son muy fuertes, se recomienda sembrar variedades de primavera, pues éstas comienzan a desarrollarse cuando ya han pasado los fríos más intensos.
- **Suelo.** La cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. No le van bien los terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo. Los terrenos compactos no le van bien, pues se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta.

En cuanto al calcio, la cebada es muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos muy calizos, por lo que muchas veces a este tipo de suelos es corriente llamarlos “cebaderos”, si bien tiene un amplio margen en cuanto a tolerancia de diferentes valores de pH. La cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad, estimándose que puede soportar niveles de hasta 8 mmhos/cm, en el extracto de saturación del suelo, sin que sea afectado el rendimiento.

2.14. El Sorgo (*Sorghum bicolor*)

2.14.1. Origen

Los primeros informes muestran que el sorgo existió en India en el siglo I d. C. Las esculturas que lo describen se hallaron en ruinas asirias de 700 años a. C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central (Etiopía o Sudán), pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad. Esta disminuye hacia el norte de África y Asia. Existen, sin embargo, ciertas evidencias de que surgió en forma independiente tanto en África como en la India.

El sorgo como cultivo doméstico llegó a Europa aproximadamente hacia el año 60 d. C. pero nunca se extendió mucho en este continente. No se sabe cuándo se introdujo la planta por primera vez en América.

Las primeras semillas probablemente se llevaron al hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África.

Los primeros sorgos dejaban mucho que desear como cultivo granífero. Eran muy altos y, por lo tanto, susceptibles al vuelco y difíciles de cosechar. Además, maduraban muy tardíamente. El desarrollo posterior de tipos precoces, así como de variedades resistentes a enfermedades e insectos, junto con el mejoramiento de otras prácticas de producción, estableció firmemente el sorgo granífero como un importante cultivo.

El proceso más trascendental, sin embargo, aún no había llegado. Los híbridos se hicieron realidad hacia 1950 y actualmente los rendimientos alcanzan más de 13440 kg /ha en los sorgos graníferos híbridos.

2.14.2. Taxonomía y Morfología

- **Familia:** *Poaceae*. **Especies:** *Sorghum vulgare* L.

- **Porte:** la planta de sorgo tiene una altura de 1 a 2 m.
- **Sistema radicular:** puede llegar en terrenos permeables a 2 m de profundidad. Tiene tres clases de raíces, laterales, adventicias y aéreas.
- **Tallo:** también llamado caña, es compacto, a veces esponjoso, con nudos engrosados. Puede originar macollos (unidad estructural de la mayoría de las especies de gramíneas. Se forman a partir de las yemas axilares o secundarias del meristemo basal del eje principal), de maduración más tardía que el tallo principal. La presencia de macollos es varietal y está influenciada por la fertilidad, las condiciones hídricas y la densidad.
- **Hojas:** se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas, de forma linear lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. Tiene lígula en la mayoría de los casos. El borde de las hojas presenta dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central del haz facilitando el arrollamiento de la lámina durante periodos de sequía.
- **Inflorescencias:** presenta inflorescencias en panojas compactas, semicompactas o semilaxas, con espiguillas que nacen a pares, una fértil y la otra estéril.
- **Semilla:** esféricas y oblongas de 3 mm, de color negro, rojizo y amarillento.

2.14.3. Requerimientos Edafoclimáticos

- **Agua.** El sorgo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad en el suelo que la mayoría de los cereales y crece bien bajo una amplia gama de condiciones en el suelo.

Responde favorablemente a la irrigación, requiriendo un mínimo de 250 mm durante su ciclo, con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm.

Es fundamental que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra para lograr una emergencia rápida y homogénea y con ello una buena implantación del cultivo.

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panojamiento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen mermas en los rendimientos.

El sorgo, además tiene la capacidad de permanecer latente durante un periodo de sequía y reemprender su crecimiento en periodos favorables, aunque estas situaciones de estrés modifican su comportamiento.

- **Temperatura.** El sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que otros cultivos.

Para la germinación necesita una temperatura de suelo no inferior a los 18 °C.

El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C, situándose el óptimo hacia los 32 °C.

Durante la floración requiere una mínima de 16 °C, pues por debajo de este nivel se puede producir esterilidad de las espiguillas y reducir el rendimiento del grano. Por el contrario, resiste bien el calor, si el suelo es suficientemente fresco no se comprueba corrimiento de flores con los fuertes calores.

- **Suelo.** El sorgo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas. Prefiere suelos

profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8.

Es moderadamente tolerante a suelos con alguna salinidad y/o alcalinidad, siendo su comportamiento, ante esas condiciones mejor que la de otros cultivos como maní, soja y maíz.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación, se realizó en la ciudad de La Paz, en la estación Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, la misma que se encuentra ubicada a 15 Km al sudoeste de la ciudad a una altitud de 3400 m.s.n.m., latitud Sur 16°32" y longitud Oeste 68°8" (IGM, 2007).

3.1.2. Características Generales del Lugar

Las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura de 21°C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta -3°C, en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección Este, la temperatura media es de 13,5°C con una precipitación media de 400mm, las heladas se manifiestan en 15 días de los años con temperaturas por debajo de 0°C, la humedad relativa media es 46%(SENAMHI, 2009).

3.1.3. Características de la Unidad de Producción

El trabajo de investigación se desarrolló en una carpa solar perteneciente a la Estación Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía que cuenta con las siguientes características, tiene una superficie de 60 m², con 6m de ancho y 10m de largo, con una estructura completamente de madera (listones y callapos), está totalmente recubierta con agrofílm como ser laterales y techo construida a dos aguas con una altura superior de 3,5m y una altura inferior de 2,2m, el piso tiene un relleno de cascajo, para la ventilación cuenta con cuatro ventanas ubicadas dos en cada lateral de la carpa, en el interior cuenta con una protección a manera de cielo raso de agrofílm para evitar el ingreso directo de radiación solar.

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetal

Para la investigación se llega a usar 18 kg de semilla de cebada y 18 kg de semilla de sorgo rojo, ambas semillas adquiridas de mercados locales.

3.2.2. Material de Campo

- Bandejas de madera de 1m x 0,5m, con base de plástico negro, 24 unidades
- Mochila aspersora de 20 L de capacidad
- Balanza electrónica de 100 kg de capacidad
- Hipoclorito de sodio al 1% de concentración
- Plástico negro
- Sacos de yute de 45 kg
- Baldes de 18 L
- Termómetro de máximas y mínimas (50° C)
- Regla metálica de 30 cm
- Planilla de registro de datos

- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica
- Identificadores plásticos para bandejas (marbetes)

3.2.3. Infraestructura

- Carpa solar
- dos Estantes fijos de madera de 4m de largo y 1m de ancho

3.2.4. Material de Gabinete

- Equipo de computación
- Material de escritorio
- Tablas de registros

3.3. Metodología

3.3.1. Acondicionamiento de la Carpa Solar

Se realizó con 7 días antes al inicio del trabajo de investigación del FVH con la intención de disminuir los problemas sanitarios que perjudicarían al cultivo.

Las actividades para el acondicionamiento de la carpa consistieron en un lavado y desinfección de la carpa, desinfección de las bandejas y de los estantes, con hipoclorito de sodio al 2%, refacción de bandejas. Adquisición de equipos y herramientas como ser termómetros mochila pulverizadora, balanzas analógicas y digitales. También se instaló una fuente de provisión de agua potable para los posteriores lavados y riegos del cultivo.

3.3.2. Selección de la Semilla

Las semillas de cebada y de sorgo, fueron adquiridas en el mercado local y fueron sometidas a una pequeña prueba de germinación para probar su viabilidad.

Las semillas adquiridas fueron pasadas por un tamiz para eliminar las semillas rotas o en mal estado, luego se retiró manualmente otros tipos de impurezas como son cascara, ramitas, pajas, etc. Que permanecieron luego del tamizado.

3.3.3. Lavado y Desinfección de Semillas

Este procedimiento consiste en sumergir las semillas en agua con hipoclorito al 1% (10mL de hipoclorito de sodio en un litro de agua) y posterior lavado de las semillas, este lavado tiene por objetivo eliminar bacterias y hongos perjudiciales para este tipo de cultivos, en este proceso también se pueden retirar las semillas inviables que flotan en el agua.

El tiempo de desinfección es muy importante ya que no debe pasar demasiado tiempo porque afecta a la viabilidad del embrión, el tiempo recomendado es de 1 minuto con 30 segundos, por último se enjuagan las semillas de 3 a 4 veces con abundante agua limpia con el fin de eliminar los restos del hipoclorito que hubieran quedado en las semillas.

