

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA
PROGRAMA TÉCNICO SUPERIOR AGROPECUARIO
SEDE UNIVERSITARIA LOCAL LURIBAY



TESINA DE GRADO

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN LA PRODUCCIÓN DE CUATRO
VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum sp.*), POR HIDROPONÍA EN
LA COMUNIDAD DE MURMUNTANI, MUNICIPIO DE LURIBAY,
PROVINCIA LOAYZA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ**

PRESENTADO POR: Edgar Trujillano Quispe

LURIBAY – LA PAZ – BOLIVIA

2016

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

AGROPECUARIA

PROGRAMA TÉCNICO SUPERIOR AGROPECUARIO

SEDE UNIVERSITARIA LOCAL LURIBAY

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN LA PRODUCCIÓN DE CUATRO
VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum sp.*), POR HIDROPONÍA EN
LA COMUNIDAD DE MURMUNTANI, MUNICIPIO DE LURIBAY,
PROVINCIA LOAYZA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ**

TESINA DE GRADO

Para obtener el título de:

TÉCNICO SUPERIOR EN AGROPECUARIA

Presentado por:

Edgar Trujillano Quispe

ASESOR:

Ing. Zoot. Apolinar Quispe Apaza

REVISORES:

Dr. Bernardo Soliz Guerrero

Ing. Silvia Etelvina Aliaga Zeballos

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:

2016

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo en especial a toda mi familia, mi eterna gratitud a mi hermana: Marialena Trujillano. Por su apoyo incondicional y comprensión, que siempre me brindaron.

A mis padres con todo mi amor que le tengo a ellos: Abdón Trujillano Andia y Josefina Quispe Mamani por darme la belleza de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en el camino del triunfo, de mis estudios y darme la vida llena de esperanza y amor.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería en producción y comercialización agropecuaria, a los docentes de la carrera Agropecuaria, por haber impartido sus valiosos conocimientos en mi formación profesional.

Al Ing. PhD. Félix Mamani Reynoso Director de la Carrera CIPyCA.

Al Ing. Zoot. Apolinar Quispe Apaza como asesor del presente trabajo. Por brindarme orientación, consejos, sugerencias, revisión y corrección de la presente monografía.

Un agradecimiento muy especial para el tribunal examinador conformado por el Dr. Bernardo Soliz Guerrero, Ing. Silvia Etelvina Aliaga Zeballos, por las observaciones y correcciones realizadas en la elaboración del documento de tesina.

A mis compañeros y compañeras Claudia Paco Tintaya, Enrique Suri Muriel y Viviana Cruz Mamani por brindarme su amistad y apoyo moral en la realización del presente trabajo.

RESUMEN

En la antigüedad la cebada era cultivada y muy, utilizada para el consumo humano, por la que el hombre seleccionaba las variedades que le eran más favorables en aquellos momentos, estas llegaron a caracterizar a las cebadas de la actualidad.

La cabecera de valle de Luribay, por su más importante característico climático y de suelo, es una de las microrregiones frutícolas y hortalizas con alto potencial productivo para el abastecimiento de frutas y hortalizas al mercado interno particularmente durazno y papa. Sin embargo no se tiene conocimiento entre la población agrícola en la práctica del forraje verde de hidropónico.

Con el presente trabajo se pretende encontrar la mejor alternativa dentro de las especies forrajeras para cultivarse de manera hidropónica, y así dar a conocer las ventajas que presenta este cultivo, ya que puede ser implementado en cualquier área, pues no requiere grandes espacios.

