

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agrícolas

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**COMPARATIVO DE RENDIMIENTO DE FORRAJE DE TRES
VARIETADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) EN DOS
TIPOS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA, EN EL DISTRITO
DE ILABAYA, PROVINCIA JORGE BASADRE -
TACNA**

TESIS

Presentada por:

Bach. EDILBERTO ARTEMIO PARIHUANA MAMANI

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2010

“UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN -TACNA”

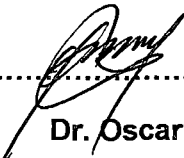
Facultad de Ciencias Agrícolas

Escuela Académico Profesional de Agronomía

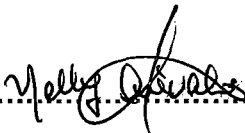
**COMPARATIVO DE RENDIMIENTO DE FORRAJE DE TRES VARIEDADES
DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN DOS TIPOS DE SOLUCION
NUTRITIVA, EN EL DISTRITO DE ILABAYA, PROVINCIA
JORGE BASADRE – TACNA**

**TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 25 DE NOVIEMBRE DEL 2010,
ESTANDO COMO JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:**


PRESIDENTE:


.....
Dr. Oscar Fernández Cutire

SECRETARIO:


.....
MSc. Nelly Arévalo Solsol

VOCAL:


.....
Ing. Arístides Choquehuanca Tintaya

ASESOR:


.....
MSc. Magno Robles Tello

UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN" DE TACNA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
TITULO PROFESIONAL

Tomo: 03

Folle N° 512

El Decano de la Facultad, CERTIFICA:

Que el Bachiller: Parihuana Yamari
Edilberto Antonio

ha sustentado el presente Trabajo de Tesis y ha sido APROBADO
por Unanimitad, con el calificativo BUENO

Tacna, Diciembre 2010



[Signature]
DECANO FCAG

A mis padres Edilberto y Rosa, a mi hermana Rosa que siempre me entendieron y apoyaron en los peores momentos de mi vida e hicieron posible la culminación de mis aspiraciones.

A mi gran impulsor moral y espiritual, mi hija Daniela que ha sido y será por siempre mi motor y mi fortaleza para alcanzar todas las metas que pueda trazarme en la vida.

A todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre – Tacna.

AGRADECIMIENTO

Indudablemente mi mayor agradecimiento a mi asesor MSc. Magno Robles Tello, por apoyarme e impulsarme constantemente en el inicio y conclusión de mi tesis.

A todos mis profesores de la Escuela de Agronomía, por sus cátedras durante toda mi etapa universitaria.

Al Vivero Municipal del distrito de Ilabaya que me acogió cuando di inicio a mi trabajo de investigación

RESUMEN

La presente investigación da a conocer los resultados de la tesis **“Comparativo de rendimiento de forraje de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en dos tipos de solución nutritivas, en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre -Tacna**, se realizó la investigación en el vivero experimental de la municipalidad distrital de Ilabaya, perteneciente a la provincia de Jorge Basadre, Región Tacna

Se empleó como material experimental 3 variedades de cebada: Centenario, San Cristóbal INIA 411 e INIA 416 y dos soluciones nutritivas: Solución nutritiva la Molina y solución nutritiva normal.

El diseño experimental utilizado fue el completamente aleatorio con arreglo factorial de 3 x 2 con una combinación de 6 tratamientos y de cada tratamiento 10 repeticiones contabilizando 60 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó la técnica del análisis de varianza a un nivel de significación α 0,05 y 0,01, para realizar la comparación de medias se realizó la prueba de significación de Duncan a α 0,05 de probabilidad, dentro de los resultados más importantes son:

Para la variable de rendimiento (kg) se encontró que la variedad a_1 : San Cristóbal INIA 411 superó significativamente al resto de variedades con 4,02 kg, en el segundo lugar se ubicó la variedad a_2 : Centenario con 3,69 kg. Asimismo se encontró que la solución nutritiva La Molina superó significativamente con 4,10 kg a la solución nutritiva normal que obtuvo un promedio de 3,32 kg en un área de 240 cm² respectivamente, la interacción resulto altamente significativa, es decir que ambos factores en estudio actuaron conjuntamente

Altura de planta: la variedad a_2 : Centenario superó al resto de las variedades con 28,14 cm, en el segundo lugar se ubica a_1 : San Cristóbal INIA 411 con 25,89 cm, con la solución nutritiva La Molina (b_1) se alcanzó un promedio de 26,20 cm, y la solución nutritiva normal (b_2) se alcanzó 25,51 cm de altura.

Con respecto al diámetro del tallo, con la solución nutritiva se obtuvo un promedio 1,56 mm y con la solución nutritiva La Molina se obtuvo un promedio de 1,24 mm respectivamente, no se halló diferencias estadísticas entre las variedades la interacción resulto altamente significativa.

CONTENIDO

| | Pág. |
|----------------------------|------|
| I. INTRODUCCIÓN | 01 |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 05 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 60 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 75 |
| V. CONCLUSIONES | 93 |
| VI. RECOMENDACIONES | 95 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA | 96 |
| VIII. ANEXOS | 105 |

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores limitantes para la crianza de animales menores (cuyes, conejos) como fuentes de ingreso y mejorar el nivel económico y nutricional del poblador rural en el distrito de Ilabaya se debe a la escasez de forraje en la zona, asimismo la escasez de recurso hídrico en la zona

En esta zona donde los cultivos forrajeros o tradicionales prevalecen la actividad agrícola atraviesa ya severos problemas debido fundamentalmente a la escasa rentabilidad y escasa producción de forraje, que les brinda esta actividad productiva lo que se plasma en la necesidad de desarrollar en la zona mecanismos alternativos de generación de ingresos. Los agricultores propensos al desarrollo de actividades tradicionales, remarcado por el escaso aprovechamiento de las potencialidades productivas de la zona forjadas en torno al clima y recursos propensos al desarrollo de la actividad. Ante ello la posibilidad de aprovechar otros recursos y productos existentes en el medio son poco o nada contempladas (tal es el caso de la producción cunícola), sobre las

cuales existen precedentes exitosos en comunidades similares a las de intervención y una comprobada experiencia en este tipo de explotación.

Entre los cereales de grano pequeño para la zona andina encontramos a la cebada (*Hordeum vulgare*) como cultivo estratégico e importante para sus pobladores, que permite cubrir las necesidades nutritivas, además constituyen fuente de ingresos al comercializarse los excedentes.

Asimismo que debido a que las áreas de terreno destinadas antes para producir forrajes, están siendo orientadas para la producción de alimentos para consumo humano; además, el aumento en la demanda de forrajes se debe también al crecimiento en la población de animales menores. La mejor alternativa para la solución de este problema es la instalación de una unidad de producción de forraje verde hidropónico, bajo un concepto nuevo de producción, ya que para esto, no se requiere de grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción, ni formas de conservación y almacenamiento.

Dentro de estas alternativas, la producción hidropónica de forraje fresco ofrece una alta potencialidad basada, según Reich (1987), en los elevados rendimientos que esta técnica ofrece, el aprovechamiento de

terrenos que no son aptos para la agricultura aeropónica, y la notable eficiencia en el uso de los insumos y el recurso agua. Además los cultivos hidropónicos abren la posibilidad de inducir cambios en las cualidades nutricionales de los productos obtenidos, en base a la formulación de la solución nutritiva a emplearse (Satoshi, 1997). Es de importancia el tema pues posibilita mejorar el contenido protéico del forraje hidropónico

La necesidad de realizar un estudio para el mejoramiento de las técnicas aplicadas en los cultivos hidropónicos en el cultivo de cebada motivó la investigación de todo lo relacionado a este importante tema. Es así como se busca en primera medida conocer las deficiencias técnicas que esta forma de cultivo poseen a fin de estructurar estrategias y acciones pertinentes que permitan mejorar continuamente la calidad de las plantas que los viveros existentes en la ciudad ofrecen.

OBJETIVOS:

- **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el rendimiento de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) para forraje, en dos tipos de soluciones nutritivas, en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la mejor solución nutritiva para la producción de forraje de cebada.
- Promover la producción de forraje mediante el uso de soluciones nutritivas para alimentación de animales menores en condiciones de hidroponía en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre

HIPÓTESIS

Existen diferencias en el rendimiento de forraje verde entre las variedades de cebada en dos soluciones nutritivas en el distrito de Ilabaya.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES DE LA HIDROPONÍA

La hidroponía es una técnica de cultivos de plantas, en donde se reemplaza el suelo por un medio llamado universalmente sustrato que sirve como soporte de las raíces y los nutrientes esenciales para su crecimiento son suministrados de manera óptima para su sistema de riego, con lo cual se obtiene un volumen de producción mayor comparado con los cultivos tradicionales.

Dicho de otra forma los cultivos hidropónicos, son términos aplicados al cultivo de las plantas en soluciones de nutrientes sin emplear la tierra como soporte. El cultivo sin tierra de plantas cultivadas comenzó en la década de 1930 como resultado de las técnicas de cultivos empleadas por los fisiólogos vegetales en experimentos de nutrición vegetal.

2.1 Generalidades en forraje hidropónico:

El forraje hidropónico, es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y cualquier localidad geográfica,

siempre que existan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología del forraje hidropónico es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas para cultivo forrajero convencional.

En la práctica, el forraje hidropónico consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo.

Usualmente, se utilizan semillas de *Avena sativa* (Avena), *Hordeum vulgare* (Cebada), *Zea mays* (Maíz), *Triticum aestivum* (Trigo) y *Sorghum vulgare* (Sorgo)(FAO, 2002).

La producción del forraje 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 dicho siglo, 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 (ÑIGUEZ, 1988; HUTERWAL, 1960).

El proceso se realiza en recipientes planos y por un tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que el epicotilo o cotiledón alcancen una longitud de 3 a 4 cm, a partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva, la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) para el óptimo crecimiento del cultivo, así como también otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado, una vez cosechado y proporcionado a los animales (MORALES, 1987; HIDALGO, 1985; LESS, 1983).

Dentro del contexto anterior, el forraje hidropónico representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de: rumiantes, herbívoros no rumiantes y monogástricos. Es, especialmente útil durante períodos de escasez de forraje, tales como: escasez de recurso hídrico, aislamiento por nevazones y cualquier inclemencia natural, en estos casos se podrá instalar un módulo de producción de forraje hidropónico para poder mantener el ganado con vida.

2.1.1 Instrucciones para la obtención de forraje hidropónico

Los pasos a seguir para la obtención del forraje hidropónico se resumen en los siguientes:

2.1.1.1 Lavado de la semilla

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. El lavado tiene por objetivo eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (RODRÍGUEZ, CHANG y HOYOS, 2000). La desinfección con hipoclorito de sodio elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo hidropónico. El tiempo que se deja las semillas en la solución de hipoclorito, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El hecho de dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

2.1.1.2 Remojo y germinación de las semillas

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las

horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo, se dividirá a su vez en dos períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas y orearlas durante 1 hora. Acto seguido se sumerge nuevamente por 12 horas para, finalmente, realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso se está induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se efectúa a su embrión. Esta pre – germinación asegura un crecimiento inicial vigoroso del cultivo hidropónico, dado que sobre las bandejas de cultivo se utilizan semillas que ya han brotado y, por lo tanto, su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas. Trabajos anteriores citados por HIDALGO (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno.

Este fenómeno bioquímico es lo que estaría explicando por qué se acelera el proceso de germinación de la semilla cuando se deja en remojo por un período no superior a las 24 horas (FAO, 2002).

2.1.1.3 Dosis de siembra

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por m² oscilan entre 2,2 kg a 3,4 kg considerando que la disposición de las semillas no debe superar los 1,5 cm de espesor en la bandeja (FAO, 2002).

2.1.1.4 Siembra en las bandejas e inicio de los riegos

Realizados los pasos previos, se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello, se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm. de espesor. Luego de la siembra, se coloca por encima de las semillas una capa de papel el cual también se moja, para evitar evaporación. Posteriormente, se tapa todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi – oscuridad en el tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación. Mediante esta técnica, se le está proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Se recuerda que el cultivo hidropónico es una biomasa que se consumirá dentro de un período muy reducido de tiempo. Una vez detectada la germinación o emergencia completa de las semillas se retira el plástico negro y el papel (FAO, 2002).

2.1.1.5 Riego de las bandejas

El riego de las bandejas de crecimiento del cultivo hidropónico se realiza con nebulizadores. En los primeros cuatro días se aplica 0,5 litros de agua por m² por día hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros por m². El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de cultivo hidropónico. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular (SÁNCHEZ, 1997). Se entregará el volumen diario dividido en cuatro ó seis veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a dos minutos (FAO, 2002).

2.1.1.6 Cosecha y rendimientos

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 cultivos hidropónicos 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 del mismo. 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 (ÑIGUEZ, 1988).

Se ha documentado que períodos de tiempo de 7 a 10 días son más que suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje hidropónico (DOSAL 1987; LESS 1983). Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de la calidad nutritiva, en general, del forraje hidropónico resultante (FAO, 2002).

La cosecha del forraje hidropónico comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa

comprende: epicotilos, cotiledones, el abundante colchón de radículas, semillas sin germinar y semillas en diferentes estadios de germinación (FAO, 2002).

Todo esto forma un sólo bloque alimenticio, el cual es sumamente fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado, para favorecer una fácil ingesta, evitar rechazos y pérdidas de forraje en el suelo.

Se recomienda utilizar el forraje hidropónico recién cosechado, sin embargo, no existen problemas sanitarios de conservación por unos cuantos días (SÁNCHEZ, 1997), salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional.