3.3.4. Remojo, Oreo y Pre germinación de las Semillas

Para el remojo, las semillas fueron pesadas de acuerdo con sus respectivos tratamientos luego fueron colocados en sacos de yute para facilitar el oreo de las mismas, el remojo fue de 11 horas sumergidas en baldes de agua limpia y 1 hora y media el tiempo de oreo de las semillas para que no se ahoguen, luego del oreo se las volvieron a sumergir en los baldes con nueva agua limpia por 11 horas y media, con el propósito de maximizar las imbibición de las semillas.

Este mismo procedimiento se siguió para ambas especies la cebada y el sorgo.

3.3.5. Siembra en las Bandejas

Una vez realizados los anteriores pasos, se procede a realizar la siembra del sorgo y la cebada en la superficie de las bandejas con un espesor no mayor a 1,5 centímetros de acuerdo a las densidades para cada tratamiento planteado de 2,5, 3,0 y 3,5 kilogramos/m². Para el experimento se usó bandejas de medio metro cuadrado donde se empleo 1,25, 1,5, y 1,75 kilogramos de semilla/m² tanto de sorgo como de cebada, una vez sembradas todas las bandejas son llevadas a los estantes recubiertos con plástico negro con el objetivo de proporcionar un ambiente de semioscuridad para conservar la humedad y favorecer el proceso de germinación.

Las semillas permanecen bajo estas condiciones por un tiempo de 48 horas con riegos constantes a fin de mantener una humedad constante.

3.3.6. Fase de Producción

Esta etapa comienza al tercer día luego se la siembra, inicia retirando el plástico negro de los estantes de germinación, que para este día las semillas ya han germinado en su mayoría, tienen una altura promedio de 1.5 cm con los cotiledones verdes y una raíz desarrollada.

Desde este momento los cuidados son de riego constante solo con agua potable sin ningún tipo de nutriente, hasta el día de la cosecha, que será al decimo segundo día después de la siembra.

3.3.7. Riego de las Bandejas

El periodo de riegos inicia cuando las semillas entran para la germinación a la fase de semioscuridad con un riego leve de 0,5 litros de agua por bandeja/día, esto para los dos días que dura esta etapa.

El riego para la etapa de producción se realizó de 4 a 5 veces por día dependiendo de las condiciones ambientales existentes en el lugar, el riego inicio con 0.36 L de agua por bandeja/día incrementándose hasta llegar a 1,25 L por bandeja/día con intervalos ente riegos de 3 a 4 horas, comenzando 7:00 hasta 19:00, esta periodo de riego dura hasta el día de la cosecha el décimo segundo día después la siembra.

3.3.8. Cosecha

La cosecha se realizó el día décimo tercer día luego de la siembra, este se realizó con la recolección directa del FVH de las bandejas y respectivo pesaje de cada una de ellas y luego se pasa a realizar un muestreo, para su posterior evaluación nutricional del FVH tanto de cebada como de sorgo, estos análisis nutricionales fueron mandados a hacer al laboratorio del Instituto Nacional de Laboratorios de Salud – INLASA.

3.4. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizo para esta investigación fue el diseño completamente al azar con arreglo bi – factorial con seis tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo en total de 24 unidades experimentales, los datos fueron analizados con el software INFOSTAT con las respectivas pruebas de Duncan.

3.4.1. Factores y Tratamientos

- a) Factores: esta investigación tuvo dos factores, el primer Factor A = Cereales y como Factor B = densidades de siembra.

Factor a: Cereales

a₁: Cebada

a₂: Sorgo

Factor b: Densidades de siembra

$$b_1: 2,5 \text{ kg/m}^2$$

$$b_2: 3,0 \text{ kg/m}^2$$

$$b_3: 3,5 \text{ kg/m}^2$$

b) Tratamientos

Con un total de seis tratamientos con cuatro repeticiones

$a_1 b_1$ = cebada con densidad de siembra de 2,5 kg/m²

$a_1 b_2$ = cebada con densidad de siembra de 3,0 kg/m²

$a_1 b_3$ = cebada con densidad de siembra de 3,5 kg/m²

$a_2 b_1$ = sorgo con densidad de siembra de 2,5 kg/m²

$a_2 b_2$ = sorgo con densidad de siembra de 3,0 kg/m²

$a_2 b_3$ = sorgo con densidad de siembra de 3,5 kg/m²

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del factor A (cereales)

β_j = Efecto del factor B (Densidades de siembra)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre dos factores (AxB)

ϵ_{ijk} = Error Experimental

3.4.2. Unidad Experimental

La unidad experimental consto de una bandeja con una superficie de 0.5 m² con marco de madera y una base de plástico negro.

3.4.3. Unidad de Muestreo

La toma de muestras de cada bandeja se realizó en tres niveles superior, medio e inferior excluyendo los bordes.

3.5. Variables de Respuesta

3.5.1. Por ciento de Germinación

Para la determinación de esta variable se realizó un conteo en número de semillas germinadas por cada 100 semillas en las bandejas de los tratamientos, para esto se aislaron las 100 semillas dentro de la bandeja y de esta forma se obtuvo el por ciento de germinación y se la hizo uno por cada tratamiento.

3.5.2. Altura de la Plantas

Transcurridos tres días luego de la siembra se comienza con la toma de la altura de las plantas de FVH. Para esto se toma aleatoriamente 10 plantas de la parte central de la bandeja y esta estratificada en tres regiones alta, media y baja; se midió con una regla metálica desde el cuello de la planta hasta la última hoja superior de la planta expresada en centímetros, se tomaron medidas hasta el día de la cosecha.

3.5.3. Rendimiento de Materia Verde

Se determinó el rendimiento de materia verde al momento de la cosecha, realizando el pesaje del FVH con una balanza analógica, de cada tratamiento, haciendo una relación de kilogramos por metro cuadrado.

3.5.4. Producción de Materia Seca

Para la determinación de la materia seca de cada uno de los cereales, se tomo muestras representativas de cada bandeja para luego mandarlas a analizar al laboratorio del Instituto Nacional de Laboratorios de Salud – INLASA.

El contenido de materia seca fue evaluada mediante el método AOAC945,48 realizado por el INLASA, para ambos cereales.

3.5.5. Por ciento de Proteína Cruda

Para la obtención del porcentaje de proteína se procedió de la misma manera, tomando muestras representativas de las bandejas y mandadas a analizar al laboratorio de INLASA.

Estas muestras fueron evaluadas mediante el método AOAC960,52 para ambos cereales

3.6. Análisis Económico

Los costos de producción se basaron en costos fijos y costos variables, para obtener el costo actual de producción de un kilogramo de forraje verde hidropónico, buscando minimizar la inversión.

3.6.1. Evaluación Económica

Se realizó el análisis económico consiste en el cálculo del beneficio neto y las relaciones beneficio costo (B/C) en base a los rendimientos obtenidos el costo invertido por cada bandeja.

– **Ingreso bruto:**

$$\mathbf{IB = R * P}$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = rendimiento

P = precio

– **Ingreso Neto**

$$\mathbf{IN = IB - C}$$

Donde:

IN = ingreso neto

IB = ingreso bruto

C = costo de producción

– **Relación benéfico costo**

$$\mathbf{B/C = beneficio\ bruto/costo\ total\ invertido}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presentación de los datos obtenidos y con objetivo de mostrar el efecto de las diferentes densidades de siembra en dos tipos de cereales como son el sorgo y la cebada bajo sistema hidropónico, para la determinación del rendimiento por metro cuadrado, el valor nutricional de ambos cereales y los costos de producción respectivos.