La investigación titulado: **EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN LA PRODUCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum sp.*), POR HIDROPONÍA EN LA COMUNIDAD DE MURMUNTANI, MUNICIPIO DE LURIBAY, PROVINCIA LOAYZA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ**, se han obtenido los siguientes resultados: En relación a la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada en campo abierto, a los 20 días de realizada la investigación, mostrando una diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 12,67 cm y un coeficiente de variación de 1,95% ($P < 0.01$). De acuerdo con el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada en campo abierto, a los 20 días de realizada la investigación, mostrando una diferencia significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 4,24 Kg y un coeficiente de variación de 8,05% ($P < 0.01$). De acuerdo con los resultados obtenidos el TII que corresponde la cebada variedad IBTA 80 registro el mayor tamaño de crecimiento con 16,3 cm de altura y un rendimiento de 5,4 Kg de Forraje Verde Hidropónico en relación a

los demás tratamientos ($P < 0.01$). Los resultados de costo de producción obtenidos el tratamiento T1 tuvieron un menor costo económico en m^2 y por hectárea, seguido por otros tratamientos. En cuando a beneficio/costo el mejor resultado que se obtiene es el tratamiento TII con 1,87 de B/C seguido por los otros tratamientos.

CONTENIDO

CONTENIDO	i
ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Características generales del cultivo de cebada	4
2.1.1. Origen	4
2.1.2. Taxonomía de la cebada	4
2.1.3. Descripción botánica de la cebada	5
2.1.4. Ecología del cultivo	6
2.1.5. Foto período.....	6
2.2. Producción de Forraje Verde Hidropónico	6
2.2.1. Origen de Forraje Verde Hidropónico	6
2.2.2. Forraje Verde hidropónico	6
2.2.3. Ventajas de Forraje verde Hidropónico	7
2.2.4. Desventajas de Forraje Verde Hidropónico	8
2.3. Absorción y transporte de nutrientes	9
2.4. Factores que influyen en la producción de Forraje Verde Hidropónico ...	9
2.5. Etapas y métodos para la producción de Forraje Verde Hidropónico	13
2.5.1. Selección de la semilla	13
2.5.2. Lavado de la semilla	13
2.5.3. Remojo.....	13
2.5.4. Pregerminación de las semillas	14
2.5.5. Dosis de siembra	14
2.5.6. Siembra	14
2.5.7. Germinación.....	15
2.5.8. Riego	15

2.5.9. Cosecha.....	15
2.6. Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico	16
2.7. Análisis bromatológico del Forraje Verde Hidropónico.....	16
2.8. Nutrición de las plantas	17
2.9. Manejo y Control de plagas	18
2.10. Enfermedad más común en Forraje Verde Hidropónico.....	18
2.11. Costos de producción	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Localización	20
3.2. Clima.....	21
3.3. Suelo.....	21
3.4. Agro-ecológica	21
3.5. Flora y Fauna	21
3.6. En cuanto a la fauna se tiene como	22
3.7. Material experimental.....	23
3.7.1. Material de gabinete	23
3.7.2. Material de marcación y registro	23
3.7.3. Herramientas	23
3.7.4. Material de campo	23
3.7.5. Material vegetal	24
3.7.6. Equipos y materiales para control de Temperatura	24
3.8. Metodología	24
3.8.1. Unidad experimental.....	24
3.8.2. Tiempo de ensayo	24
3.8.3. Ambiente de investigación.....	24
3.8.4. Ejecución del experimento	25
3.9. Riego.....	27
3.10.Cosecha	28
3.11.Toma de datos	28
3.12.Temperaturas	28
3.13.Rendimiento	28
3.14.Variables de respuesta	29
3.15.Diseño experimental	29
3.16.Tratamiento	29