2.1.2 Calidad del forraje hidropónico

Semillas de cereales suelen ser las de mayor uso en las unidades hidropónicas forrajeras (BRAVO, 1988; PEER y LEESON, 1985; LESS, 1983; RESCH, 1982; FALEN y PETERSEN, 1969).

Por medio de esta modalidad, se obtiene forraje de muy buen valor nutritivo para alimentar animales a lo largo de todo el año,

manteniéndolos sanos y vigorosos (BRAVO, 1988; LESS, 1983; RESCH, 1982). RESCH (1982), indica que un kilo de forraje hidropónico (premarchito), equivale nutricionalmente a 3 kg de *Medicago sativa* fresca.

El alto valor nutritivo de los granos germinados, se basa principalmente en que la germinación aumenta el valor nutritivo de las semillas (BRAVO, 1988; CHEN, WELLS y FORDHAM, 1975), al considerar los siguientes aspectos:

El contenido de carbohidratos solubles aumenta durante los primeros cinco días de germinación, disminuyendo posteriormente (PEER y LESSON, 1985), hasta que la actividad fotosintética suple y en muchos casos supera, la demanda del proceso germinativo, al extenderse el período de crecimiento algunos días (BRAVO, 1988; HSU *et al.*, 1973; PALMIANO y JULIANO, 1972; TRUBEY *et al.*, 1969;).

Durante la primera etapa de germinación, se acepta que se produce una hidrólisis de la proteína, observándose, un aumento progresivo del nivel de aminoácidos libres hasta el sexto y séptimo día (PALMIANO y JULIANO, 1972; BRAVO, 1988).

En el transcurso de la germinación se sintetizan nuevas proteínas que difieren en sus aminoácidos a los contenidos en el grano. Sin embargo, al considerar el contenido total de proteína bruta en el forraje hidropónico, éste no es mayor a un 14% (b.m.s.) del contenido inicial (DALBY y TSAI, 1976). HIDALGO (1985) cita un incremento del aporte protéico (g/m²) entre un 20 y 25% en un período de 20 días de crecimiento. Este resultado se atribuye a los altos niveles de nitrógeno aplicados al sistema, puesto que DOSAL (1987), con bajo nitrógeno aplicado, encontró que en 10 días de crecimiento el contenido de proteína bruta se reducía un 27% del contenido inicial.

Es importante establecer, que la estatura de las plántulas está asociada positivamente con el contenido de proteína bruta en la avena sativa hidropónica (HIDALGO, 1985). Además, con la germinación se mejora el contenido aminoacídico, evidenciado en el aumento de lisina y triptófano (DALBY Y TSAI, 1976; LEMAR Y SWANSON, 1976; HWANG and BUSKUK, 1973). III. En relación al contenido de fibra bruta, se observa un aumento de ésta a través del período de germinación (DOSAL 1987; HIDALGO, 1985; PEER y LESSON, 1985; HILLIER y PERRI, 1969), producto, principalmente de una concentración de esta fracción por la pérdida de materia seca que ocurre durante la germinación (BRAVO,

1988; DOSAL, 1987; HIDALGO, 1985; PALMIANO y JULIANO, 1972; TRUBEY *et al.*, 1969; HILLIER y PERRI, 1969; INGLE, 1964).

IV. En cuanto al contenido de vitaminas, en general se produce un aumento de éstas durante la germinación, lo que ha sido comprobado en *Glycine max*, *Hordeum vulgare* y *Avena sativa* (BRAVO, 1988; LEMAR and SWANSON 1976; CHEN, WELLS and FORDHAM, 1975)

2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS

2.2.1. VENTAJAS

- Permite aprovechar suelos o terrenos no adecuados para la agricultura tradicional.
- Los rendimientos obtenidos con hidroponía superan tremendamente a la producción en suelo.
- Menor consumo de agua y fertilizantes. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- No contamina el medio ambiente.
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas debido a que en un sistema hidropónico el agua y los nutrientes estén más disponibles.

- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.

El uso de agua potable o de pozo, garantiza que el cultivo hidropónico sea un producto libre de contaminación y de enfermedades.

2.2.2. DESVENTAJAS

Antes de iniciar un proyecto hidropónico, es importante conocer el manejo agronómico del cultivo, muchos proyectos. Entre las desventajas están:

- El desconocimiento del método hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo. Es muy importante tener o recibir una previa capacitación.
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos. El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, riegos etc.).

La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición y afectar la apariencia y la calidad de las plantas.

2.3 MÉTODOS UTILIZADOS

2.3.1 CULTIVOS EN SUSTRATO

Por sustrato se entiende todo material sólido, distinto al suelo natural o de síntesis mineral u orgánica, que colocada en un recipiente en forma pura o en mezcla, permite que las raíces se anclen (cumpliendo la función de soporte de la planta). En sustrato puede intervenir en el proceso de la nutrición vegetal.

Dentro de los cultivos diferentes a la raíz desnuda, es necesario considerar al medio que se utiliza para reemplazar el suelo. Dicho medio, denominado sustrato, servirá como vehículo para adaptar agua, nutrientes y oxígeno en la planta, a la vez le servirá de soporte y de medio oscuro para el desarrollo radicular, función vital del crecimiento vegetal.

Existen elementos naturales sobre los cuales se debe tratar de tener control, tales como:

- **El aire:** es importante para evitar la contaminación de los cultivos a través de gases y humo.

- **La luz:** es vital para el crecimiento de las plantas.
- **Humedad:** el promedio de humedad para la mayoría de los cultivos es del 75% de humedad.
- **Agua:** en proporciones y condiciones adecuadas para el propósito.
- **Temperatura:** para la mayoría de las plantas en los cultivos hidropónicos, la temperatura apta debe ser de 15° a 35° dependiendo de la especie.

Humedad: Para el cultivo de forraje verde hidropónico, la humedad ideal debe ser entre 65% a 75% en la noche y de 80% a 90% en el día. La humedad garantiza que las plantas puedan transpirar, refrescar la temperatura, mejora el tamaño de los tomates hidropónicos y además asegura que las hojas no crezcan excesivamente y mejore la floración.

- **Circulación de aire y calidad del aire:**

Las plantas en un cultivo de cebada hidropónica, si están en un sistema totalmente cerrado, requieren medios de ventilación y circulación del aire que pueda además tener generadores de CO₂ para aumentar la cantidad

de carbono utilizable para la fotosíntesis y generación de azúcares por parte del cultivo hidropónico.

2.4. TIPOS DE CULTIVO Y MEDIOS DE CULTIVO:

El forraje verde hidropónico se puede realizar de muchas maneras:

Como cultivo de raíz flotante hidropónico ya sea con envases en los cuales la raíz esté sumergida o en envases con flujo continuo de nutriente que bañe las raíces. Este método requiere bombas para mover el agua y los nutrientes e implica altos costos en energía y en implementos además de mantenimiento.

Como cultivo en sustrato sólido, la cebada en general prefiere el cultivo hidropónico en bandejas de fibra de vidrio o de plástico que es un material que permite buena aireación, distribución de nutrientes y crecimiento de las raíces. Además de poder ser esterilizado al vapor para evitar plagas y puede ser lavado. La otra ventaja es que cuando se coseche el forraje es fácil de lavar y esterilizar ya que es muy liviano.

2.5. SOLUCIONES NUTRITIVAS

La solución nutritiva, es quizá la parte más importante de toda la técnica hidropónica. Se trata nada menos que de la alimentación de la planta, que al estar exclusivamente a merced de nuestro acierto en la elección y preparación de los nutrientes que le suministraremos - ya que no dispondrá de la posibilidad que tienen cuando son cultivadas en tierra, el agua por sus propios medios - deberá, cobrar una vital importancia ya que será el medio donde se debe transportar todos los nutrientes para la planta.

2.6. CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Las sales que normalmente se pueden adquirir en nuestro país, no son elaboradas especialmente para hidroponía, sino por el contrario, son productos cuyo destino es el uso en diversas ramas de la industria, que en la mayoría de los casos nada tiene que ver con al cultivo de plantas, por lo que con frecuencia se pueden presentar los siguientes problemas:

- a) Suelen contener elevados y diferentes grados de impurezas.
- b) Muchas sales suelen contener altos índices de humedad.
- c) La mayoría de las sales hidropónicas son solubles en agua a temperatura corriente, pero varias de ellas son o bien insolubles o parcialmente solubles en agua.

2.7. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Los principales componentes de los sistemas hidropónicos son, la solución nutritiva (SN) y el sustrato.

La (SN) consta de agua con oxígeno y todos los nutrientes disueltos. La SN generalmente consta de seis macro nutrientes (K, Ca, Mg, N, P y S) y siete micro nutrientes (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn, B y Cl).

El sustrato o medio de crecimiento es el otro componente que tiene la función de proporcionar las condiciones para que las plantas se sostengan, absorban el agua y los nutrientes, impidan el paso de la luz hacia el sistema radical y permitan el intercambio de gases con las raíces.

3.1.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROPÓNICOS.

Al hablar de sustrato, se entiende que son aquellos materiales sobre los cuales les dan sostén y se desarrollan las raíces de las plantas; los mismos pueden ser tanto sólidos como líquidos.

Por lo general, los sistemas de producción de cultivos hidropónicos, se pueden dividir en dos grupos, esto va a depender del tipo de sustrato que se emplee a saber:

A.- Sistemas hidropónicos con sustrato líquido.

B.- Sistemas hidropónicos con sustrato sólido.

Cada uno de estos dos tipos de sistemas hidropónicos, poseen una serie de variantes, que van a depender básicamente de la manera en que se dispone el sustrato y el recipiente o contenedor utilizado para ello. Por ejemplo en los sistemas hidropónicos en el cual se emplea como sustrato el agua, podemos encontrar el sistema de raíz flotante y el sistema recirculante o NFT; para los sistemas hidropónicos que emplean sustrato sólido, se cuenta con el sistema de canales, sistema de cajuela y el sistema de mangas colgantes, de acuerdo a Castañeda; V. G. 1997 (6).

3.1.5 SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE

Según Chang; H. R. 2000 (10) de todos los métodos de cultivo donde no se emplea suelo, el cultivo en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. El sistema de raíz flotante fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo.

No todas las especies de hortalizas se adaptan a este sistema, únicamente aquellas en las cuales se aprovechan sus hojas como lo son:

lechuga, albahaca, apio, endibia etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva, como menciona Barrios, 2004 (3).

El cultivo en agua y para este caso el de raíz flotante, las raíces de las plantas se colocan hasta el cuello de las mismas, se introducen en cubos de esponjas de 3 x 3 centímetros y de un grosor de 1" cortadas por la mitad y estos cubos se introducen en agujeros realizados a planchas de teknoport de 1", donde flotan en el medio líquido con sus soluciones madres, quedando las raíces de las plantas sumergidas en el mismo (11).

Según Bautista, 2000 (4) dentro de los principales problemas a nivel técnico de los cultivos en solución están relacionados con características nutricionales, ya que se puede emplear con éxito una gran cantidad de soluciones nutritivas. Se debe recalcar que se trata de un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento y entonces se requerirá de un control, muy preciso de la solución nutritiva, sobre todo en lo concerniente a niveles de pH, hierro y fosfatos.

Cuando el pH de la solución nutritiva tiende a variar, ya sea a ácido o alcalino, las plantas al cultivarlas bajo el sistema de raíz flotante, las

mismas son más susceptibles que aquellas plantadas en sustrato sólido. Por otra parte se tiene la experiencia que los cultivos establecidos bajo este sistema son un éxito en aquellas zonas bajo condiciones cálidas-secas y con varios días soleados.

El sistema de raíz flotante ha sido probado en diferentes lugares con fines comerciales y su funcionamiento básico sigue vigente hasta la actualidad. A nivel comercial, se realizaron una serie de mejoras fundamentales, relacionadas principalmente al factor limitante que es la oxigenación.

Cabe destacar que esta técnica logra optimizar el desarrollo y crecimiento del cultivo, con lo cual se logra reducir su periodo vegetativo con bajo consumo de agua. Por otra parte se obtienen plantas saludables y libres de enfermedades lo que contribuye a mejorar la salud de los consumidores. Asimismo, se pueden aprovechar áreas pequeñas dentro de la misma vivienda.

2.8. CULTIVO DE CEBADA

2.8.1. 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.

2.8.2. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA

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

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

TAXONOMÍA

REINO: PLANTAE

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MONOCOTILEDONEAS

S/CLASE: COMMELINIIDAE

ORDEN: POALES

FAMILIA: POACEAE O GRAMINACEAE

S/ FAMILIA: POOIDEAE

TRIBU: TRITICEAE

GÉNERO: *Hordeum*

ESPECIE: *Hordeum Vulgare L. (cebada)*.

A. 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.

B. 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.

C. 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 cm. a un metro.

D. Flores:

Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es autógena. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.

E. Fruto:

El fruto es en cariósido, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda.

2.8.3. CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS

A. 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).

B. 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.

C. 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.

Los suelos arcillosos, húmedos y encharcados, son desfavorables para la cebada, aunque en ellos se pueden obtener altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, cuando se destina a la fabricación de malta para cerveza.

4.8.4. VARIEDADES

La cebada de secano se cultiva normalmente en aquellas tierras que, por ser más ligeras y con menor poder retentivo del agua, no son idóneas para el trigo.

En lo que se refiere a regadío, permite una siembra más tardía que el trigo, siendo una especie muy adecuada para ir detrás de cultivos que

pueden ver retrasada su recolección al invierno, como son el maíz, remolacha, etc. A su vez, al recolectarse antes que el trigo, es más adecuada que aquél en aquellas zonas en que pueda sembrarse una segunda cosecha, como maíz o girasol.