4.1. Fluctuaciones de la Temperatura

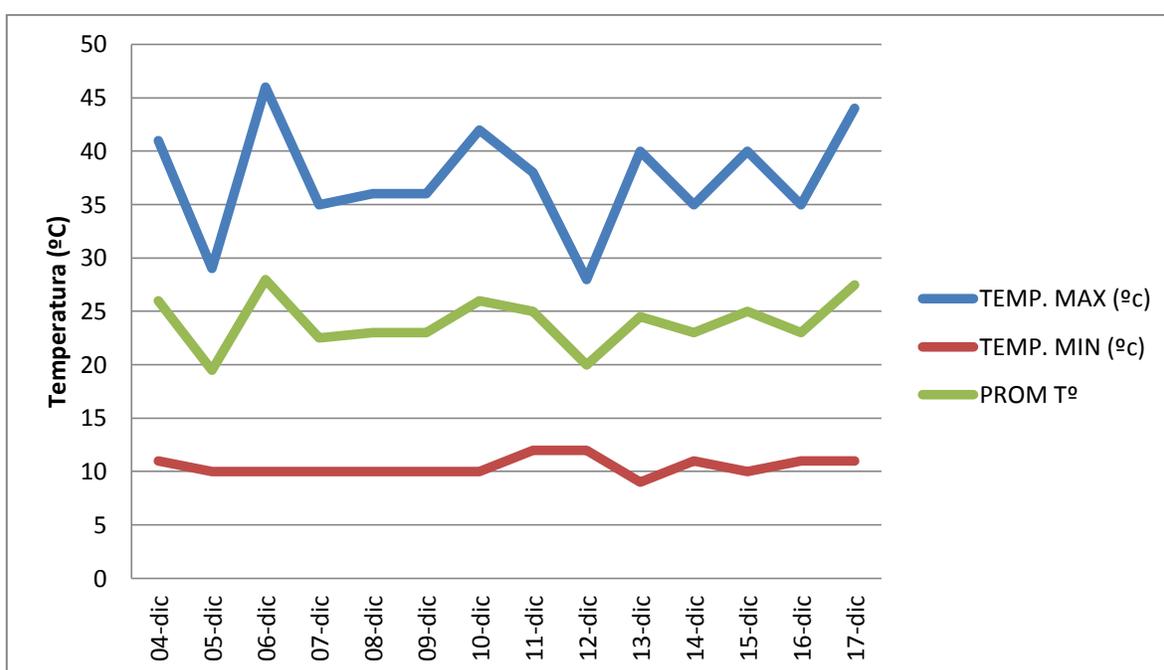


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y promedio del interior de la carpa solar.

La Figura 1 muestra la variación de la temperatura durante el transcurso del experimento. Se observa un rango de temperaturas constantes dentro de la instalación de producción de forraje hidropónico registrando una temperatura mínima de 10,5 °C y una máxima de 35,5 °C y un promedio de 24°C.

Al respecto FAO (2001) manifiesta que la temperatura óptima para la producción de forraje hidropónico esta entre los 18 y 26° C, con temperaturas máximas y mínimas de 29 y 5° C respectivamente.

Con la comparación de temperaturas promedio se aprecia que estamos dentro de los rangos recomendados, sin embargo se observa una temperatura máxima por encima de los límites recomendados, la cual no llega afectar de manera significativa en la producción de forraje verde hidropónico.

4.2. Calidad de Semillas.

En las pruebas para determinar la calidad de la semilla de cebada y sorgo se obtuvo un porcentaje de germinación de 98 y 96,7 % respectivamente y se obtuvo una pureza física de 98 y 95 % para la cebada y el sorgo, lo que garantiza la viabilidad y calidad de la semilla aptas para la realización del experimento.

Los resultados ayudan a tomar decisión sobre el uso o no de las semillas ya que inciden directamente en los rendimientos de los cultivos, ya que coinciden con las recomendaciones que hacen FAO (2001) y Gallardo (1997), quienes consideran usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales y disponibles con un porcentaje de germinación mayor al 80%.

La selección de una buena semilla está ligada al éxito del FVH, tanto en calidad genética como también su fisiología. La semilla debe tener un porcentaje de germinación inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH, por lo tanto se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación (Gallardo, 2000).

4.3. Altura de Planta

La lectura de la altura de plantas de ambas especies fue tomada en centímetros desde la parte del cuello a la punta del ápice, para el análisis de varianzas se trabajó con datos de la última semana.

Cuadro 1. Análisis de la Varianza para la Altura de Planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Cereales	10,67	1	10,67	2,23	0,1524 NS
Densidad	0,38	2	0,19	0,04	0,9609 NS
Variedad por Densidad	6,1	2	3,05	0,64	0,5398 NS
Error	85,99	18	4,78		
Total	103,13	23			

NS no significativo

El coeficiente de variabilidad para la altura de planta de 15 %, lo que nos muestra que el manejo de las unidades experimentales fue muy bueno y que los datos tomados en campo son confiables.

En el Cuadro 1 se pueden observar los resultados del análisis de varianza efectuados para la variable altura de planta, donde se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas entre el factor de densidad de siembra, así mismo se puede notar que también no existen diferencias estadísticas entre ambos cereales. En cuanto a la interacción igualmente no se encontraron diferencias estadísticas entre cereales y densidades de siembra.

Cuadro 2. Prueba de Duncan para la altura de planta para la interacción de cereal y Densidad

Cereal	Densidad	Media	Orden según el rango
Cebada	D2	15,58	A
Cebada	D1	15,34	A
Sorgo	D3	14,22	A
Cebada	D3	14,19	A
Sorgo	D1	13,68	A
Sorgo	D2	13,21	A

El anterior Cuadro 2 nos muestra la prueba de Duncan para la interacción de los factores de cereales por densidad donde se puede observar que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos ya que todos llegan a tener medias similares, pero podemos destacar el tratamiento Cebada con densidad de 3 kg/m² es el que obtiene una mayor altura media de 15,58 cm en cambio el tratamiento de sorgo con 3 kg/m² de densidad es el que menos altura gana con una altura media de 13,21 cm

La cosecha de FVH se realiza cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 15 a 25 centímetros. Este desarrollo demora de 9 a 15 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego. Como resultado obtendremos un gran tapete radicular, (Izquierdo, 2001).

Para este punto, Luna (2013), obtuvo alturas de 23,83, 22,15 y de 21,58 centímetros para distintos métodos de siembra de forraje verde hidropónico de cebada.

Los datos obtenidos en el ensayo varían en comparación a los datos obtenidos por otros autores que usan una solución nutritiva en el agua de riego, al respecto se puede mencionar que en este ensayo no se uso ningún tipo de solución nutritiva lo que pudo influir en la altura de planta que se obtuvo de 15,58 y de 13,21 centímetros para la cebada y el sorgo respectivamente.

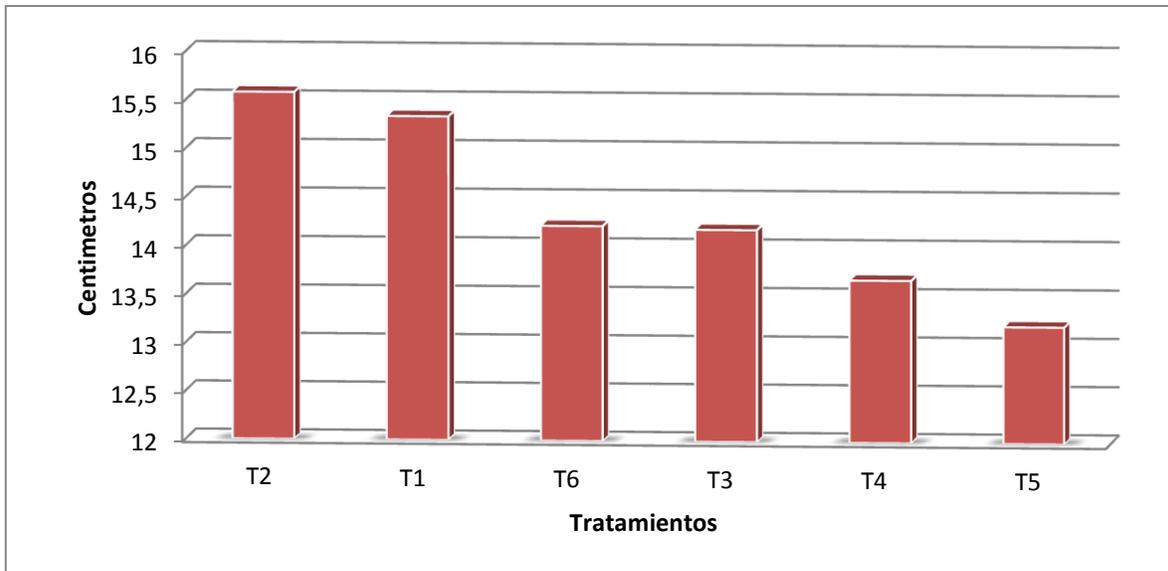


Figura2. Promedio de altura de planta de los cereales bajo tres densidades de siembra de forraje verde hidropónico

En la Figura 2 se puede observar las medias de las alturas de los tratamientos donde destaca el tratamiento 2 con un altura media de 15,58 cm para la cebada y la mejor altura media de sorgo fue de 14,22 cm para el tratamiento 6.

Además Burdisso (2006), señala que el forraje verde hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de semillas de granos de cereales como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo, etc. O de leguminosas como la alfalfa que han crecido por un periodo de 9-12 días logrando alcanzar una altura de 20-25 cm.

FAO (2005), indica que el germinado de sorgo puede ser sembrado en cualquier material (plástico, metal, cartón), así obtener un crecimiento de 20 cm de altura de la planta, a una edad máxima de 16 días.