3.17. Distribución espacial	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
4.1. Temperatura	31
4.1.1. Promedio de temperatura durante el ciclo del cultivo de Forraje Verde Hidropónico	31
4.1.2. Comportamiento de las temperaturas de la investigación	32
4.2. Análisis de las alturas del Forraje Verde Hidropónico	33
4.2.1. Análisis de varianza para la altura de crecimiento	33
4.2.2. Comparación de media para los cuatro tratamientos.	34
4.2.3. Comportamiento de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico	35
4.3. Rendimiento de materia verde	36
4.3.1. ANVA para el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico (FVH) de cuatro variedades de cebada	36
4.3.2. Prueba de comparaciones de medias Tukey para el rendimiento de materia verde de la cebada hidropónica	37
4.4. Rendimiento de materia verde de forraje Verde Hidropónico a campo abierto	38
4.5. Rendimiento de materia seca de forraje Verde Hidropónico	39
4.5.1. ANVA para el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	39
4.5.2. Las comparaciones de media por la prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la cebada de forraje verde hidropónico a campo abierto se presenta en la figura 6.	40
4.6. Rendimiento de materia seca para los tratamientos	41
4.7. Análisis económico en la producción de Forraje Verde Hidropónico	42
4.8. Análisis del beneficio de los tratamientos de forraje verde hidropónico por hectárea expresado en Bs.	43
5. CONCLUSIONES	45
6. RECOMENDACIONES	46
7. BIBLIOGRAFÍA	47
8. Anexos	51

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Pág.
Cuadro 1. Valor nutritivo de la cebada hidropónica a los 8 días de crecimiento(100 gr)	17
Cuadro 2. Especies vegetales existentes en Luribay	22
Cuadro 3. Distribución espacial del experimento	30
Cuadro 4. Variación de las temperaturas durante la fase del crecimiento de Forraje Verde Hidropónico en cuatro variedades de cebada en Comunidad de Murmuntani	32
Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de las cuatro variedades de cebada	34
Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento en materia verde de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	37
Cuadro 7. Rendimiento de materia verde en kg para los diferentes tratamientos	39
Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento en materia seca de Forraje Verde Hidropónico de las cuatro variedades de cebada	40
Cuadro 9. Rendimiento de materia seca en kg para los diferentes tratamientos de Forraje Verde Hidropónico Kg	42
Cuadro 10. Costo de producción de cultivo verde hidropónico para tratamientos por m ² y hectárea (Bs)	43
Cuadro 11. Relación beneficio/costo de producción de forraje verde hidropónico en campo abierto en los diferentes tratamientos	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Pág.
Figura 1.	Localización del área de la investigación.	20
Figura 2.	Comportamiento de las temperaturas registradas durante la investigación del crecimiento de Forraje Verde Hidropónico en cuatro variedades de cebada	32
Figura 3.	Comparaciones por prueba Tukey para altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	35
Figura 4.	Comportamiento de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	36
Figura 5.	Comparaciones de medias para el rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	38
Figura 6.	Comparación de media para el rendimiento de materia seca de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Número	Pág.
Anexo 1. Preparado de bandejas	52
Anexo 2. Preparado de simi sombra	52
Anexo 3. Remojo de semilla	53
Anexo 4. Pregerminación de la semilla	53
Anexo 5. Semilla pre germinada con raicillas.....	54
Anexo 6. Siembra de semilla pre germinada en bandejas.....	54
Anexo 7. Colocado de bandejas en estante con pendiente.....	55
Anexo 8. Tapado con papel periódico y nylon negro.....	55
Anexo 9. Emergencia de semilla en bandejas.....	56
Anexo 10. Crecimiento de altura de la planta.....	56
Anexo 11. Toma de datos de altura de planta.....	57
Anexo 12. Altura de planta a los 16 días de crecimiento	57
Anexo 13. Peso de rendimiento de materia verde.....	58
Anexo 14. Secado de cebada a campo abierto.....	58
Anexo 15. Peso de rendimiento de materia seca	59
Anexo 16. Comportamiento de altura de planta (cm) en los diferentes tratamientos	60
Anexo 17. Promedio de altura de planta (cm) en los diferentes tratamientos	60
Anexo 18. Promedio de rendimiento de materia verde en los diferentes tratamientos	60
Anexo 19. Promedio de rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos	61

Anexo 20. Ingreso bruto en la producción de materia verde por hectárea en bolivianos.....	61
Anexo 21. Ingreso bruto en la producción de materia seca del por hectárea en bolivianos.....	61
Anexo 22. Costos de producción de los cuatro tratamientos de expresado en bolivianos.....	62

1. INTRODUCCIÓN

En la antigüedad la cebada era cultivada y utilizada para el consumo humano, por la que el hombre seleccionaba las variedades que le eran más favorables en aquellos momentos, y estas se llegaron a caracterizar las cebadas de la actualidad.