Las características fundamentales necesarias a tener en cuenta a la hora de elegir una variedad se pueden agrupar en tres grandes grupos:

a) Productividad: es un factor fundamental, pero visto desde el prisma de capacidad productiva en condiciones de cultivo más bien mediocres. Dados los suelos y climas en que la cebada se va a cultivar, es necesario que la variedad a sembrar sea capaz de dar buenas producciones en condiciones áridas y de fertilidad mediocre. Por tanto, un factor fundamental que deben presentar las variedades de cebada es buena rusticidad cuando vayan a cultivarse en seco.

b) Factores de regularidad de los rendimientos: entre los más importantes tenemos:

* **Precocidad:** es muy importante prestar atención a este factor, aunque la cebada es muy precoz, como tal especie, pero se presentan diferencias sensibles entre variedades. Dentro de los límites lógicos, marcados por las fechas medias en que se presentan heladas tardías, es

preferible cultivar la variedad que sea más precoz. La adecuada precocidad permitirá una mayor resistencia a la sequía. (4)

c) Factores de calidad: Generalmente, las cebadas de ciclo largo suelen emplearse para pienso, aunque existen excepciones, mientras que las de ciclo corto, aunque no todas, se utilizan para maltería y producción de cerveza.

Para las cebadas de pienso las seis carreras (suelen ser las denominadas "cebada caballar") son de mejor calidad que las de dos carreras (cebada cervecera).

En las cebadas cerveceras son caracteres importantes: una gran regularidad en la germinación, bajo nivel de proteínas y alto poder diastático.

En el cultivo de las variedades cuyo aprovechamiento sea la maltería es necesario efectuar correctamente un oportuno y equilibrado abonado nitrogenado, que permita obtener buenas producciones sin que el grano posea excesivo contenido en este elemento.

4.8.4 Abonado.

El ritmo de absorción de materias minerales en la cebada es muy elevado al comienzo de la fase vegetativa, disminuyendo después hasta llegar a

anularse, habiéndose observado incluso, en algunos casos, excreciones radiculares de la vegetación.

- **Nitrógeno:**

La respuesta al nitrógeno puede variar con el periodo de crecimiento del cultivo, la variedad, el nitrógeno disponible en el suelo, que se relaciona con el nitrógeno residual del cultivo anterior y con las condiciones climáticas. Hay que tener en cuenta no hacer aportaciones excesivas de nitrógeno, ya que es muy sensible al encamado. También hay que considerar que en las cebadas cerveceras la mayor proporción de nitrógeno disminuye la calidad. Ocurre al contrario en la cebada destinada a la alimentación de ganado, cuya riqueza en proteínas es mayor cuando han sido mayores las aportaciones de nitrógeno en el abonado.

- **Fósforo:**

El fósforo es absorbido sobre todo al comienzo de la vegetación, estando su absorción ligada también a la del nitrógeno. Tiene una influencia decisiva sobre el rendimiento en grano de la cebada e incrementa su resistencia al frío invernal. La aplicación de fósforo en la línea de siembra, a dosis bajas, puede ser muy efectiva cuando existe

poco fósforo disponible en el suelo, obteniéndose rendimientos equivalentes a dosis aplicadas a voleo dos o tres veces superiores. El fósforo no se lava, pero sí se retrograda en un buen porcentaje, pasando a formas no asimilables, siendo especialmente importante, pues la cebada suele sembrarse en terrenos calizos.

4.9. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo.

2.9.1. ANTECEDENTES.

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH. Como será expuesto en detalle en capítulos posteriores, el FVH ha demostrado ser una herramienta eficiente y útil en la producción animal. Brevemente, entre los resultados prácticos más promisorios se ha demostrado:

- Aumento significativo de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día.
- Aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del FVH (Falen y Petersen, 1969 y Bull y Petersen, 1969 citados por Bravo Ruiz, 1988), lográndose sustituir entre un 30 a 40 % de la dosis de ración peleteada pero asociado al riesgo, en casos de exceso en el uso de FVH, de un incremento de excreta de heces líquidas y fermentaciones aeróbicas del estiércol, malos olores de los locales, aumento de insectos voladores no deseados y aumento de enfermedades respiratorias especialmente en verano.
- Aumento de producción en vacas lecheras a partir del uso de FVH obtenido de semillas de avena variedad "Nehuén" y cebada cervecera variedad "Triumph" existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y tritricale.
- Sustitución en conejos, de hasta el 75% del concentrado por FVH de cebada sin afectar la eficiencia en la ganancia de peso alcanzándose el peso de faena (2,1 a 2,3 kg de peso vivo) a los 72 días. Estos resultados han tenido un alto impacto técnico, económico y social en Uruguay (Rincón de la Bolsa) posibilitando la generación de ingresos, la

alimentación familiar y el mantenimiento de la producción a mini productores cunícolas afectados por los altos costos de los concentrados. La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelli, 2000), con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO₂ (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg. de semillas de trigo es posible obtener en un área de 11,6 m² (1,89 kg semilla/m² una óptima producción de 11,2 kg de FVH por día (9,65 kg FVH/m²/día).

En todos los resultados mencionados anteriormente el sistema de producción de FVH ha posibilitado obtener mayor calidad de carne; aumento del peso vivo a la fecha de faena; aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de conejos; mayores volúmenes de leche; aumento de la fertilidad; disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por FVH.

2.9.2. Producción de forraje verde hidropónico como alternativa de alimento para animales de las zonas afectadas por la ola de frío en el sur del Perú

Por: Alfredo Rodríguez Delfín y Hugo Tarrillo Olivas

Una manera de enfrentar este problema natural es través de la producción de forraje verde hidropónico dentro de invernaderos rústicos,

de bajo costo, que permita sostener una producción intensiva de forraje fresco para los animales de las comunidades campesinas alto andinas, tanto en condiciones extremas de frío, como viene ocurriendo actualmente, como también en condiciones extremas de sequía, que también se presentan en muchas zonas del país. Esta forma de producción fuera del suelo ya ha sido demostrada a través de diferentes trabajos de investigación que se han realizado en varios países y también en el Perú. La Universidad Nacional Agraria La Molina viene cumpliendo un rol importante en la difusión de la técnica del cultivo sin suelo o hidroponía a través de su Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. En este artículo queremos demostrar las bondades de la producción de forraje verde hidropónico para evitar en el futuro situaciones como la que se está viviendo actualmente.

La producción de forraje verde hidropónico es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierras ni de mucha agua. Tampoco se requiere de largos períodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de solo de 12 a 15 días. Esta forma de producción les permitiría a los campesinos obtener de una

manera rápida, a bajo costo y en forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutritivo para alimentar a sus animales. Es importante señalar que el principal insumo para la producción de forraje verde hidropónico, lo constituye la semilla (que puede ser de cebada, trigo o avena) y son justamente los departamentos afectados por la ola de frío los principales productores de estas semillas. Por lo tanto el costo de este forraje sería mucho menor para estos departamentos (Puno, Cusco, Arequipa, Huancavelica, etc.).

El gobierno central y/o los gobiernos regionales podrían instalar invernaderos rústicos de 50 m² o más en diferentes comunidades campesinas para garantizar la disponibilidad de forraje para sus animales, principalmente en momentos difíciles como el que se vive actualmente por las inclemencias del tiempo. Por ejemplo, en la Irrigación Majes, departamento de Arequipa (1 440 m.s.n.m.), en una unidad de 50 m² se viene produciendo hasta 500 kg de forraje fresco por día. Esta alta producción se explica porque también se aprovecha el espacio aéreo para obtener el forraje, lo cual se logra con estanterías de seis niveles armadas de fierro corrugado de 1/2" de diámetro. Probablemente en las comunidades altoandinas, se obtenga algo menos de 500 kg. de forraje por día, pero aún así, sería una producción bastante significativa para las condiciones climáticas de aquellas zonas, lo cual podría servir para

alimentar unas 50 alpacas (10 kg/alpaca) ó unas 100 ovejas (5 kg/oveja) por día.

Los diferentes trabajos de investigación que se han realizado han estado orientados principalmente a la alimentación de ganado vacuno y se requiere hacer algunos ensayos sencillos para ver las bondades del forraje verde hidropónico sobre la alimentación de los camélidos sudamericanos como la alpaca, guanaco y vicuña, así como también en el ganado ovino, que son el único capital con que cuentan muchas familias campesinas peruanas.

Se sabe que el suministro de forraje verde hidropónico en la alimentación de vacas en producción produce los siguientes efectos:

- Aumenta la producción de leche de 10 a 23,7 %.
- Aumenta la grasa de la leche de 13,4 a 15,2 %.
- Aumenta la fertilidad por su alto contenido en vitamina E.
- Mejora la salud del animal.
- Provoca una disminución de la incidencia de mastitis.
- Aumenta la producción de carne.
- Aumenta la carga animal por hectárea (considerando un consumo de forraje por vaca de 36 kg/día)

carga animal por hectárea (considerando un consumo de forraje por vaca de 36 kg/día)

| Tipo de Forraje | Rendimiento (ton/ha/año) | Carga Animal vacas/ha |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| Alfalfa | 60 | 4.5 |
| Maíz Forrajero | 180 | 12.0 |
| Alfalfa + FVH | 90 | 6.8 |
| Maíz F. + FVH | 260 | 18.0 |

Las características del forraje verde hidropónico se pueden observar en el siguiente cuadro:

| Parámetro | Valor |
|--------------------|------------|
| Digestibilidad (%) | 80 - 92 |
| Proteína Cruda (%) | 13 - 20 |
| Fibra Cruda (%) | 12 - 25 |
| Grasa (%) | 2.8 - 5.37 |
| E.L.N. (%) | 46 - 67 |
| N.D.T. (%) | 65 - 85 |
| Vitamina A (UI/Kg) | 25.1 |
| Vitamina C (UI/Kg) | 45.1 - 154 |
| Vitamina E (UI/Kg) | 26.3 |
| Calcio (%) | 0.11 |
| Fósforo (%) | 0.30 |
| PH | 6.0 - 6.5 |
| Palatabilidad (%) | Excelente |
| Materia Seca (%) | 12 - 20 |

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

NDT: Nutrientes Digestibles Totales.

2.10. ESTUDIO DE LA NUTRICIÓN MINERAL DE LA PLANTAS POR EL MÉTODO DE CULTIVO EN SOLUCIONES NUTRITIVAS

Ulises Moreno M. (8), indica que, las plantas para su normal crecimiento y desarrollo requieren cierto número de elementos que se les denomina esenciales.

La carencia de un determinado elemento causa serios trastornos fisiológicos, estructurales morfológicos, llegando a producir la muerte prematura de la planta; no basta la presencia de un elemento dentro de la planta, éste tiene que estar en cantidades fisiológicamente suficientes para permitir el adecuado crecimiento y desarrollo del vegetal.

Se dice que un elemento es deficiente cuando estando presente en la planta por niveles inferiores a lo normal provoca una serie de alteraciones que van desde una disminución en el crecimiento y la producción, hasta la muerte.

La carencia y las deficiencias extremas producen síntomas visibles en los órganos de las plantas (hojas, tallos, frutos, etc.).

Los síntomas de deficiencia de un elemento tienen una determinada característica general con algunas variaciones específicas. Sin embargo los niveles de requerimiento y los grados de deficiencia sí varían con la especie y las condiciones en las cuales las plantas se desarrollan de tal suerte que una especie puede normalmente desarrollarse en un medio que para otra especie puede ser suficiente desde el punto de vista nutricional.

Una forma de estudiar los efectos de las carencias y deficiencias de los elementos esenciales en las plantas es por el método del cultivo usando soluciones nutritivas. Se puede fácilmente preparar soluciones completas que lleven todo los elementos esenciales presentes, sin ofrecer peligros de deficiencia, o se puede preparar soluciones en la que falta uno o más elementos y así estudiar el efecto que produce su ausencia en la planta o se pueden preparar soluciones con diversos grados de deficiencia.

Los criterios más comunes usados para evaluar la mejor solución nutritiva, son medir el tamaño de la planta, su peso fresco y peso seco, a ver como afecta la producción de órganos específicos como raíces, hojas, flores, frutos, tubérculos, etc.

2.10.2. PRESENTE Y FUTURO DE LA HIDROPONÍA:

Resh Howard M. (5), nos dice también que con el desarrollo del plástico los cultivos hidropónicos dieron otro gran paso adelante. Los plásticos libraron a los agricultores de las costosas construcciones, unidas a las bancadas de hormigón y tanques utilizados anteriormente.

El cultivo hidropónico ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernadero, a los altamente especializados en submarinos atómicos para obtener verduras frescas para la tripulación, esto es una ciencia espacial, pero al mismo tiempo pueden ser utilizados en países subdesarrollados del Tercer Mundo para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas.

Por otra parte, Ulises Durany C. (3), indica que el punto más difícil es la preparación del líquido nutritivo, y harían falta aún estudios más largos para cada especie; por otra parte las fórmulas ensayadas con éxito son ya muchos. Se usan productos químicos puros a los normales abonos.

2.10.3 PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA HIDROPONÍA :

Ulises Durany C.- (3) y Resh Howard M. (5), coinciden al decir que el principio sobre el cual se fundan los cultivos hidropónicos es esencialmente sustituir el común terreno por un substrato artificial (medio acuoso, sólido, y semi sólido); dándoseles las condiciones físicas, químicas, hídricas y fitosanitarias favorables o ideales.

2.10.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS:

Resh Howard M. (5), resalta las ventajas y desventajas de este tipo cultivo:

Ventajas:

Mayor producción unitaria respecto a lo obtenible en el cultivo normal.

- Producción de características cualitativas superiores. Esta posibilidad ha sido comprobada, por ejemplo con el tomate.
- Mayor precocidad de producción.
- Menor empleo de materia orgánica, ya que no son necesarios las prácticas culturales inherentes a éste.
- Posibilidad de cultivar repetida e interrumpidamente una misma especie sin recurrir a la alternación y sin que se verifique fenómenos de cansancio o agotamiento.