Los resultados de altura de planta obtenidos en el experimento varían con relación a otras revisiones literarias, esto probablemente fue provocado por que no se hizo el uso de ningún tipo de solución nutritiva para la producción de este forraje, ya que el riego se realizó únicamente con agua y la única fuente de nutrientes fue la que la semilla tiene como reserva en los cotiledones.

4.4. Rendimiento de Materia Verde

De acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento de forraje verde hidropónico cosechado a los 13 días posteriores a la siembra, se tiene las evaluaciones de factores y su interacción resumidas en el siguiente cuadro 6.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable rendimiento de forraje verde hidropónico

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,28	5	1,46	1,04	0,423
Variedad	3,68	1	3,68	2,64	0,1217 NS
Densidad	1,31	2	0,66	0,47	0,6327 NS
Variedad*densidad	2,29	2	1,14	0,82	0,4567 NS
Error	25,12	18	1,4		
Total	32,4	23			

NS no significativo

El cuadro 3 se observa los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento de forraje verde hidropónico donde se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas para ambos factores como también para la interacción de los factores, para un mejor entendimiento de los resultados se realizó la prueba de Duncan para la interacción de factores, cereales por densidad de siembra.

Cuadro 4. Prueba de Duncan para el rendimiento de FVH para la interacción, cereal por densidad de siembra

Cereal	Densidad	Medias	Orden según el rango
Cebada	D2	8,8	A
Cebada	D3	8,03	A
Sorgo	D1	7,98	A
Cebada	D1	7,93	A
Sorgo	D2	7,38	A
Sorgo	D3	7,05	A

Del anterior cuadro 4 podemos observar que la cebada con una densidad de 3 kg/m² alcanza un rendimiento medio de 8.8 kg/0.5m²de FVH en cuanto al sorgo tenemos como mejor rendimiento al tratamiento 4 con una densidad de siembra de 2.5 kg/m² con 7,98 kg/0,5m²de FVH.

Además, se ha establecido que se puede obtener de 1 kg de sorgo, 9 kg de forraje verde hidropónico y una rápida recuperación de la inversión en la infraestructura e insumos para la obtención del FVH (Elmejorguía, 2009).

Romo (2010), encontró que el mayor rendimiento de FVH se observó en la producción de láminas de polietileno rígido en comparación con los demás tratamientos. El rendimiento de FVH fue de 57,3% (3,613 kg/700 g de semilla); porcentaje menor al obtenido en condiciones de invernadero.

Los rendimientos son variables, se han reportado de 9-10 kg de forraje por kilo de semilla de cebada, mientras que en instalaciones automatizadas se ha logrado obtener de 12-14 kilos de forraje por kilogramo de semilla cuando el FVH tiene 14-15 días (Samperio, 2009).

Con respecto a este punto podemos decir que los rendimientos encontrados en el ensayo están ligeramente por de bajo de rendimientos recomendados por otros autores que son de 9 kg por kilo de semilla a lo que se obtuvo 8,8 kg de FVH por cada 1,25 kg de semilla para la cebada. Y para el sorgo recomiendan un rendimiento de 9 kg de FVH por kilogramo de semilla en comparación a lo obtenido que fue de 7,98 de FVH por 1,5 kg de semilla.

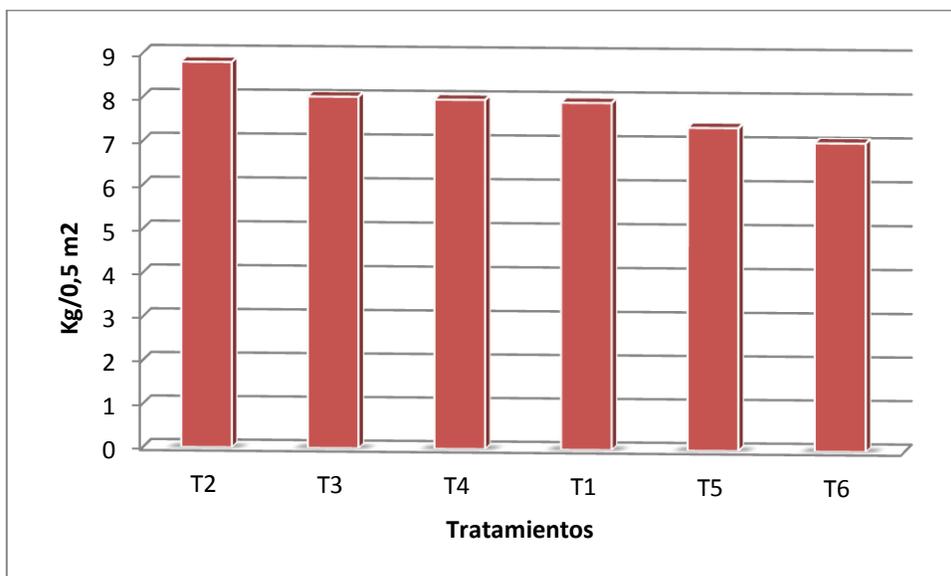


Figura 3. Rendimientos promedio de forraje verde hidropónico por tratamientos

La Figura 3 muestra las diferencias que se encuentran entre los rendimientos promedios de cada tratamiento son mínimas, pero se puede destacar a los tratamientos que usaron cebada T2 y T3 son los que mayor rendimiento obtuvieron, pero un tratamiento que uso sorgo tiene un rendimiento similar al T3 con que obtuvo 7,98 kg/0,5 m² con una densidad de siembra de 1,25 kg/0,5 m².

4.5. Por ciento de Materia Seca

El porcentaje de materia seca por unidad de superficie obtenido durante todo el periodo de la realización del experimento, se obtuvo como el más alto al tratamiento T3 para la

cebada y fue de 2,4 kg de materia seca (MS) y para el sorgo la producción de materia seca mas alta fue la del tratamiento T4 con 2,1 kg de materia saca.

El rendimiento de materia seca en condiciones de campo reportados por Gonzales, (1995) fue de 0,375 kg/MS/m² en un periodo de 137 días.

Cuadro 5. Comportamiento de la materia seca en la producción de forraje verde hidropónico

Tratamiento	promedio (kg TCO/m ²)	% MS FVH	kg MS/ m ²
T1	13,7	12,5	1,7
T2	16,8	12,5	2,1
T3	18,9	12,5	2,4
T4	17,0	12,3	2,1
T5	15,0	12,3	1,8
T6	13,2	12,3	1,6

Romero (2002) menciona que obtuvo un rendimiento de sorgo forrajero genotipo tardío bajo condiciones de campo de 5,61 ton MS/ha entonces serán 0,56 kg MS/m² en un periodo de 1 año.

Los resultados muestran que obviamente la producción de forraje verde Hidropónico supera a la producción de forraje bajo condiciones de campo con una relación para kg MS/m² de 1:6 para la cebada y 1:4 para el sorgo.

También se puede destacar el dato de producción de FVH por kilogramo de semillas que fue de 5,58 y 6,78 kg de FVH por Kilogramo de semilla de cebada y sorgo respectivamente; Tarrillo (2007), argumenta que de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad y Valdivia (1997) indica que se puede considerar un buen rendimiento en forraje bajo sistemas hidropónicos cuando

la relación se mantiene en una relación de 1 : 5 ya que obtener un mayor volumen resulta complicado debido al no aportar con ninguna solución nutritiva.

Por lo tanto podemos decir que los resultados están dentro de los parámetros, ya que en el experimento se obtuvo 5,6 y 6,8 para la cebada y el sorgo respectivamente, sin la aplicación de ningún tipo de solución nutritiva.

4.6. Porcentaje de Proteína Cruda

De acuerdo a la figura 4 se puede observar la diferencia que existe entre ambos cereales como son la cebada y el sorgo con respecto a una producción de forraje verde hidropónico, el mayor porcentaje de proteína cruda lo obtuvo el sorgo con 17,2% y 12% para la cebada, en un periodo de producción de 13 días luego de la siembra en las bandejas.

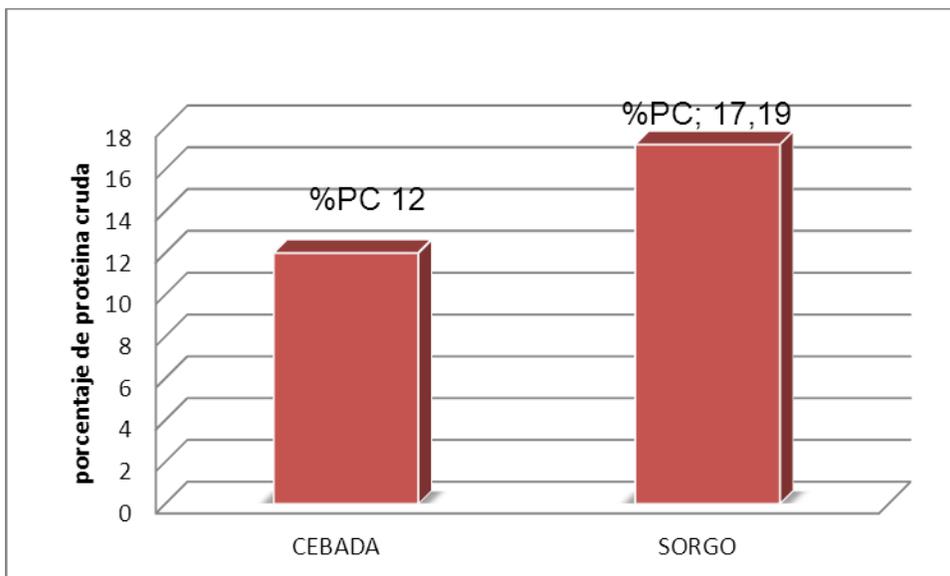


Figura 4. Comparación del nivel de Proteína Cruda de ambos cereales

Al respecto Bohnert (2002), menciona que un forraje con un contenido de proteína mayor al 6% ya es un forraje de buena calidad. En función a esto, se considera que los

resultados obtenidos están satisfactoriamente dentro de los parámetros de ser un forraje de alta calidad.

Según Müller (2005) establece que pueden haber reducciones de PC conforme avanza la madurez del cultivo, pues aduce que a una edad de 12 días obtuvo FVH de maíz con 17,4% de PC y a los 14 días se redujo a 13,4%; Sin embargo, el contenido mínimo de PC que debe tener un FVH es de 7%; para Tarrillo (2007), considera como rangos normales en producción de FVH entre 12 – 25% de proteína cruda.

Los factores que afectan los contenidos de PC son principalmente la edad de cosecha, pues en el FVH de sorgo se obtuvo 10,4% de PC a 20 días de edad (Vargas, 2008).

Entonces para el resultado de 17,2% PC para el sorgo y de 12% PC para la cebada, fue debido a la edad de cosecha del FVH que para el experimento se realizó, una cosecha a los 13 días, este resultado muestra que el forraje obtenido está dentro de los rangos citados de 12% a 24% de proteína cruda.

4.7. Análisis Económico

Cuadro 6. Valoración del forraje hidropónico de cebada y sorgo según el contenido de proteína para la obtención del ingreso

Tratamientos	Costo de prod (Bs/m ²)	Rendimiento (kg/m ²)	Cont. De Prot. (%)	Precio Bs/kg fvh	Ingreso bruto (Bs)	Ingreso neto (Bs)
Ceb D1	9,3	13,7	12	3	40,9	31,7
Ceb D2	10,9	16,8	12	3	50,2	39,4
Ceb D3	12,5	18,9	12	3	56,6	44
Sor D1	5,2	16,9	17,2	4,3	72,9	67,6
Sor D2	6,1	15	17,2	4,3	64,5	58,4
Sor D3	6,9	13,2	17,2	4,3	56,5	49,6

El Cuadro 6 nos muestra el costo de producción en (Bs/m²) donde están incluidos los costos fijos y costos variables para la producción de un metro cuadrado de FVH de Cebada y de sorgo bajo tres diferentes densidades de siembra, también se muestra el rendimiento de estos por metro cuadrado de superficie; con una relación muy importante que se hace con respecto a la producción de forrajes, que es el aporte de proteína cruda que tienen estos para la elaboración de piensos y el costo que tiene este y la calidad misma, para este cálculo se tomó como dato base un costo de 3,5 Bs/kg de FVH cebada con un contenido de proteína del 14%, ofrecidos en mercados extranjeros, entonces el precio del FVH dependerá del contenido de proteína como se muestra en el cuadro anterior.

El ingreso bruto viene a ser la multiplicación del precio por kilogramo de FVH en relación al aporte de proteína cruda (%), por los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos, obteniendo así el ingreso neto. Como el mejor tratamiento tenemos al sorgo con densidad de 2,5 kg con rendimiento de 17 kg/m² con un aporte de Proteína de 2,9 kg/m² con una evaluación de costo por kilo de FVH de 4,3 Bs/kg, para obtener un ingreso neto de 67,6 Bs con una relación de beneficio costo de 13,9 Bs como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 7. Relación Beneficio Costo por tratamiento

Tratamientos	Costo de prod. (bs/m²)	Ingreso bruto	Beneficio/Costo
Ceb D1	9,3	41,0	4,4
Ceb D2	10,9	50,3	4,6
Ceb D3	12,5	56,6	4,5
Sor D1	5,2	72,9	13,9
Sor D2	6,1	64,5	10,6
Sor D3	6,9	56,5	8,1

Entonces decimos que por cada boliviano invertido para el tratamiento de Sorgo para una densidad de 2,5 kg/m² se tiene una ganancia de 12.9 Bs/kg FVH.

Como el tratamiento que menos ingreso representa, tenemos al tratamiento de Cebada con 2.5 kg/m² de densidad con un ingreso neto de 31,7 Bs/kg FVH para una relación de beneficio costo de 4,4 Bs/kg FVH o sea que por cada boliviano invertido se tiene una ganancia de 3,4 Bs/kg de FVH.

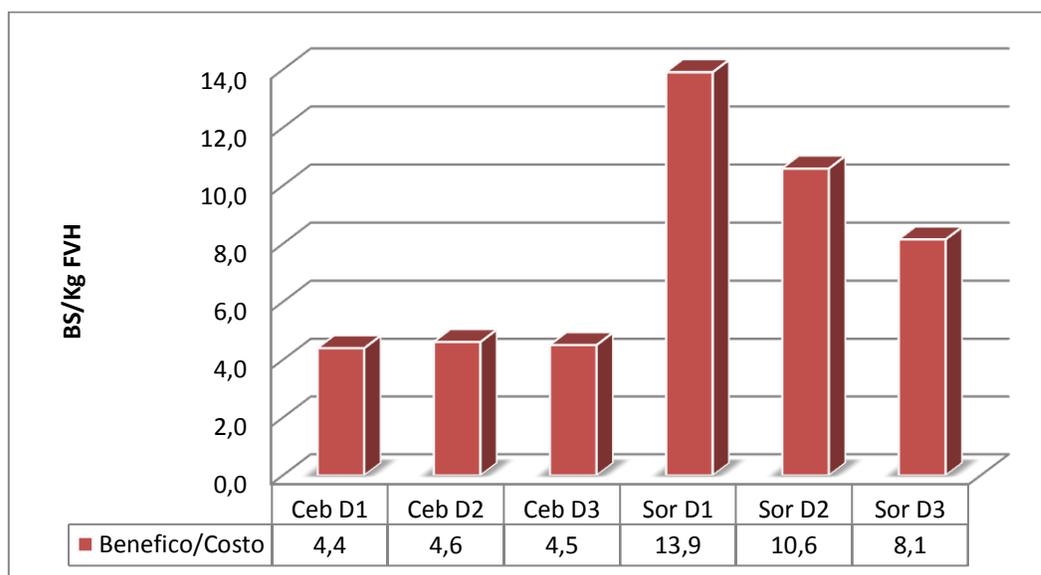


Figura 5. Comportamiento de la relación beneficio costo por tratamiento

De acuerdo a Luna (2013), obtiene una relación de beneficio costo de 2,30 Bs/kg de para el FVH de cebada y un rendimiento de 8,14 kg de FVH. Paucara (2012), Encontró una relación de beneficio costo de 1.31 Bs/kg de FVH pero en ambos trabajos no se hacen una valoración del forraje con respecto al contenido de proteína cruda que tienen los forrajes.

Los beneficios elevados son posiblemente debido al tiempo de cosecha de fue de 13 días para ambos, cosa que para el sorgo se tiene un periodo de cosecha de 16 días otro factor que pudo influir en los costos es la no aplicación de ningún tipo de solución nutritiva en ninguna etapa del experimento.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos así como el análisis de cada una de las variables se llega a las siguientes conclusiones.