- › Mejor control de enfermedades fitosanitarias, dado que antes del trasplante o de la siembra éste puede ser completamente esterilizado con compuestos químicos que no se pueden emplear en absoluto en el terreno.
- › Reducción del consumo de agua, siendo en hidroponía, al contrario de cuanto ocurre en el terreno, limitadas las pérdidas por evaporación y ausentes los de drenaje.

Desventajas

- Los intereses del capital invertido para la construcción de la instalación, mantención y amortización de la misma.
- Los gastos para el funcionamiento de la instalación (energía eléctrica).

2.10.3. SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO

Ulises Durany C., como Miller Erston V. mencionan dos sistemas de cultivo: Cultivo en medio exclusivamente líquido (Hidroponía propiamente dicha) y cultivo sobre substrato sólido, inerte y poroso (Semi hidroponía), embebido de una solución nutritiva.

De todo los sistemas relacionados en la clasificación no se puede decir cuál sea el mejor puesto que cada uno presenta ventajas y desventajas,

desde el punto de vista técnico y económico.

2.10.4. LAS PLANTAS EN RELACIÓN AL AGUA Y LOS SOLUTOS

Ulises Moreno M. (8), indica que las plantas están constituidas de agua y materia seca; esta última representado por sustancias orgánicas y minerales. El agua como los solutos son incorporados al cuerpo vegetal siguiendo un orden estructural y fisiológico determinado primariamente por la organización interna de las especies e influenciado por una serie de factores externos. El agua y los elementos minerales están en la planta después de haber sido absorbido por sus raíces y transportado.

Por otra parte los azúcares que son solutos orgánicos, producidos en las hojas, son requeridos por todo los órganos de la planta para la incorporación a la estructura de sus tejidos; así como para cumplir una serie de procesos fisiológicos que conducen al crecimiento y desarrollo.

La permeabilidad de las membranas celulares y del protoplasto pueden ser destruidos por el efecto de las sustancias tóxicas sobre las estructuras lipoprotéicas de dichas membranas, dando lugar a que el contenido de las vacuolas circulen hacia el exterior de las células.

La raíz es el órgano de absorción por excelencia. Esto es tanto para el agua como para las sales minerales. Y el xilema es el principal tejido conductor de dichos elementos hacia las partes aéreas de las plantas. También pueden moverse por otros tejidos, existiendo casos de movimiento de circulación lateral y de redistribución entre diversos órganos y tejidos de una misma planta.

2.10.5. CONDUCCIÓN DEL AGUA

Müller Ludwing E. (6), nos dice que la cantidad de agua perdida por transpiración, es muy variable. En condiciones favorables una planta puede transpirar varias veces su contenido total de agua en pocas horas, lo que significa que el agua perdida a través de los órganos de transpiración debe ser reemplazada rápidamente. En consecuencia existe un movimiento de agua a través de la planta, inducido principalmente por la transpiración.

2.10.6. EFECTO DE LA AIREACIÓN DE LAS RAÍCES EN SU CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE AGUA

Ulises Moreno M. (8), manifiesta que la atmósfera que rodea a las raíces es importante para su crecimiento y para los procesos de absorción, La aireación influye favorablemente en la permeabilidad activa, no

solamente en relación a los solutos, sino también en relación al agua, intensificándose con una buena aireación y una mayor absorción.

Müller Ludwing E. (6), afirma que los iones son transportados al interior de las células (proceso irreversible), gracias a la energía proveniente de la respiración (aireación).

2.10.7. EFECTO DEL CO₂ LIBERADO POR LAS RAÍCES SOBRE EL AMBIENTE RADICAL

Müller Ludwing E. (6), menciona que durante el proceso respiratorio las raíces absorben oxígeno y liberan anhídrido carbónico. En contacto con el agua de la solución del medio, el segundo forma ácido carbónico que se disocia en parte en iones H⁺ y HCO₃⁻ ó CO₃⁼ y que aumentan constantemente la proporción de H⁺ en la solución del medio, se vuelve cada vez más ácido.

Por otro lado Miller Erston V. (4), asegura que los iones de H⁺, son desplazados con mayor dificultad que cualquier otro catión, excepto el aluminio, y que la continua liberación de iones de H⁺ del ácido carbónico puede saturar muy pronto el medio de cultivo si no se toman medidas correctivas.

2.10.8. SOLUCIONES NUTRITIVAS

Millar Erston V. (4) define a la solución nutritiva como una mezcla de sales en solución acuosa que contiene todo los elementos esenciales en concentraciones adecuadas.

Augusto H. Bejarano Geldees (9), nos dice que las soluciones nutritivas pueden ser modificadas de acuerdo a los requerimientos específicos de cada planta, y luego también menciona que las raíces de plantas sensibles a la baja tensión de oxígeno necesitan una aireación continua en la solución. Conforme avanza el crecimiento de las plantas, el pH inicial cambia alcanzando valores incompatibles para un normal crecimiento y desarrollo, por lo que es necesario renovarlas cada cierto tiempo.

2.10.9 DEMOSTRACIÓN DE LA NECESIDAD DE ALGUNOS ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Miller Erston V. (4), indica que los elementos esenciales para la planta son 15; al principio del ciclo sólo se aceptaban que eran 10 y estos son: Carbono hidrógeno, oxígeno, fósforo, potasio, nitrógeno, azufre, calcio, fierro y magnesio; a estos se les llama elementos mayores (con

excepción del hierro), por que las plantas los utiliza en cantidades mayores que los 5 elementos menores, incluidos últimamente en la lista, y estos son: boro, cobre, manganeso, molibdeno, zinc, También llamados micronutrientes. Sin embargo Müller Ludwing E. (6), considera al hierro como un elemento igual que los macroelementos, ya que la planta necesita una cantidad relativamente grande o un suministro constante de ello.

Miller Erston V. (4) nos dice que un elemento es esencial cuando:

- 1.- La ausencia del elemento origina daño o desarrollo anormal, impide que complete el ciclo vital o causa la muerte de la planta.
- 2.- Ningún otro elemento puede sustituirle.
- 3.- Al realizar pruebas con el elemento en gran número de especies de plantas, se comprueba que en todas son indispensables.

Según Arnon (1951) un elemento es esencial cuando se demuestra que es un componente normal que participa en una función vital de la planta, tal es el caso del carbono, hidrógeno y el oxígeno, son componentes del protoplasma y de la pared celular; el nitrógeno y el azufre se encuentran en las proteínas, y el fósforo forma parte de los fosfátidos, hexafosfatos, coenzimas, etc., el magnesio es indispensable para la clorofila, el calcio en la laminilla media de la pared celular; el hierro, cobre, manganeso y

zinc forman parte de las enzimas. Y hasta entonces no tenían conocimientos suficientes sobre el potasio, boro y molibdeno, pese a que sabían que eran esenciales (Bibliografía citada por Miller Erston V. (4)

2.10.9. PREPARACIÓN Y CONTROL DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Miller Erston V. (4), enumera algunos aspectos importantes:

- 1.- La solución debe contener buena provisión de elementos esenciales.
- 2.- Todas las soluciones deben tener la misma presión osmótica.
(solución A, solución B, solución C).
- 3.- Debe mantener un pH constante (de preferencia pH 6).
- 4.- Debe asegurarse que las raíces estén aireados.
- 5.- La soluciones deben cambiarse periódicamente para mantener constante la concentración.
- 6.- Si las sales tienden a cristalizar y a "trepar" por los tallos de la planta, es necesario rociar los tallos de cuando en cuando con agua.
- 7.- Si las plantas crecen en líquido en vez de medio sólido, deben sostenerse con estacas o tutores.

8.- Otras condiciones para el crecimiento como la luz y temperatura deben ser adecuadas.

Ulises Moreno M. (8), da algunas instrucciones para la preparación de las soluciones nutritivas, tales como tomar una serie de precauciones para evitar interferencias debido a las contaminaciones tanto de elementos minerales como de sustancias orgánicas y microorganismos. También es preciso tomar en cuenta las condiciones experimentales y el método. En lo posible se debe procurar condicionar todo el experimento de tal manera que los resultados obtenidos representen fielmente el problema de la nutrición mineral que se investiga y no sea enmascarado por errores del método usado.

Matlin M.A. (7), decía por entonces que la mayoría de los aficionados cometen el error de emplear soluciones demasiado concentradas y el resultado es que las plantas perecen. Es mejor alimentar las plantas un poco semanalmente, que poner en los recipientes toda la solución nutritiva desde el principio. Exceso de nutrición entorpece el crecimiento de las plantas. También menciona que al igual que los hombres, cada planta tiene diferentes apetitos. La mayoría de ellas gustan de los ácidos, pero muy pocas toleran soluciones alcalinas, como por ejemplo las

lentejas, frijol, etc. requieren más calcio que otras. Para obtener buenos resultados en el cultivo de la mayoría de las plantas, la temperatura de la solución no debe fluctuar entre los 18°C a 26°C, y la del invernadero no mayor de 32°C.

2.10.10. CAMBIO DE LA SOLUCIÓN

Ulises Durany C. (3) menciona que la vida útil de una solución de nutrientes depende principalmente de porcentaje de acumulación de los iones extraños que no son utilizados por las plantas de forma inmediata. Tales acumulaciones dan como resultado una elevación de la concentración osmótica de la solución de nutrientes.

Generalmente nunca debería utilizarse la solución de nutrientes por un espacio de tres meses sin que se efectuase un recambio completo de ella, a la vez de hacer un lavado de los recipientes o del sistema en general.

2.10.11. DESORDENES NUTRICIONALES

Resh Howard M. (5), anota que los elementos se agrupan en aquellos que son móviles, teniendo diferentes grados de movilidad. Los elementos

móviles se translocan desde las hojas viejas a las regiones de crecimiento (hojas jóvenes); de ahí que los primeros síntomas aparecen en las hojas más viejas de las partes más bajas de las plantas: los elementos móviles son el magnesio, fósforo, potasio, zinc y nitrógeno.

Cuando ocurre una reducción de los elementos inmóviles, no hay ninguna translocación de estos a las regiones de desarrollo de las plantas, sino que permanecen en la hojas viejas donde fueron originalmente depositados; esto da como resultado que los síntomas de deficiencia aparecen en primer lugar en las hojas más jóvenes de la parte superior de la planta; y estos elementos son el calcio, fierro, azufre, boro, cobre y manganeso.

2.10.12. Experiencia de producción de forraje verde hidropónico en Arequipa. En la cuenca lechera del departamento de Arequipa; principal departamento productor de leche del país; se viene observando con preocupación, cada vez una menor disponibilidad de forrajes para la alimentación del ganado lechero, debido principalmente a que las áreas de terreno que estaban destinadas para producir forrajes, están siendo orientadas para producir cultivos para consumo humano En el corto plazo la escasez de forraje provocará un incremento en los costos de

producción en los ganaderos.

Para evitar el problema de dependencia en la compra de forraje a terceros, se viene ejecutando un interesante proyecto en dos parcelas ubicadas en la irrigación Majes, provincia de Arequipa. Se ha construido dos invernaderos rústicos, el primero en un área de 50 m² con una capacidad instalada para producir 500 kilos/día, y una segunda unidad de 175 m², con una capacidad instalada para 1 200 kilos/día, bajo un sistema de producción continua. Esta segunda unidad tiene una capacidad para producir anualmente 430 toneladas de forraje fresco, producción equivalente a la obtenida por 7,3 hectáreas de alfalfa, pero a un costo aproximado de sólo el 10 % del valor de las 7,3 hectáreas. La primera unidad de producción está conformada por:

A. Invernadero con estructuras de madera, malla de sombra de 35% y 65% y mantas de polipropileno que se extienden en épocas de menor temperatura.

B. Estantería y bandejas

- La primera unidad con 500 bandejas de plástico (donde se colocan las semillas previamente desinfectada, remojada y oreada) y la

segunda unidad con 1,000 bandejas de fibra de vidrio.

Estanterías de 6 niveles, construidas de fierro corrugado de ½”

C. Sistema de riego recirculante

- Tanque de 1 m³ para preparar la solución nutritiva
- Electrobomba de 0,5 HP (en zonas donde no hay electricidad, se puede adaptar un sistema de riego manual)
- Tuberías de distribución, recolección, laterales de riego.

2.11. INVESTIGACIONES CON HIDROPONÍA

Según la FAO (2002), 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 del mismo. 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 FVH (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 (ÑIGUEZ, 1988).

Se ha documentado que períodos de tiempo de 7 a 10 días son más que suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje hidropónico (DOSAL 1987; LESS 1983). Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de la calidad nutritiva, en general, del forraje hidropónico resultante (FAO, 2002).

De acuerdo con Berry (1996), se mencionan diferentes formas de reposición de nutrientes. Durante el desarrollo del cultivo hidropónico comercial los sistemas de manejo han evolucionado. Inicialmente se intentaba renovar periódicamente la solución nutritiva. Sin embargo esta práctica ocasionaba desperdicios con el consecuente efecto pulidor, por lo que se sustituyó por la adición de sales al volumen de agua consumido

por las plantas utilizando como criterio los valores de evapotranspiración

En la práctica, el forraje verde hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas, y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo (FAO, 2002). Lo cual permite que en diversos medios de producción hidropónicos, se generen elevados y constantes volúmenes de FVH de maíz, produciendo alimento a la mitad del costo convencional de forrajes cultivados a campo abierto.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Resh (1982) quien constató la importancia de la ventilación de las raíces y el uso óptimo de la solución nutritiva en las plantas. Sin embargo, sería necesario someter las modalidades ensayadas, en función del método de cultivo, a un análisis económico tomando en cuenta todos los factores que pueden intervenir, a fin de conocer cuál de los métodos de cultivo presentan mayores ventajas al respecto.