- La mejor altura obtenida para la cebada fue el tratamiento 2 con 15,58 cm y la mejor altura que presentó el sorgo fue para el tratamiento 6 con 14,19 cm de acuerdo a la prueba de Duncan, pero que no hubo diferencia significativa entre las alturas medias de los tratamientos.
- El rendimiento obtenido por el tratamiento 2 de cebada fue el que obtuvo el mejor rendimiento de 8,8 kg/0,5 m², y el mejor rendimiento para el sorgo fue el tratamiento 4 con 7,98 kg/0,5 m² según la prueba de Duncan, donde tampoco existieron diferencias significativas entre los rendimientos medios para esta variable.
- El porcentaje de materia seca presentó niveles bajos debido a la no aplicación de ningún tipo de solución nutritiva en ninguna de las etapas de producción de las cuales se destacan para la cebada el tratamiento 3 con un valor de 2,4 kg de MS/m² y el mejor valor para el tratamiento de sorgo fue de 2,1 kg de MS/m².
- El contenido de proteína cruda para el sorgo fue de 17.2% y la cebada alcanzó el 12%, los tiempos de cosecha juegan un papel muy importante para la definición de esta variable.
- Con el aporte de los anteriores datos se realizó el análisis de costos con relación al aporte de proteína por metro cuadrado, donde se encontró que el tratamiento 4 de sorgo con una densidad de 2,5 kg/m² fue la que obtuvo un mayor beneficio con 12,9 Bs por cada boliviano invertido y el mejor beneficio para la cebada fue el tratamiento 3 con una densidad de siembra de 3,5 kg/m² con un beneficio de 3,5 por cada boliviano invertido.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar pequeños niveles de soluciones nutritivas de manera que incrementen los niveles de fibra cruda en el forraje tanto en el sorgo como en la cebada.
- Para entender mejor el comportamiento de proteína en el forraje hidropónico de sorgo, realizar tratamientos con periodos precoces, medios y largos de la cosecha del forraje.
- Realizar futuras investigaciones para la producción de forrajes mixtos con niveles de ambos cereales sorgo y cebada ya que estos podrían complementarse en el contenido de proteína y el contenido de fibra.
- Se recomienda usar niveles de nutrientes en distintas densidades de siembra para la producción de forraje verde hidropónico de sorgo.
- Evaluar la palatabilidad del forraje hidropónico de sorgo en distintas especies de animales de hábito forrajero.

7. BIBLIOGRAFIA

AMADOR, A. 2000. Fenología productiva y nutricional de Maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana. 177p.

ARANO, C., 2008. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra. Buenos Aires – Argentina.

BHONERT, D. 2002. Influencia de la degradabilidad ruminal y suplementario con frecuencia en novillos bajo consumo de forraje de calidad. 297 p.

BURDISSO, L., 2006. Que nos dice la condición corporal de las vacas lecheras. consultado el 07 de noviembre del 2012. Disponible en la página:
http://www.cuencarural.com/lecheria/que_nos_dice_la_condicion_corporal_de_l

CALDERON, F. 1992. Aprende Fácil, cultivos hidropónicos, Forraje verde hidropónico. Fascículo No. 9. Ediciones culturales VER Ltda. Bogotá, Colombia. 152p.

CARBALLIDO, C. 2005. Forraje Verde Hidropónico. Artículos Silvoagropecuarios: Forraje Verde hidropónico (en línea). Disponible en:
www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88. Fecha de consulta 21 de marzo de 2013.

CARBALLO, R. 2008. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. (En línea). Disponible en:
www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm. Fecha de consulta 3 de enero de 2013.

CULTIVOS HIDROPONICOS. 1992, 1992. Revista aprenda fácil, Nº 9, Forraje Verde Hidropónico. Ed. Ver. Bogotá, Colombia.

DURAN, F. 2005. Volvamos al campo, grupo latino. "Editores" Bogotá Colombia.

ELMEJORGUÍA. 2009. Recursos de Hidroponía en español. (en línea). Disponible en: www.elmejorguia.com/hidroponia/Forraje_verde_hidropnico.htm fecha de consulta 19 de septiembre de 2013

FAO, 2002. Manual de Forraje verde hidropónico. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (en línea). Santiago de Ch. disponible en: www.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidro/pdf. fecha de consulta 18 de agosto de 2013.

FAO, 2005. Manual técnico, la Huerta popular de la Organización de Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (en línea). Disponible en: www.veterinaria.uchile.cl/mundogranja2005/proyectos/integrado_ciencias/archivos/MANUAL_HIDROPONIA.pdf. Fecha de consulta 6 de julio de 2013.

FAO., 2001. Manual técnico forraje verde hidropónico. Santiago – Chile

GALLARDO, G. 1997. Producción de forraje hidropónico de cebada en ambiente controlado con tres soluciones nutritivas en dos concentrados. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 48p.

GALLARDO, G. 2000. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Manual N2º. Bogotá, Colombia.

GONZALES, G. 1995. Determinación del estado óptimo forrajero de Cebada mediante rendimiento de Materia Seca y digestibilidad in situ en cinco Estados de desarrollo, Tesis Universidad Mayor de San Andrés. 37p.

GUZMAN, J., 1998. Diseños experimentales y experimentos de campo. Universidad

Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía Colorado. StateUniversity. La Paz – Bolivia .105 p.

HOWARS, R., 2001. Cultivos Hidropónicos. Editorial Mundiprensa. Bogotá – Colombia.

IGM., 2007. Atlas digital de Bolivia - La Paz , Disponible en:
<http://www.igmsantacruz.com/atlascd/index/lapaz/.htm>

INFOAGRO., 2012. El cultivo de la cebada. Documento en línea. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

INFOAGRO., 2012. El cultivo del sorgo. Documento en línea. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>

INFOCAMPO 2009. La venta de invernaderos a productores crece 20% (en línea)
www.infocampo.com.ar/infocampo-semanario/10904-la-venta-de-invernaderos-a-productores-crece-20/ fecha de consulta 10 de agosto de 2013

IZQUIERDO, J. 2000. Hidroponía escolar (en línea). Santiago de Ch. consultado 20 de enero de 2013 disponible en:
[www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidrop/pdf/hidro 1.](http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidrop/pdf/hidro_1.pdf)

IZQUIERDO, J. 2000. Producción de Forraje Verde Hidropónico (en línea). Disponible en www.fao.org/prior/segalim/forraje.htm fecha de consulta 30 de octubre 2013.

IZQUIERDO, J., 2001. El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios por, Oficial de Producción Vegetal, Publicado por la FAO en 2001

LA MOLINA, 2000. Manual práctico de hidroponía. Ed. Mekanobooks. EIRL. Peru, Lima. 96 p.

LUNA, R. 2013. Rendimiento del cultivo de cebada forrajera verde en relación a tres métodos de producción Hidropónica estándar, Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 72p.

MOLINA, J. 1989. La cebada Ediciones Multi-prensa. Madrid, España. 73 p.

MÜLLER, L. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. *Zootecnia Tropical*. 105-119p.

NAVARRETE., 2005. Alimento balanceado-forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos.- *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* [en línea] consultado el 06 de noviembre del 2012. Disponible en:
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html>

NERI, A. 2013. Suplemento nutricional para animales, Forraje verde hidropónico. ABC Rural, Colombia. 30p.

NOGUERA, V. 1993. Curso Superior de especialización sobre cultivos sin suelo. Almería, España. Instituto de estudios Almeraienses. 85-126p.

ÑIGUEZ, C. 1988. Producción de forraje en condiciones de Hidroponía selección de especies y evaluación de cebada y trigo. Ed. Universidad de Concepción Chile. 59p.

PALOMINO, K. 2008. Producción de forraje hidropónico. Primera edición. Empresa editora Macro EIRL. Miraflores Perú. 59p.

PARDO, A. 2007. Manual de Nutrición Animal, grupo latino limitada primera Edición. 34-49p.

PAUCARA, J. 2012. El efecto de dos soluciones nutritivas en la producción de FVH de Maiz(*Zea Maiz*) con diferentes densidades de siembra en la comunidad de Totorani. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 104p.

PEREZ, J., 1999. Manual de cultivos hidropónicos. Ediciones culturales LTDA. Santa Fe de Bogotá – Colombia.

PEREZ, N. 1987. Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía en una crianza artificial de terneros. Universidad de Concepción, Chile. 52p.

RAMUNDA, S. 2013. Forraje verde hidropónico: el cultivo sin tierra (en línea). Disponible en: <http://cuatrociencia.unc.edu.ar/2013/04/09/forraje-verde-hidroponico-el-cultivo-sin-tierra/> fecha de consulta 25 de diciembre de 2013

RESH, H. (2001). Cultivos Hidropónicos; Nuevas Técnicas de Producción, Cuarta Edición, Editorial Mundi Prensa. Madrid-España. 125p.

RODRIGUEZ, S. 2003. Hidroponía: una solución de producción en chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú. 26p.

ROMERO, L. 2002. El sorgo forrajero ¿puede ser un buen Sustituto del maíz? INTA EEA. Argentina. 27p.

ROMO, E. 2010. Evaluación de diferentes materiales de plástico en substitución de charolas convencionales utilizadas en la obtención de forraje verde hidropónico. Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Michoacán, México. 31p.

SAMPERIO, R. 2007. Forraje Verde Hidropónico. Memorias del VIII congreso de rentabilidad de la producción de forraje verde y conservado. Asociación Hidropónica Mexicana, A.C. Queretaro, México. 20p.

SENAMHI., 2009. Boletín climatológico, Climatológico. Disponible en <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/climatologia.php>

SICA, 200. Cultivos Controlados (en línea), Quito – ecuador. Disponible en www.sica.gov.ec/ Consultado fecha de consulta 20 marzo de 2013.

TARRILLO, H. 2005. Manual de Producción de Forraje Verde Hidropónico. Segunda Edición, Ed. Forraje Hidropónico. EIRL. Perú, 41p.

TARRILLO, H. 2007. Forraje Verde Hidropónico de calidad (en línea), en le alimentación animal, disponible en: www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88 fecha de consulta 15 de febrero de 2013.

VALDIVIA, E. 1997. Producción de forraje verde hidropónico. Conferencia internacional de Hidroponía Comercial. Lima – Perú. 59 p.

VARGAS R. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía mesoamericana. 233-240p.

ANEXOS

Cuadro 1. Análisis de varianza para la determinación de la variabilidad del crecimiento de dos cereales bajo tres densidades de siembra con respectiva prueba de Duncan elaborado con el Software INFOSTAT.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CRECIMIENTO	24	0,17	0,00	15,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,15	5	3,43	0,72	0,6184
VARIEDAD	10,67	1	10,67	2,23	0,1524
DENSIDAD	0,38	2	0,19	0,04	0,9609
VARIEDAD*DENSIDAD	6,10	2	3,05	0,64	0,5398
Error	85,99	18	4,78		
Total	103,13	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,7770 gl: 18

VARIEDAD	Medias	n	E.E.
2,00	13,70	12	0,63 A
1,00	15,04	12	0,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,7770gl: 18

DENSIDAD	Medias	n	E.E.
3,00	14,20	8	0,77 A
2,00	14,40	8	0,77 A
1,00	14,51	8	0,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,7770gl: 18

VARIEDAD	DENSIDAD	Medias	n	E.E.
2,00	2,00	13,21	4	1,09 A
2,00	1,00	13,68	4	1,09 A
1,00	3,00	14,19	4	1,09 A
2,00	3,00	14,22	4	1,09 A
1,00	1,00	15,34	4	1,09 A
1,00	2,00	15,58	4	1,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 2. Análisis de varianza para la determinación de la variabilidad del rendimiento de dos cereales bajo tres densidades de siembra con respectiva prueba de Duncan elaborado con el Software INFOSTAT.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	24	0,22	0,01	15,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,28	5	1,46	1,04	0,4230
VARIEDAD	3,68	1	3,68	2,64	0,1217
DENSIDAD	1,31	2	0,66	0,47	0,6327
VARIEDAD*DENSIDAD	2,29	2	1,14	0,82	0,4567
Error	25,12	18	1,40		
Total	32,40	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3956 gl: 18

VARIEDAD	Medias	n	E.E.
2,00	7,47	12	0,34 A
1,00	8,25	12	0,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3956gl: 18

DENSIDAD	Medias	n	E.E.
3,00	7,54	8	0,42 A
1,00	7,95	8	0,42 A
2,00	8,09	8	0,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3956gl: 18

VARIEDAD	DENSIDAD	Medias	n	E.E.
2,00	3,00	7,05	4	0,59 A
2,00	2,00	7,38	4	0,59 A
1,00	1,00	7,93	4	0,59 A
2,00	1,00	7,98	4	0,59 A
1,00	3,00	8,03	4	0,59 A
1,00	2,00	8,80	4	0,59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 3. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de Cebada, realizado por INLASA (instituto nacional de laboratorios de salud)

BOLFOODS		LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ANALISIS SENSORIAL		INLASA La Paz Bolivia	
<u>INFORME DE ENSAYO</u>					
No. LNS-F-6-603-12			Muestra: CEBADA HIFROFÓNICO CD-123-12		
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria					
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta Nº 1889			Procedencia de la muestra: CAMPUS EXPERIMENTAL DE COTA COTA - LA PAZ		
Condiciones de la Muestra: En Bolsa de Polipropileno				Cantidad: 1 Kg.	
Acta de Muestreo: 403720			Tarjeta de muestreo: 50915		
Fecha de recepción de la muestra: 18/12/2012				Hora: 11:50	
Fecha de muestreo: 18/12/2012				Hora: 11:30	
Fecha de realización del ensayo: Del 19 al 24 Diciembre del 2012				Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO					
PARAMETRO	CONTENIDO POR 100g DE MUESTRA	UNIDAD	METODO UTILIZADO		
Humedad	87,51	%	AOAC945.48		
Proteínas	1,92	g	AOAC960.52		
Fibra cruda	4,59	g	AOAC 950.37		
La Paz, 26 de Diciembre del 2012					
NO TIENE VALOR LEGAL "ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN" I. N. L. A. S. A.					
 Dra. L. Esperanza Guillen R. I. N. L. A. S. A. JEFE DE LABORATORIO ^D			 Dr. Edwin Condori Cano DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO INLASA DIRECTOR		
Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.					

Cuadro 4. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de Sorgo, realizado por INLASA (instituto nacional de laboratorios de salud)



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES
 INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "NESTOR MORALES VILLAZÓN"
INLASA
 LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ANALISIS SENSORIAL



INFORME DE ENSAYO Página: 1

No.	LNS-F-6-802-12	Muestra:	SORGO HIDROFÓNICO SD123-12
Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente:		Procedencia de la muestra:	
Rafael Zubieta N° 1889		CAMPUS EXPERIMENTAL DE COTA COTA- LA PAZ	
Condiciones de la Muestra:			Cantidad:
En Bolsa de Polipropileno			1 Kg.
Acta de Muestreo:		Tarjeta de muestreo:	
403720		50914	
Fecha de recepción de la muestra:		Hora:	
18/12/2012		11:50	
Fecha de muestreo:		Hora:	
18/12/2012		11:30	
Fecha de realización del ensayo:			Hora:
Del 19 al 24 Diciembre del 2012			8:30a.m. a 14p.m.

RESULTADO

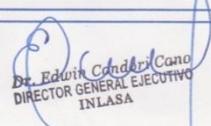
PARAMETRO	CONTENIDO POR 100g DE MUESTRA	UNIDAD	METODO UTILIZADO
Humedad	87,73	%	AOAC845.46
Proteínas	2,75	g	AOAC960.52
Fibra cruda	3,64		AOAC 850.37

La Paz, 26 de Diciembre del 2012

NO TIENE VALOR LEGAL
 "ANÁLISIS DE INVESTIGACION"
 I. N. L. A. S. A.



Dra. Esperanza Guillen R.
JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. a.i.



Dr. Edwin Condero Cano
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO
INLASA