Al respecto Benton Jones (1982) señala que la composición ideal de una solución nutritiva no depende solamente de las concentraciones de los nutrientes, sino que también de otros factores relacionados con el cultivo,

inclusive del tipo de sistema hidropónico, los factores ambientales, la época del año (duración del periodo de luz), el periodo fenológico, la especie vegetal y el cultivar en consideración.

Se han propuesto diferentes soluciones nutritivas y en algunos casos se encuentran diferencias pronunciadas entre ellas, en lo que se refiere a la concentración de macronutrientes y, en relación a los micronutrientes, las diferencias son mucho menores. Hewitt citado por Benton Jones (1982) muestra una lista de 160 fórmulas diferentes basadas en los diferentes tipos de sales y combinaciones de fuentes de nitrógeno

La FAO (2002), La cosecha del forraje hidropónico comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende: epicotilos, cotiledones, el abundante colchón de radículas, semillas sin germinar y semillas en diferentes estadios de germinación (FAO, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

La investigación se desarrollo en el vivero experimental de la municipalidad distrital de Ilabaya ubicado en la misma localidad, perteneciente a la provincia de Jorge Basadre, Región Tacna

El distrito de Ilabaya, capital del distrito del mismo nombre, está asentado a **1 425,00** m.s.n.m. y a 17°23' de latitud sur y a 70°32' de longitud oeste. La distancia de Ilabaya a la capital de la región es de 133,06 km, aproximadamente.

CUADRO 1: ANÁLISIS DE AGUA.

| Contenido | Unidad | Cantidad |
|------------------------|----------|----------|
| Potencial de hidrogeno | Ph UNIT | 8,5 |
| Nitrito | Mg/L | - |
| Conductividad | Us/cm | 2179,0 |
| Alcalinidad | CaO3mg/L | 169 |
| Cloruros | Mg/L | 53 |
| Sulfatos | Mg/L | 51 |
| Dureza total | Mg/L | 420 |
| Dureza cálcica | Mg/L | 274 |
| Sólidos totales | Mg/L | 1337 |
| Turbidez | NTU | 0,5 |
| Plata total | Mg/L | 0,0016 |
| Aluminio total | Mg/L | < 0,02 |

FUENTE: LABORATORIO DE ENSAYO INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE – 002
(CALLAO – 2010)

3.1.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.

Como material experimental se utilizó 3 variedades de cebada provenientes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Var. Centenario) y del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA (Variedades San Cristóbal INIA 411 y INIA 416) y dos concentraciones de solución nutritiva

Factor A: Variedades de cebada

a₁: San Cristóbal INIA 411

a₂: Centenario

a₃: INIA 416

Factor B: Concentraciones nutritivas

b₁: Solución nutritiva La Molina

b₂: Solución nutritiva normal

Cuadro 2: Combinación de tratamientos en estudio

| Tratamientos | Factor A variedades | Factor B Soluciones | Tratamientos |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| T ₁ | a ₁ | b ₁ | a ₁ b ₁ |
| T ₂ | a ₁ | b ₂ | a ₁ b ₂ |
| T ₃ | a ₂ | b ₁ | a ₂ b ₁ |
| T ₄ | a ₂ | b ₂ | a ₂ b ₂ |
| T ₅ | a ₃ | b ₁ | a ₃ b ₁ |
| T ₆ | a ₃ | b ₂ | a ₃ b ₂ |

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Característica de las variedades utilizadas**A. Variedad San Cristóbal INIA 411 (a₁)**

La nueva variedad de cebada **INIA 411 SAN CRISTOBAL** procede del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), se trata de la línea **CI 10622 / CI 5824** procedente de una cruce simple.

Recomendable su cultivo entre los 2 000 a 3 800 msnm.

- **Características agronómicas:**

| | |
|---|--------------|
| Macollamiento | : Regular |
| Nº promedio macollos/planta | : 8 |
| Tipo de espiga | : Aristada |
| Densidad de espiga | : Intermedia |
| Tamaño de espiga (cm) | : 7,13 |
| Color de grano | : Claro |
| Tamaño de semilla (mm) | : 5,7 |
| Peso hectolítrico kg/hl | : 60,3 |
| Peso de mil semillas (g) | : 38 |
| Altura de planta (cm) | : 102 |
| Días a espigado | : 80 |
| Días a madurez | : 145 |
| Rendimiento potencial | : 6,87 t/ha |
| Rendimiento promedio en campo de agricultores | : 3,546 t/ha |

B. Variedad Centenario (a₂)

Es originaria de la Universidad Nacional Agraria la Molina, la nueva variedad desarrollada se caracteriza por su mayor rendimiento y calidad, la cebada "Centenario" tiene un potencial de rendimiento de 5,600 kg/ha

La cebada es sembrada por pequeños agricultores en zonas alto andinas adversas, donde existen pocas alternativas de cultivo. El resultado es un producto de mayor valor alimenticio, que mezclado en harinas pre cocidas alcanza valores nutritivos superiores al promedio, mejorando la alimentación de zonas de extrema pobreza de nuestro país.

Además del alto rendimiento, esta nueva variedad poseen resistencia genética a las plagas y enfermedades más importantes de estos cultivos, reduciendo los costos para el cultivo. De esta forma, se protege el medio ambiente de la aplicación de productos contaminantes y también preserva la calidad de los productos derivados, los que por lo general son para autoconsumo y se producen en forma orgánica.

C. Variedad INIA 416 (a₃)

La variedad de cebada INIA 416, destaca por su tolerancia a las enfermedades más comunes que atacan los cultivos de cebada en la sierra central de nuestro país, como la roya amarilla, roya de la hoja y del tallo, que ocasionan serios daños y pérdidas irreparables para los agricultores.

Esta nueva cebada sobresale también por su mayor rendimiento en campo. Se ha logrado obtener hasta 4,5 toneladas de grano por hectárea. Los agricultores que utilizan variedades locales solo consiguen hasta 3,5 toneladas.

De acuerdo a los estudios realizados por el INIA, con la cebada INIA 416 –, el agricultor logra una rentabilidad del 64,25 por ciento, muy por encima del 44,54 por ciento que ofrecen las variedades locales.

El grano de esta nueva cebada es de color crema claro y presenta muy buenas cualidades para su transformación ya sea industrial o gastronómico; principalmente para la elaboración de morón americano y nacional, hojuelas y harina. Asimismo, la cebada INIA 416, se adapta desde los 2500 a 3800 metros sobre el nivel del mar.

3.1.4. Composición de la solución nutritiva

La fórmula de la solución nutritiva La Molina estuvo compuesta por los siguientes fertilizantes:

CUADRO 03: Solución nutritiva la Molina

| Solución concentrada A: (para 5,0 litros de agua, volumen final) | Peso |
|---|-------------|
| Nitrato de potasio | 550,0 g |
| Nitrato de amonio | 350,0 g |
| Superfosfato triple | 180,0 g |
| Solución concentrada B: (para 2,0 litros de agua, volumen final) | Peso |
| Sulfato de magnesio | 220,0 g |
| Quelato de hierro 6% Fe | 17,0 g |
| Solución de Micronutrientes | 400 ml |
| Solución micronutrientes: (para 1,0 litro de agua destilada o hervida) | Peso |
| Sulfato de manganeso | 5,0 g |
| Ácido bórico | 3,0 g |
| Sulfato de zinc | 1,7 g |
| Sulfato de cobre | 1,0 g |
| Molibdato de amonio | 0,2 g |

Fuente. Universidad Nacional Agraria la Molina (2009)

La solución hidropónica La Molina fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La solución hidropónica La Molina[®] consta de dos soluciones concentradas A y B. La fórmula de la solución hidropónica La Molina

- **Solución normal**

La fórmula de la solución hidropónica normal estuvo compuesta por los siguientes fertilizantes:

CUADRO 4: Solución nutritiva normal

| | |
|---|------------------------------|
| Solución concentrada A: (para 5,0 litros de agua, volumen final) | Porcentaje |
| Nitrato de potasio | 13% N ; 45% K ₂ O |
| Sulfato nítrico | 31% N |
| Acido fosfórico | 62% |
| Solución concentrada B: (para 2,0 litros de agua, volumen final) | Porcentaje |
| Sulfato de magnesio | 20% |
| Feltrilon Combi | 17,0 g |
| Molibdato de Amonio | 0,2 g |

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina (2009)

3.2. VARIABLES DE RESPUESTA

a. Porcentaje de germinación

Se evaluó a los 10 días después de la siembra, tomando en consideración todas las unidades experimentales

b. Altura de plantas

Se tomaron 20 plantas en forma aleatoria de cada unidad experimental considerándose desde la base del tallo, ésta evaluación se efectuó a los 30 días de efectuada la siembra

c. Diámetro del tallo

Se tomaron 20 plantas en forma aleatoria de cada unidad experimental a los 30 días después de la siembra con la ayuda de un vernier, de cada uno de los tratamientos.

d. Rendimiento de forraje verde

Para estimar el rendimiento de forraje verde, se cosechó el material cuando el cultivo alcanzó su crecimiento de 30 días, y como criterio de cosecha se tomará en consideración la altura del cultivo.

e. Materia seca

Para esta labor el material fresco se pesó de inmediato y se procedió a extraer cinco muestras representativas de cada tratamiento, 2 kg incluyendo raíces y semillas, luego se llevaran las muestras a una estufa a 60 ° c hasta lograr un peso constante.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 2 con una combinación de 6 tratamientos y 10 repeticiones contabilizando 60 unidades experimentales.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó utilizando el análisis de varianza, bajo el modelo completamente al azar, siendo el modelo aditivo lineal siguiente:

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

$$i = 1, \dots, a \quad j = 1, \dots, b \quad k = 1, \dots, n$$

La prueba estadística correspondió a la prueba de F a un nivel de significación α 0,05 y 0,01, para realizar la comparación de medias en los diferentes tratamientos se realizó la prueba de significación de Duncan para identificar el tratamiento significativo α 0,05 de probabilidad.

3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

3.6.1. Preparación de bandejas:

Se empleo bandejas de 0,40m x 0,60m; estas bandejas se lavaron con agua corriente y detergente, posteriormente fueron desinfectadas con Benomil.

- Celdas con guías verticales para evitar el enrollamiento de las raíces.
- Espacios entre celdas para una mejor ventilación.
- Fácilmente apilables, reduciendo el volumen de almacenaje.
- Fácil de lavar y desinfectar para reutilización, no quedan desechos.

3.6.2 Desinfección de semillas y lavado de semillas:

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) se dejó remojándolas en ésta por 30 minutos a una hora, luego se enjuagarán con agua.

3.6.3 Remojo y oreo de semillas

Se sumergió las semillas en agua por un periodo de tiempo de 18 Horas a 20 horas, y se realizó el recambio manual del agua que se vea turbia, luego las semillas se colocaron sobre sacos limpios extendidos para orearlos por un lapso de 24 horas.

3.6.4. Traslado

Se colocaron las semillas en las bandejas de un área de 240 cm^2 se trató en lo posible de formar una capa uniforme de 1,5 cm de espesor.

3.6.5. Instalaciones para la producción de forraje

El sistema deberá estar constituida por estantes metálicos de 1,50 x 1,50 x 2, 25 de altura y de 5 pisos, que soportan 6 bandejas de 0,50 x 0, 80 x 0, 05 m de fibra de vidrio en cada piso, total 30 bandejas por unidad experimental.

3.6.6. Siembra

Se realizó la siembra colocando la semilla dentro de la bandeja, posteriormente se agregó agua en una cantidad considerable, luego de poner las semillas se cubrieron con un plástico negro, con la finalidad de asegurar la germinación y se regó con agua sin nutrientes

La cantidad de semilla (cebada) que se utilizó por bandeja es de 0,5 kg. A partir de este momento, se inicio el proceso de "Germinación" de fuerte actividad enzimática. Luego, la etapa del "Crecimiento" de formación acelerada de hojas y tallos de excelente calidad nutritiva y por último la "Cosecha".

3.6.7. Aplicación de las soluciones nutritivas

Cuando emergieron las raíces se aplicó las soluciones nutritivas según la dosis diaria, utilizando una regadera de 4 litros, la solución se aplicó al mismo tiempo cada tratamiento en estudio.

3.6.8. Control de plagas y enfermedades

Se aplicaron pesticidas en forma preventiva para evitar el ataque de pulgones, asimismo el ataque de las siguientes enfermedades como son roya y carbón respectivamente

3.6.9. Manejo del cultivo:

Una vez pasado el tiempo de germinación, se retiró el plástico negro que cubre las bandejas, en este momento se iniciaron los riegos espaciados cada tres horas

3.6.10. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual cuando las plantas hayan alcanzado una altura de 0,50 m de altura, la frecuencia de cosecha fue cada 30 días, se realizaron 4 cosechas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prueba de hipótesis para el porcentaje de germinación:

H₀: No existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el porcentaje de germinación.

H₁: Si existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el porcentaje de germinación.