Cuadro 5. Datos de campo tomados durante la ejecución del ensayo

Datos de altura de planta para el sorgo

S-D1				S-D2				S-D2			
REPETICION				REPETICION				REPETICION			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1	0,9	0,7	1	0,8	1	1,1	1,3	1,7	1,7	0,9	0,8
1,2	1	1	1,3	0,8	0,8	0,9	1	1,1	1,5	1,4	1,3
1,5	1,3	1,1	0,7	1,2	0,7	0,8	1,1	0,8	1,2	1,5	1,2
1	1,2	1,1	0,9	1,4	0,6	1,2	1,5	1,5	1,6	1,7	1,5
0,8	1	1,3	1,2	1,3	1,1	1,5	1	1,2	1,6	1,2	1,4
1,2	1,3	1,5	2,3	1,8	2,3	1,9	2	1,7	1,9	2,5	2,1
2,1	1,5	1,6	1,2	1,7	1,2	2,1	2,2	2	2,2	3,2	2
2	1,6	1,7	2,3	1,7	1	1,7	1,7	1,5	2,3	1,4	1,8
1,7	1,5	1,5	1,4	1,9	1,5	2,2	1,6	1,5	1,8	2,1	1,7
1,8	1,9	1,5	1,2	1,6	0,7	1,8	1,5	1,3	1,5	2,5	2
3,8	3,8	3,4	4	3,9	2,7	3,1	3,2	3,5	3,9	3,6	3,6
3,3	2,7	2,8	2,7	2,8	3,8	3,2	3,1	3,1	2,8	3,8	4
3,5	3,2	3,4	3,5	3	3,6	2,7	4,2	3,5	2,5	3	3,5
3,1	3,2	3	2,3	3,5	3,5	4	3,9	3,3	3,8	4,1	3,6
3	3,6	3,2	3,3	2,7	3,1	3,6	3,9	3,4	3,1	3,4	3,1
3,6	2,7	3,3	2,8	2,7	3,2	3,5	5	3,6	3,6	3,7	4,5
2	3,7	3,4	4,2	2,9	3,4	2,5	3,4	3,2	3	3,5	3,2
2,9	2,5	2,8	2,7	3	3	3,3	3,2	3,2	3	3,6	3
2,4	3,4	3,4	3,1	3,2	2,7	2,7	3,2	2,7	3,1	3,6	4
2,9	2,8	2,5	2,7	2,9	3,5	2,8	3,4	3,7	3,1	3,9	2,9
5,6	6	4,6	5,6	4,6	5	4,3	5	5,7	5,2	6	4
3,4	5,6	5,3	5,2	5,8	4,9	4,8	4,1	5,9	5,4	5,4	4,8
5,2	6,2	5,1	4,6	3,9	5	5,9	5,7	4,1	4,5	4,6	4,3
5,9	6	4,9	5,2	3,3	4,9	5,5	3,9	5,5	6,7	4,9	3,5
5,5	6,5	6	4	5,6	5,9	5,2	4,2	5,1	4,6	3,5	3,6
4,6	5,6	4,3	3,4	3,8	5,4	3,1	7,5	5,7	6,4	4,4	3,7
5,7	5,5	5,1	3,5	4,3	4,3	3,7	6	5,7	4	4,5	5,7
4,5	4	4,5	4,8	6,1	3,7	3,5	5,6	4,8	4,8	6,2	5,5
5,3	5,4	4,7	3,8	4	3	3,3	4,2	3,9	5,8	3,8	4,4
3,3	3,4	3,3	4,2	3	3,7	3,7	4,3	3,5	4,4	3,5	3
6,2	5,5	6,1	6,3	5,2	8,3	7,9	7,5	6,1	6,6	6,8	7,9
6,5	6,8	5,4	7,3	4,9	6,2	6,9	7,1	6,7	8,5	6,5	8,3
6,6	5,7	6,3	7,1	5,6	6,9	8,5	7,3	6,5	7	6,7	7,5

Datos de altura de planta para la Cebada

C-D1				C-D2				C-D2			
REPETICION				REPETICION				REPETICION			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1,5	1,2	1,2	0	1,3	0	1,2	0,7	1,3	1,2	0,2	1,5
1,3	0	0	0,6	2	0	1	0	1	0,8	0,3	1,7
1	0,1	0	0,8	1,5	1	0	0,5	0,3	1,3	0,5	1,1
1,2	1,1	0,5	0,5	1,7	1	0,3	0,4	0,4	0,8	1,1	1,8
1,1	0,7	0,7	0,9	1,5	0,9	2	0,8	0,5	1	1,2	1,2
2,6	4,6	2,6	3,6	5,5	4	4,9	3,6	3,2	4,2	4,5	3,7
4,7	5,6	4,2	4	4	5	3	5,9	4,5	5,4	4,7	3,7
2,2	2,8	4,1	4,2	5,2	4,2	4,5	4,5	5,9	5	7	5,2
3	4	3,6	4,1	6,2	5,7	5,7	3,7	4,8	5,5	6,5	5
4,2	4,6	4,5	4,1	6,7	6,7	4,5	2,8	2,9	4,9	5,2	5,2
3,2	4,8	3,9	4,1	5,3	5,7	5,5	3,8	3,3	4,7	4,5	4
3,6	2,5	3,7	3,3	7,4	4,3	5,7	5,8	3,3	5,5	5,4	7,2
5	3,8	3,8	4,2	5,7	4,9	4,8	4,6	4,1	5,5	4	3,3
4,6	4,4	2,5	4,4	6,6	4,4	5,1	4,8	6	6	4,4	5,4
4,5	3,7	3,7	4,4	4,5	3,2	5,2	5,4	4,3	5,5	4,2	5,0
5,8	7,2	6	7	8,3	5,2	8	7,1	6,5	7	8,3	7,6
7	4,5	7,7	6,6	6,5	6,5	8,9	7,8	6,8	7,4	9,2	7,9
8,2	6,3	7	8	7,2	9	7	8,8	6,8	6,4	7,4	6,3
9	6	6,5	9,3	10	6,5	5,8	5,7	8,8	7,6	7,4	6
7,7	6	8,5	8,5	7,6	6,2	6,5	6,8	8,5	8,5	7,6	6,4
6,4	5	7,5	5,8	8,7	6,9	6,7	8	6,6	7,5	8,7	6
6,5	7,1	7,7	6,5	8	8,2	8,8	6,3	7	9	7,9	6,8
6,6	6,6	6,5	7	8,2	5,4	7,2	5,8	5,2	6,8	5,2	8,3
7,4	6,6	5,9	5,9	7	7	7	8,1	5,3	7,4	7,2	7,6
6,7	9,5	7,7	6,4	6,1	8	7,1	6,5	8	5,9	6,6	8
12,5	9	9,4	11,4	11,4	8,3	10,5	10	9,3	10,7	12,5	10
11,4	11,4	10,3	10,3	9,3	13	13	11,5	12	11,7	13,4	9,8
11	10,3	11,2	10,5	11,5	11,5	11,4	9	10	10,5	14,4	11,8
10,3	9,8	10	10,5	13,5	10,7	11,7	11,3	11,5	9,5	10,3	12,3
11,6	11,6	10,4	8	11	11,7	11	9,5	10	12,3	12	11,8
9,7	9	10,1	10,4	11	13,5	9,5	10,5	12,3	12	11,5	11,5
10	8,3	10	9,2	13,4	10	11,5	12,3	11	12,5	12,6	11,9
9,7	9,8	11,8	11,3	10,7	11,5	11,3	10,3	9,7	13,1	12,3	13
11	9,3	10,8	9,6	11,7	11	12,5	11,3	11	10,5	10	11

Cuadro 6. Datos ordenados para la introducción al software INFOSTAT

Datos ordenados de altura de planta

VARIEDAD	DENSIDAD	REPETICION	CRECIMIENTO
1	1	1	15,72
1	2	1	16,61
1	3	1	15,96
2	1	1	11,54
2	2	1	12,08
2	3	1	12,49
1	1	2	16,91
1	2	2	16,71
1	3	2	12,07
2	1	2	12,48
2	2	2	12,27
2	3	2	15,59
1	1	3	12,09
1	2	3	16,42
1	3	3	16,58
2	1	3	17,24
2	2	3	12,41
2	3	3	12,55
1	1	4	16,63
1	2	4	12,59
1	3	4	12,13
2	1	4	13,44
2	2	4	16,09
2	3	4	16,24

Datos ordenados de rendimientos

VARIEDAD	DENSIDAD	REPETICION	RENDIMIENTO
1	1	1	6,7
1	2	1	9
1	3	1	7,3
2	1	1	7,8
2	2	1	7,3
2	3	1	6,5
1	1	2	8,6
1	2	2	10,5
1	3	2	9
2	1	2	7,3
2	2	2	6,5
2	3	2	6,3
1	1	3	6,4
1	2	3	7,2
1	3	3	8
2	1	3	9,9
2	2	3	8,6
2	3	3	7,6
1	1	4	10
1	2	4	8,5
1	3	4	7,8
2	1	4	6,9
2	2	4	7,1
2	3	4	7,8

Cuadro 7. Datos del agua de riego usados en el ensayo

Día	agua (Litros)
1	15
2	15
3	15
4	15
5	20
6	20
7	20
8	20
9	30
10	30
11	30
12	30
Total agua (L)	260
L/bandeja	10,83

Cuadro 8. Cuadros de costos

TRATAMIENTOS	COSTO fvh Bs/m2	costo fijo (Bs)	RENDIMIENTO O (Kg/m2)	Aporte PC/m2	Precio Kg de fvh	ingreso bruto	ingreso neto
Ceb D1	8,30922	0,99	13,65	1,638	3	40,95	31,678
Ceb D2	9,9	0,99	16,75	2,01	3,68	61,64	50,75
Ceb D3	11,55	0,99	18,85	2,262	4,14	78,039	65,499
Sor D1	4,25	0,99	16,95	2,9154	5,34	90,513	85,273
Sor D2	5,1	0,99	15	2,58	4,73	70,95	64,86
Sor D3	5,95	0,99	13,15	2,2618	4,14	54,441	47,501



Figura 1. Selección de impurezas



Figura 2. Remojo y oreo de las semillas



Figura 3. 2º día en cámara oscura



Figura 4. Camara oscura



Figura 5. Formacion de colchon radicales 4º dia



Figura 6. Toma de datos.



Figura 7. Desarrollo del forraje al 6º día



Figura 8. Comparación del ancho de las hojas



Figura 9. Días antes de la cosecha



Figura 10. Cosecha del forraje



Figura 11. Pesaje del forraje



Figura 12. Envío de muestras al laboratorio