α : 0,05 y 0,01

CUADRO 5 Análisis de varianza de porcentaje de germinación de tres variedades de cebada

| Fuentes de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F.C | F | |
|-------------------------|------|---------|---------|--------|-------|----------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Tratamientos | 5 | 560,683 | 112,136 | 11,885 | 2,380 | 3,337 ** |
| Variedades | 2 | 347,733 | 173,867 | 18,43 | 3,172 | 5,020 ** |
| Soluciones | 1 | 104,017 | 104,017 | 11,02 | 4,022 | 7,130 ** |
| Variedades x soluciones | 2 | 108,933 | 54,466 | 5,777 | 3,172 | 5,020 ** |
| Error | 54 | 509,500 | 9,435 | | | |
| Total | 59 | 1070,18 | | | | |

CV: 3,170%

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5, del análisis de varianza muestra los resultados de la evaluación de porcentaje de germinación, se observa que existen diferencias estadísticas altas al nivel de tratamientos. Para las variedades (Factor A) se halló significación estadística alta, para las soluciones nutritivas (Factor B) de igual forma se halló alta significación estadística, para la interacción (Variedades x soluciones), hubo significación estadística altas por lo tanto ambos factores dependen entre sí es decir se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación de 3,170% está dentro de los rangos normales para este tipo de experimento

CUADRO 6: Prueba de significación de Duncan de porcentaje de germinación plantas para variedades

| Orden de mérito | Variedades | Promedio % | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|------------|-------------------------------|
| 1 | a₃ : INIA 416 | 99,15 | a |
| 2 | a₂ : Centenario | 97,95 | a |
| 3 | a₁ : San Cristóbal INIA 411 | 93,55 | b |

Fuente: **Elaboración propia**

Al efectuar la prueba de Duncan para porcentaje de germinación se encontró que la variedad **a₃**: INIA 416 alcanzó el mayor promedio con 99,15 %, en el segundo lugar se ubica **a₂**: Centenario con 97,95 %, en el último lugar se ubica **a₁**: San Cristóbal INIA 411 con 93,55 % respectivamente.

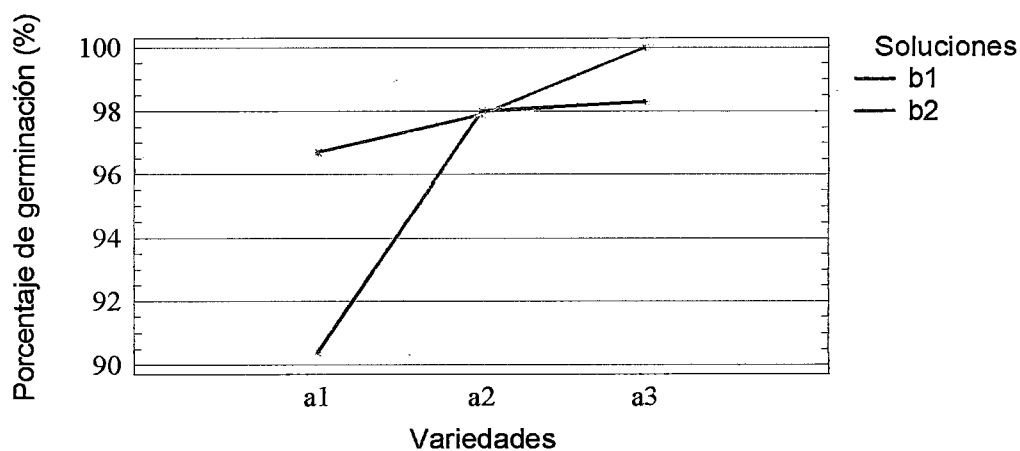
CUADRO 7: Prueba de significación de Duncan de porcentaje de germinación para soluciones

| Orden de mérito | Soluciones | Promedio | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|----------|-------------------------------|
| 1 | b₂ : Solución nutritiva normal | 98,20 | a |
| 2 | b₁ : Solución nutritiva La Molina | 95,57 | b |

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Duncan de porcentaje de germinación se encontró que la solución nutritiva normal superó significativamente con el 98,20 % a la solución nutritiva La Molina que obtuvo un promedio de 95,57% respectivamente

GRÁFICO N° 1: Interacción variedades x solución para el porcentaje de germinación



Fuente: Elaboración propia

La interacción variedades x soluciones se representa gráficamente; la tendencia indica el grado de interacción entre los factores, la cual aumenta a medida que las líneas se cruzan, donde se observa que la variedad **a₃**: INIA 416 tiene el mayor promedio con ambas soluciones, la variedad **a₂**: Centenario se observa en el segundo lugar en ambas soluciones, la variedad **a₁**: San Cristóbal INIA 41 alcanza la menor altura en ambas soluciones nutritivas respectivamente.

4.2. Prueba de hipótesis para la altura de planta

H_0 : No existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para la altura de planta.

H_1 : Si existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para la altura de planta.

α : 0,05 y 0,01

CUADRO 8: Análisis de varianza de altura de planta (cm) para tres variedades de cebada

| Fuentes de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F.C | F | |
|-------------------------|------|---------|---------|--------|-------|----------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Tratamientos | 5 | 239,875 | 47,975 | 37,716 | 2,380 | 3,337 ** |
| Variedades | 2 | 212,55 | 106,275 | 83,507 | 3,172 | 5,020 ** |
| Soluciones | 1 | 7,127 | 7,127 | 5,600 | 4,022 | 7,130 ** |
| Variedades x soluciones | 2 | 20,197 | 10,098 | 7,935 | 3,172 | 5,020 ** |
| Error | 54 | 68,722 | 1,272 | | | |
| Total | 59 | 308,597 | | | | |

CV: 4,364%

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 8, del análisis de varianza (ANVA) presenta los resultados altura de planta (cm), donde se observa que a nivel de tratamientos se encontró diferencias altamente significativas, para las variedades (Factor A) se halló alta significación estadística, asimismo para soluciones nutritivas (Factor B) se halló alta significación estadística, para la interacción hubo alta significación estadística (Variedades x soluciones), por lo tanto ambos factores dependen entre sí es decir se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación es de 4,364%.

CUADRO 9: Prueba de significación de Duncan de altura de plantas (cm) para variedades (Factor A)

| Orden de mérito | Variedades | Promedio cm | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|-------------|-------------------------------|
| 1 | a ₂ : Centenario | 28,14 | a |
| 2 | a ₁ : San Cristóbal INIA 411 | 25,89 | b |
| 3 | a ₃ : INIA 416 | 23,53 | c |

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Duncan para variedades, se observa que la variedad a₂: Centenario obtuvo un promedio de 28,14 cm superando significativamente al resto de variedades, en el segundo lugar se ubica a₁: San Cristóbal INIA 411 con 25,89 cm y en el último lugar se ubica el a₃: INIA 416 con 23,53 cm respectivamente.

CUADRO 10: Prueba de significación de Duncan de altura de plantas para soluciones

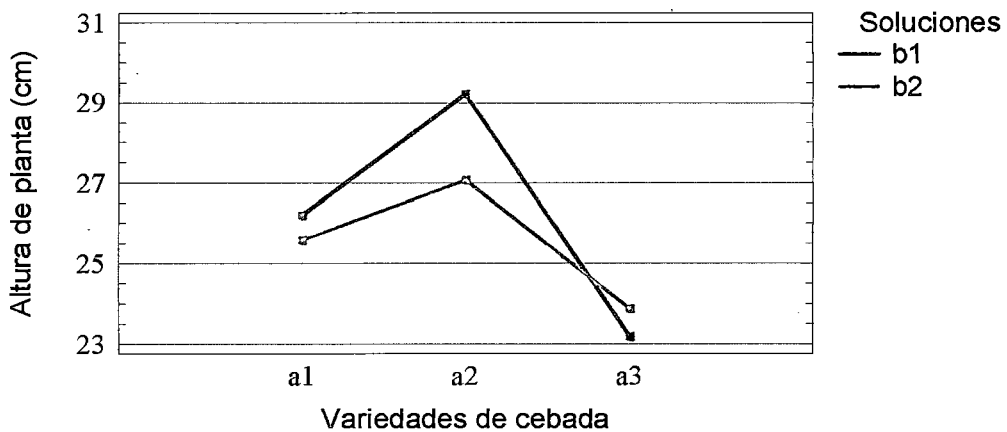
| Orden de mérito | Soluciones | Promedio | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|
| 1 | b ₁ Nutritiva La Molina | 26,20 | a |
| 2 | b ₂ Nutritiva normal | 25,51 | b |

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Duncan de altura de planta (cm) se observa que la mayor altura se obtuvo con la solución nutritiva La Molina (b₁) con 26,20

cm que superó a la solución nutritiva normal (b_2) que alcanzó 25,51 cm respectivamente.

GRÁFICO 2: Interacción variedades x solución de altura de planta



Fuente: Elaboración propia

La interacción variedades X soluciones se representa gráficamente; la tendencia indica el grado de interacción entre los factores, la cual aumenta a medida que las líneas se cruzan, donde se observa que la variedad a_2 : Centenario alcanza el mayor altura con ambas soluciones nutritivas y la variedad a_3 : INIA 416 tiene el menor promedio, la solución b_1 nutritiva La Molina tiene el mayor efecto tal como se observa en el gráfico sobre las variedades a_1 : San Cristóbal INIA 411 y a_2 : Centenario respectivamente

4.3. Prueba de hipótesis para el diámetro del tallo (cm)

H_0 : No existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el diámetro del tallo

H_1 : Si existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el diámetro del tallo

α : 0,05 y 0,01

CUADRO 11: Análisis de varianza de diámetro del tallo (mm) de tres variedades de cebada

| Fuentes de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F.C | F | | |
|-------------------------|------|--------|---------|--------|-------|-------|----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Tratamientos | 5 | 5,2478 | 1,0495 | 16,450 | 2,380 | 3,337 | ** |
| Variedades | 2 | 0,0350 | 0,0175 | 0,26 | 3,172 | 5,020 | ns |
| Soluciones | 1 | 1,4946 | 1,49468 | 21,86 | 4,022 | 7,130 | ** |
| Variedades x soluciones | 2 | 3,7182 | 1,85913 | 27,19 | 3,172 | 5,020 | ** |
| Error | 54 | 3,6924 | 0,0638 | | | | |
| Total | 59 | 8,9404 | | | | | |

CV: 18,04 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 11, del análisis de varianza presenta los resultados de la evaluación de diámetro del tallo (mm) y muestra que existen diferencias estadísticas altas al nivel de tratamientos. Para las variedades (Factor A) no se halló significación estadística, por lo tanto sus promedios son estadísticamente similares, en el caso de soluciones nutritivas empleadas (Factor B) se halló alta significación estadística, para la interacción (Variedades x soluciones) se encontraron diferencias altamente significativas por lo tanto ambos factores dependen entre sí es decir se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación es de 18,04%, se realizó a continuación la prueba de Duncan para el factor B (Soluciones):

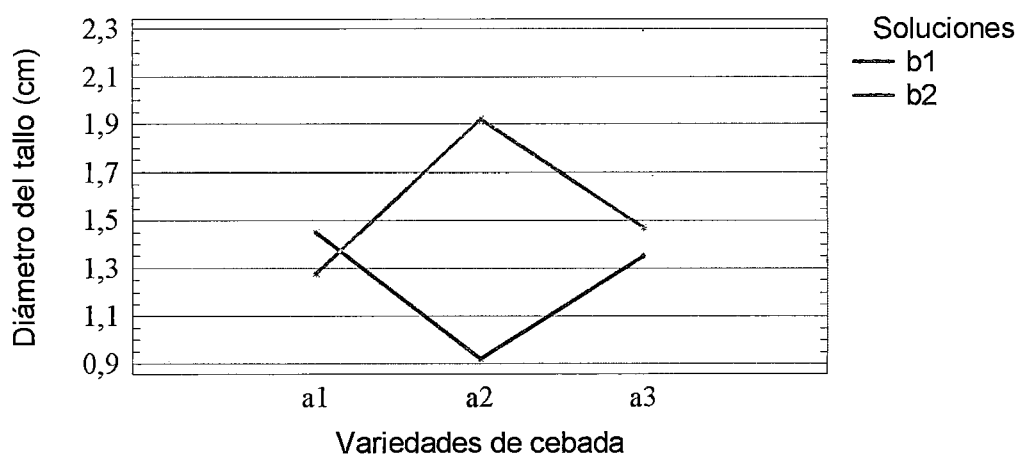
CUADRO 12: Prueba de significación de Duncan de diámetro del tallo (mm) para variedades (factor B)

| Orden de mérito | Soluciones | Promedio mm | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| 1 | b ₂ : Nutritiva normal | 1,56 | a |
| 2 | b ₁ : Nutritiva La Molina | 1,24 | b |

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Duncan de diámetro del tallo, se observa que la solución nutritiva normal superó significativamente con 1,56 mm, a la solución nutritiva La Molina que obtuvo un promedio de 1,24 mm respectivamente.

GRÁFICO 3: Interacción variedades x solución para el diámetro del tallo.



Fuente: Elaboración propia

La interacción variedades X soluciones se representa gráficamente; la tendencia indica el grado de interacción entre los factores, donde se observa que la variedad **a₂**: Centenario y alcanza el mayor promedio con la solución normal, sin embargo la variedad **a₁**: San Cristóbal INIA 411 logró el mayor promedio con la solución nutritiva La Molina.

4.4. Prueba de hipótesis para el rendimiento (kg)

H_0 : No existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el rendimiento

H_1 : Si existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el rendimiento

α : 0,05 y 0,01

CUADRO 13: Análisis de varianza de rendimiento (kg) de tres variedades de cebada.

| Fuentes de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F.C | F | |
|-------------------------|------|---------|--------|--------|-------|----------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Tratamientos | 5 | 23,0154 | 4,6030 | 74,123 | 2,380 | 3,337 ** |
| Variedades | 2 | 3,5592 | 1,7999 | 28,98 | 3,172 | 5,020 ** |
| Soluciones | 1 | 9,3536 | 9,3536 | 150,60 | 4,022 | 7,130 ** |
| Variedades x soluciones | 2 | 10,1026 | 5,0513 | 81,33 | 3,172 | 5,020 ** |
| Error | 54 | 3,3538 | 0,0621 | | | |
| Total | 59 | 26,4093 | | | | |

CV: 6,716 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 13, del análisis de varianza representa los resultados de la evaluación de rendimiento (kg) donde se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto al nivel de tratamientos. Para las variedades (Factor A) se halló significación estadística alta, para las soluciones nutritivas (Factor B) se halló alta significación estadística, asimismo para la interacción hubo alta significación estadística (Variedades x soluciones), por lo tanto ambos factores dependen entre sí es decir se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación es de 6,716% estando dentro de los rangos normales para este tipo de experimentos.

CUADRO 14: Prueba de significación de Duncan de rendimiento (kg) para variedades

| Orden de mérito | Variedades | Promedio | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|----------|-------------------------------|
| 1 | a ₁ : San Cristóbal INIA 411 | 4,02 | a |
| 2 | a ₂ : Centenario | 3,69 | b |
| 3 | a ₃ : INIA 416 | 3,42 | c |

Fuente: Elaboración propia

Al efectuar la prueba de Duncan, se encontró que la variedad a₁: San Cristóbal INIA 411 con 4,02 kg superó significativamente al resto de variedades, en el segundo lugar se ubica a₂: Centenario con 3,69 kg y en el último lugar se ubica el a₃: INIA 416 con 3,42 kg respectivamente.

CUADRO 15: Prueba de significación de Duncan de rendimiento (kg) para soluciones

| Orden de mérito | Soluciones | Promedio | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|----------|-------------------------------|
| 1 | b₁ : Solución nutritiva La Molina | 4,10 | a |
| 2 | b₂ : Solución nutritiva normal | 3,32 | b |

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Duncan de rendimiento (kg) se encontró que la solución nutritiva La Molina superó significativamente con 4,10 kg a la solución nutritiva normal que obtuvo un promedio de 3,32 kg respectivamente.

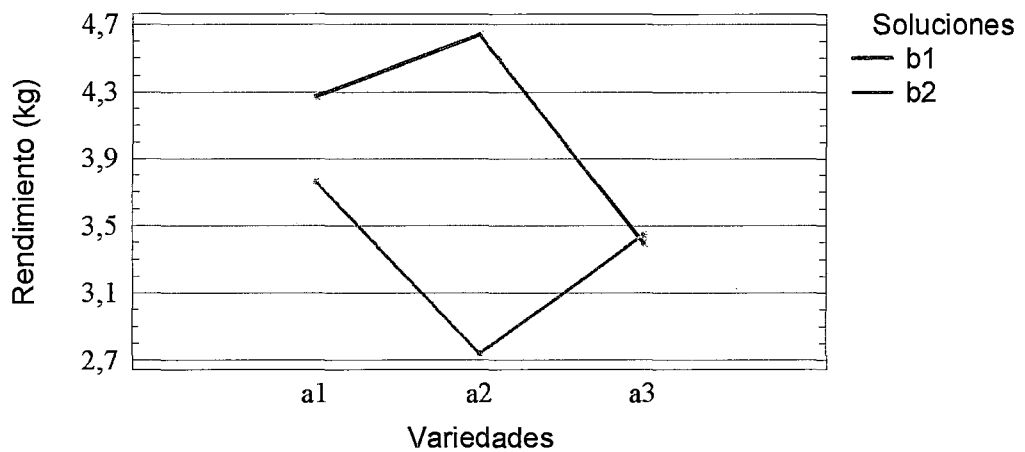
En su investigación Mansilla, J. (1987) titulada Respuesta del Sorgo Forrajero (*Sorghum vulgare.*), variedad Texas a diferentes niveles de fertilización en la Zona de la Yarada Baja - Tacna". Las características evaluadas en el trabajo de investigación fueron: Rendimiento de forraje verde evaluadas en los dos surcos centrales de cada unidad experimental (8 m²) y alturas de plantas antes de efectuar los cortes respectivos. Respecto a sus resultados obtenidos, tenemos que en el primer, segundo y tercer corte sobresalió el nivel nitrogenado 160 alcanzando su máxima producción en el tercer corte con 66 250 kg/ha y se observó menores rendimientos, alcanzando un rendimiento menor el testigo con 29 735 kg/ha, en cuanto a la fertilización fosfórica tenemos que este cultivo no es

exigente dado que se han alcanzado máximos rendimientos con una dosis menor de fósforo.

Según lo señalado por LESS (1983), PEER y LESSON (1985), DOSAL (1987) y FAO (2002), periodos de una a dos semanas son suficientes para completar el ciclo del cultivo hidropónico, ciclos más largos no serian convenientes debido a la disminución de la materia seca y de la calidad general del cultivo hidropónico resultante.

Esto podría explicarse debido a que la proporción y concentración en que se encuentran los nutrientes en solución nutritiva La Molina sea la más adecuada a las necesidades del cultivo de cebada en cultivos hidropónicos, bajo las condiciones de experimentación; confirmando la observación realizada por Urias (1997) cuando menciona que no existe una única fórmula para nutrir los cultivos hidropónicos y la mejor es la que se experimenta con óptimos resultados.

GRÁFICO 4: Interacción variedades x solución para el rendimiento (kg) de tres variedades de cebada



Fuente: Elaboración propia

La interacción variedades X soluciones se representa gráficamente; la tendencia indica el grado de interacción entre los factores, la cual aumenta a medida que las líneas se cruzan, donde se observa que la variedad **a₂**: Centenario alcanza el mayor rendimiento con la **b₁** solución nutritiva La Molina y la variedad **a₁**: San Cristóbal INIA 411 alcanzó el mayor promedio con la **b₂** solución nutritiva normal.

4.5. Prueba de hipótesis para el porcentaje de materia seca (cm)

H₀: No existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el porcentaje de materia seca.

H₁: Si existe interacción entre las tres variedades de cebada y las dos soluciones nutritivas para el porcentaje de materia seca.

α : 0,05 y 0,01

CUADRO 16: Análisis de varianza de porcentaje de materia seca (%) para tres variedades de cebada

| Fuentes de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F.C | F | |
|-------------------------|------|-----------|----------|-------|-------|----------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Tratamientos | 5 | 5480,9266 | 1096,185 | 3,492 | 2,380 | 3,337 ** |
| Variedades | 2 | 3360,93 | 1680,47 | 5,35 | 3,172 | 5,020 ** |
| Soluciones | 1 | 4,2666 | 4,2666 | 0,01 | 4,022 | 7,130 ns |
| Variedades x soluciones | 2 | 2115,73 | 1057,87 | 3,37 | 3,172 | 5,020 * |
| Error | 54 | 16950,4 | 313,896 | | | |
| Total | 59 | 22431,3 | | | | |

CV: 0,254 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 16, del análisis de varianza muestra los resultados de la evaluación de materia seca donde se observa existen diferencias estadísticas altas al nivel de tratamientos. Para las variedades (Factor A) se halló significación estadística altas, para las soluciones nutritivas (Factor B) no se halló significación estadística, no obstante para la interacción (Variedades x soluciones), hubo significación estadística significativa, por lo tanto ambos factores dependen entre sí es decir se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación fue de 0,254% aceptable para este tipo de experimento

CUADRO 17: Prueba de significación de Duncan de porcentaje de materia seca para variedades

| Orden de mérito | Variedades | Promedio % | Significación $\alpha = 0,05$ |
|-----------------|---|------------|-------------------------------|
| 1 | a ₂ : Centenario | 1,315 | a |
| 2 | a ₃ : INIA 416 | 1,297 | a |
| 3 | a ₁ : San Cristóbal INIA 411 | 1,148 | b |

Fuente: Elaboración propia

Al efectuar la prueba de Duncan para el porcentaje materia seca se observa que la variedad a₂: Centenario alcanzó un promedio de 1,315 % , en el segundo lugar se ubica el a₃: INIA 416 con 1,297 % , inferimos que son estadísticamente similares en sus promedios, en el último lugar se

ubica a₁: San Cristóbal INIA 411 con 1,148 % respectivamente. De esto se desprende que la cosecha del cultivo debe realizarse antes de los 20 días, con lo que se lograría una menor pérdida de materia seca y de la calidad nutricional del cultivo hidropónico, según lo señalado por LESS (1983), PEER y LESSON (1985), DOSAL (1987) y FAO (2002), periodos de una a dos semanas son suficientes para completar el ciclo del cultivo hidropónico, ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de la materia seca y de la calidad general del cultivo hidropónico resultante.

En diversos estudios se ha demostrado que la calidad nutricional del FVH es valiosa, ya que se le han encontrado características apropiadas, como excelente gusto y un alto contenido de proteína cruda (Fernández *et al.*, 1998). Entre los factores que influyen en el valor nutricional del FVH se encuentran la calidad del agua de riego

Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 2% a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

V.CONCLUSIONES

1. La variedad **a₂** Centenario alcanzó el mayor rendimiento de 4,10 kg. con la solución nutritiva la Molina.
2. Los resultados de rendimiento (kg) revelaron que la variedad **a₁**: San Cristóbal obtuvo 4,02 kg/bandeja, superando significativamente al resto de variedades, en el segundo lugar se ubico la variedad **a₂**: Centenario con 3,69 kg/bandeja.
3. En la evaluación de altura de planta la variedad **a₂**: Centenario obtuvo 28,14 cm superando significativamente al resto de variedades, en el segundo lugar se ubico la variedad **a₁**: San Cristóbal INIA 411 con 25,89 cm, la solución nutritiva de efecto fue solución nutritiva La Molina (**b₁**) con 26,20 cm que supero a la solución nutritiva normal (**b₂**) que alcanzó 25,51 cm respectivamente, la interacción resulto altamente significativa, es decir que ambos factores actuaron conjuntamente.

4. Con respecto al diámetro del tallo se encontró que la solución nutritiva normal superó significativamente con un promedio de 1,56 mm a la solución nutritiva La Molina que obtuvo un promedio de 1,24 mm respectivamente, no se halló diferencias estadísticas para el factor variedades, la interacción resulto altamente significativa, es decir que ambos factores actuaron conjuntamente.

5. Para el porcentaje de materia seca los resultados revelaron que la variedad a_2 : Centenario alcanzó un promedio de 1,315 %, en el segundo lugar se ubico la variedad a_3 : INIA 416 con 1,297 %, en el último lugar se ubica a_1 : San Cristóbal INIA 411 con 1,148 kg respectivamente, no se hallo significación estadística entre las soluciones nutritivas. La interacción resulto altamente significativa, es decir que ambos factores actuaron conjuntamente.

6. Para la variable porcentaje de germinación se encontró que la variedad a_3 : INIA 416 alcanzó el mayor promedio con 99,15 %, en el segundo lugar se ubica a_2 : Centenario con 97,95 %, la solución nutritiva normal superó significativamente con el 98,20 % a la solución nutritiva La molina que obtuvo un promedio de 95,57% respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar más ensayos con la variedad **a₃**: INIA 416 que superó significativamente al resto de variedades con otro tipo de soluciones.
2. Se recomienda tener mucho cuidado al esterilizar todo equipo, materiales y medios nutritivos; también realizar la siembra en ambiente aséptico.
3. Para futuros trabajos de investigación con diferentes variedades de cebada, se recomienda el uso de la solución normal.
4. En vista que la formulación de las soluciones nutritivas para cada especie y variedad es algo delicada, recomiendo continuar estos experimentos con mucha prudencia hasta descubrir las fórmulas precisas para los diferentes cultivos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ARANO, Carlos.1998. Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Buenos Aires, Argentina. 397 pag.
2. ARBA, 2004, Conejos por sus razas, (On line).
<http://www.mascotamigos.com.ar/Roed.ConejosRazas.htm>.
3. BERRY, W. L. 1996. The evolution of hydroponics. Hydroponic Society of America. Proceedings of 17 th Conference, San Jose, CA, USA, 156 pag
4. BENTON JONES, J.JR. 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. Journal of Plant Nutrition 5 (8): 1003-1030.U.S.A 87 pag
5. BRAVO, M. R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Concepción - Chile 73 pag

6. BRAVO, R. S. 1998. Utilización de forraje hidropónico de avena como recurso alternativo en cabras criollas. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 76 pag
7. CANOVAS, F.; DÍAZ, J.R. 1993. Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería. ESPAÑA 84 pag
8. CANOVAS, F.; MAGNA, J.J.; BOUKHALFA, A. Cultivos sin suelo Hidroponía. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Ed. Instituto de la Caja Rural de Almería. Almería – ESPAÑA 84 pag
9. CHANG, M.; RODRÍGUEZ-DELFIN, A y Hoyos, R. 2001. Producción de Forraje Verde Hidropónico. En Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. UNALM. Lima – Perú 100 pag

10. CHEN, L. H., WELLS, C. E. and FORDHAM, J. R. Germinated seed for human consumption. *Journal of food science* 40(6):1290-1294. November-December 1975. USA 46 pag
11. DALBY, A. and TSAI, C. Lysine and tryptophane increases during germination of cereal grains. *Cereal chemistry* 53(2):222-226. March-April 1976. USA 176 pag.
12. DOMÉNECH, V.; SANCHEZ, M.; GOMEZ, A.G. 1997 Bases de la producción de alimentos para el ganado. Córdoba, Editorial "Don Folio". Argentina 307 pag
13. DOSAL, J. J. 1987 Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de avena producido bajo condiciones de hidroponía. Tesis de Grado. Chillán, Universidad de Concepción, Fac. Cien. Agron. Vet. For. Dep. Agron. Concepción - Chile 106 pag
14. ERIC, 2004. Untitled Document, (On line).
<http://www.worldatos.com/conejos.html>

15. FAO. 2002. Forraje Verde Hidropónico, Manual Técnico. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 79 pag.
16. FALEN, L. F. And PETERSEN, C. F. Comparison of sprouted versus normal wheat when fed to white leghorn cockerel chicks. Poultry science 48(5):1772-1174 September 1969. USA 58 pag
17. FERNÁNDEZ, M.M.; AGUILAR, M.I.; CARRIQUE J.R.; TORTOSA, J.; GARCÍA, C.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, J.M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla – España 183 pag
18. HIDALGO, L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 64p. Concepción - Chile 124 pag

19. HILLIER, R. and PERRY, T. Effect of hidroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. *Journal of animal science* 29(5):783-785. November 1969. USA 137 pag
20. HSU, S. H., *et al.* Changes in carbohydrate contents of germination soybean seeds. *Crop science* 13 (4): 407-410. July-August 1973.USA 450 pag
21. HUTERWAL, G. 1960. Hidroponía. Editorial Albatros. España 59 pag
22. HWANG, P. and BUSKUK, W. Some changes in the endosperm protein during sprouting of wheat. *Cereal chemistry* 50(2):147-160. March-April 1973.USA 180 pag
23. INGLE, J. Metabolic changes associated with the germination of corn
I. Changes in weight and metaboliter and their redistribution in the embryo axis, scutellum, and endosperm. *Plant physiology* 39(5):735-740. September 1964. USA 850 pag
24. LEBAS, F. 1996. El conejo: Cría y patología. FAO. 227 pag

25. LEMAR, L., SWANSON, B. Nutritive value of sprouted wheat flour.
Journal of food science 41(3):719-720. May-June 1976.
USA
26. LESS, P. 1983. Ganadería hidropónica. Agricultura de las Américas.
32(10):16-20- 39-41 España 120 pag
27. LORENZO GUERRERO TAFUR 1996 Producción de Forraje Verde
en Condiciones Hidropónicas. Tacna – Perú 76 pag
28. LLURBA, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos.
Revista Horticultura Nº 125 - Diciembre 1997. USA 56 pag
29. MAROTO, J.V. 1990. Elementos de Horticultura General. Ed. Mundi-
Prensa. Madrid – España 170 pag
30. Molina; C. J.L. 1989 “La cebada” Editorial Mundi Prensa. Madrid
España. 138 pag
31. MORALES, A. F. 1987. Forraje Hidropónico y su Utilización en la
Alimentación de Corderos Precozmente Destetados. Tesis

Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Concepción - Chile
89 pag

32. NÍGUEZ, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Concepción - Chile 82 pag

33. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2002. Forraje Verde Hidropónico, FAO. 79 pag

34. PATRONE, D. A., 2004. El mundo de los conejos, (On line).
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpIEAZAEpZJfsEgRZT.php>

35. PALMIANO, E. and JULIANO, O. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant physiology* 49 (5): 751-756. May 1972. USA 859 pag

36. PERR, D. and LEESON, S. Feeding value of hydroponically sprouted barley for poultry and pigs. *Animal feed science and technology* 13:183-190. 1985. USA 210 pag

37. RESH, H. 1982. *Cultivos hidropónicos*. Ediciones Mundi Prensa. Primera edición. España 18 pag

38. Rodríguez, S. 2000. *Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México*. En *Boletín Informativo de Red Hidroponía No 9*. CIHNM. UNALM. Lima, Perú. 218 pag

39. SAGI VELA LUIS. 1976. *Revista La Serenísimas*, N° 35, Conferencia sobre cultivos hidropónicos, exposición en la bolsa de Cereales. Buenos Aires Argentina. 19 pag

40. SÁNCHEZ, A. 2000. Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. En Boletín Informativo Red Hidroponía No 7. CIHNM. UNALM. Lima, Perú.
41. TARRILLO, H. 1999. Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Lima, Perú. 190 pag
42. TARRILLO, H. 2002. Producción de Forraje Verde Hidropónico en Arequipa, Perú. En Boletín Informativo de Red Hidroponía. CIHNM, UNALM. Lima, Perú.
43. VALDIVIA, E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. En Hidroponía una esperanza para Latinoamérica. Curso-Taller Internacional de Hidroponía. CIHNM. UNALM Lima, Perú. 395 pag
44. URIAS, E. 1997. Hidroponía. Como cultivar sin tierra. Red de Hidroponía. Lima, Perú. 70 pag

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%)

| Rep. | Tratamientos | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | a ₁ b ₁ | a ₁ b ₂ | a ₂ b ₁ | a ₂ b ₂ | a ₃ b ₁ | a ₃ b ₂ |
| 1 | 95,00 | 90,00 | 100,0 | 100,00 | 98,00 | 100,00 |
| 2 | 98,00 | 100,00 | 95,00 | 95,00 | 100,00 | 100,00 |
| 3 | 90,00 | 95,00 | 95,00 | 98,00 | 95,00 | 100,00 |
| 4 | 85,00 | 98,00 | 100,0 | 100,0 | 99,00 | 100,00 |
| 5 | 85,00 | 100,00 | 97,00 | 95,00 | 100,00 | 100,00 |
| 6 | 90,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 96,00 | 100,00 |
| 7 | 100,00 | 95,00 | 98,00 | 95,00 | 100,00 | 100,00 |
| 8 | 86,00 | 100,00 | 100,00 | 98,00 | 98,00 | 100,00 |
| 9 | 90,00 | 93,00 | 95,00 | 100,00 | 97,00 | 100,00 |
| 10 | 85,00 | 96,00 | 100,00 | 98,00 | 100,00 | 100,00 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2

ALTURA PLANTA (cm)

| Rep. | Tratamientos | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | a ₁ b ₁ | a ₁ b ₂ | a ₂ b ₁ | a ₂ b ₂ | a ₃ b ₁ | a ₃ b ₂ |
| 1 | 25,40 | 26,00 | 29,50 | 28,50 | 25,90 | 24,90 |
| 2 | 26,30 | 26,00 | 30,20 | 27,10 | 24,10 | 23,10 |
| 3 | 26,00 | 25,70 | 28,60 | 25,70 | 22,30 | 25,30 |
| 4 | 26,00 | 26,10 | 29,00 | 27,00 | 22,00 | 25,00 |
| 5 | 27,10 | 26,50 | 29,20 | 25,90 | 21,80 | 22,80 |
| 6 | 25,80 | 23,00 | 30,00 | 28,20 | 25,60 | 21,60 |
| 7 | 24,30 | 24,70 | 28,30 | 28,80 | 22,10 | 25,10 |
| 8 | 26,00 | 26,20 | 29,10 | 27,20 | 22,80 | 24,80 |
| 9 | 27,40 | 26,00 | 28,80 | 26,30 | 22,50 | 22,50 |
| 10 | 27,70 | 25,50 | 29,40 | 26,00 | 22,70 | 23,70 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3

DIÁMETRO DEL TALLO (cm)

| Rep. | Tratamientos | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | a ₁ b ₁ | a ₁ b ₂ | a ₂ b ₁ | a ₂ b ₂ | a ₃ b ₁ | a ₃ b ₂ |
| 1 | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 2,20 | 1,60 | 1,80 |
| 2 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,12 | 1,30 |
| 3 | 1,80 | 1,80 | 1,10 | 2,10 | 1,26 | 1,60 |
| 4 | 1,50 | 1,10 | 1,00 | 1,70 | 1,10 | 1,30 |
| 5 | 2,00 | 1,10 | 0,50 | 2,00 | 1,20 | 1,50 |
| 6 | 1,00 | 1,30 | 0,60 | 1,60 | 1,35 | 1,40 |
| 7 | 0,80 | 1,50 | 1,00 | 1,90 | 1,50 | 1,60 |
| 8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,10 | 1,40 | 1,40 |
| 9 | 2,00 | 1,60 | 0,80 | 1,60 | 1,30 | 1,30 |
| 10 | 1,50 | 1,10 | 1,00 | 2,00 | 1,70 | 1,50 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4

RENDIMIENTO (kg)

| Rep. | Tratamientos | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | a ₁ b ₁ | a ₁ b ₂ | a ₂ b ₁ | a ₂ b ₂ | a ₁ b ₃ | a ₂ b ₃ |
| 1 | 4,46 | 3,79 | 4,00 | 2,55 | 3,12 | 3,29 |
| 2 | 4,12 | 3,95 | 4,95 | 2,98 | 3,16 | 3,56 |
| 3 | 4,05 | 3,87 | 4,67 | 2,92 | 3,45 | 3,25 |
| 4 | 4,17 | 3,65 | 4,75 | 3,01 | 3,13 | 3,85 |
| 5 | 4,32 | 3,72 | 4,62 | 2,95 | 3,25 | 3,14 |
| 6 | 4,66 | 3,78 | 4,76 | 2,82 | 3,78 | 2,76 |
| 7 | 4,32 | 3,86 | 4,66 | 2,12 | 3,26 | 3,88 |
| 8 | 4,25 | 3,80 | 4,70 | 2,65 | 3,36 | 3,62 |
| 9 | 4,27 | 3,70 | 4,60 | 2,63 | 3,72 | 3,72 |
| 10 | 4,12 | 3,52 | 4,72 | 2,75 | 3,74 | 3,36 |

Fuente: Elaboración propia

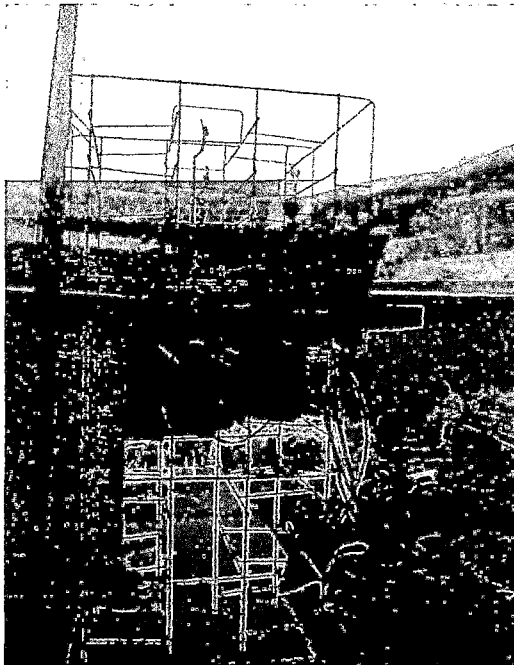
ANEXO 5

MATERIA DE SECA

| Rep. | Tratamientos | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | a ₁ b ₁ | a ₁ b ₂ | a ₂ b ₁ | a ₂ b ₂ | a ₁ b ₃ | a ₂ b ₃ |
| 1 | 1,120 | 1,100 | 1,387 | 1,520 | 1,420 | 1,120 |
| 2 | 1,070 | 0,975 | 1,280 | 1,120 | 1,650 | 1,220 |
| 3 | 1,150 | 1,010 | 1,260 | 1,290 | 1,360 | 1,390 |
| 4 | 1,025 | 1,730 | 1,300 | 1,255 | 1,200 | 1,155 |
| 5 | 0,950 | 1,548 | 1,340 | 0,850 | 0,980 | 1,210 |
| 6 | 1,120 | 1,100 | 1,478 | 1,220 | 1,480 | 1,220 |
| 7 | 1,070 | 1,275 | 1,280 | 1,180 | 1,236 | 1,280 |
| 8 | 1,150 | 1,010 | 1,350 | 1,100 | 1,200 | 1,150 |
| 9 | 1,025 | 1,230 | 1,350 | 1,620 | 1,520 | 1,320 |
| 10 | 0,950 | 1,358 | 1,420 | 1,695 | 1,395 | 1,420 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6



Vista de estructura metálica para bandejas.

ANEXO 7



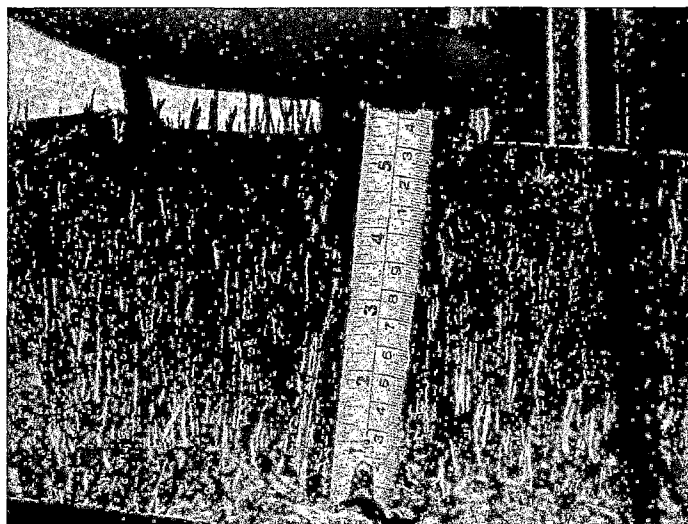
Vista de remojo de semillas.

ANEXO 8



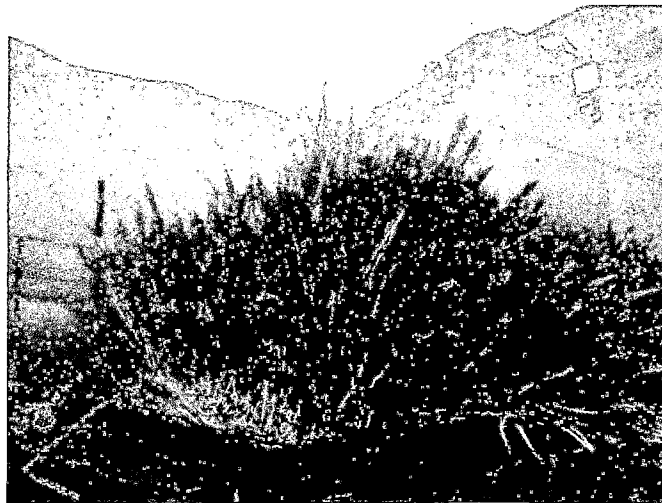
Vista de semillas en bandejas de plástico (0,40m x 0,60m)

ANEXO 9



Vista de crecimiento de cebada (*Hordeum vulgare L.*)

ANEXO 10



Vista de producción de forraje verde hidropónico

ANEXO 11



Vista de producción de forraje verde en consumo directo de cuyes