Actualmente la mayor parte de la cebada que es cultivada por el hombre es destinada a la elaboración de cerveza, pero en algunas partes del mundo aún se utilizan como alimento para humanos, como es el caso de algunos países de Europa y de América del Sur, quienes la consumen en forma de sopas o de pan; además, en México, como en Sonora y en Sinaloa, se prepara agua fresca de cebada.

La cebada es la principal materia prima para la alimentación de los animales y tiene una demanda en constante aumento, es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, se han dividido en dos grupos: el tipo mediterráneo, originario de los países asiáticos y el tipo costero, originario de la región del Mediterráneo en el norte de África.

El cultivo de la cebada (*Hordeum sp*), en el país se remonta desde los tiempos de la conquista de los españoles, cuando por necesidad de forraje para alimentar a los caballos fueron cultivados en las zonas favorables para un crecimiento.

Las variedades de cebada IBTA 80, Gloria, se desarrollaron en Bolivia, se adaptan tanto a siembras de otoño-invierno con riego, como a siembras de primavera-verano, bajo temporal. Aunque hay que aclarar que las variedades de ciclo primavera-verano, no son tan rendidoras como las del ciclo otoño-invierno. También se distinguen cebadas precoces y tardías, siendo las tardías las que alcanzan un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

La cabecera de valle de Luribay, por su característica climática y de suelo, es una de las microrregiones frutícolas y hortícolas con alto potencial productivo para el abastecimiento de frutas y de hortalizas al mercado interno particularmente de durazno y papa. Sin embargo, no se tiene conocimiento entre la población agrícola en la práctica del forraje verde hidropónico.

Con el presente trabajo se pretende encontrar la mejor alternativa dentro de las especies forrajeras para cultivarse de manera hidropónica, y así dar a conocer las ventajas que presenta este cultivo, ya que puede ser implementado en cualquier área, pues no requiere de grandes espacios y la inversión es relativamente baja en relación al tradicional; además, el forraje verde hidropónico se produce en cualquier época del año, se debe planificar la cantidad que se desea obtener, un forraje de alta calidad, con excelente palatabilidad, que fácilmente podría proveer buena cantidad de proteínas y vitaminas, a la vez que sea altamente digestible y libre de especies indeseables.

Objetivo general

Evaluación agronómica de cuatro variedades de cebada (*Hordeum Vulgare*), para producción de forraje por hidroponía en la comunidad de Murmuntani, Municipio de Luribay, Provincia Loayza del departamento La Paz.

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de la cebada, mediante el cultivo hidropónico.
- Evaluar el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, en 4 variedades de cebada.
- Determinar el costo económico de la producción de forraje verde hidropónico y la relación Beneficio/Costo.

Hipótesis

Ho: No existe diferencias significativas en las cuatro variedades de cebada (*Hordeum sp.*), en el cultivo de forraje verde hidropónico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del cultivo de cebada

2.1.1. Origen

Aitken (1986), la cebada es originaria del sudeste de Asia y África Septentrional; esta especie es la primera planta doméstica al comienzo de la agricultura; además los descubrimientos indican el uso muy temprano del grano de cebada que tenían de harina.

Palacios (1995), indica que el Forraje Verde Hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 - 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica; siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología Forraje Verde Hidropónico (FVH) es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc., para cultivo forrajero convencional).

2.1.2. Taxonomía de la cebada

Según Rojas (2002), la ubicación taxonómica de la cebada es la siguiente:

- Reino : Plantae
- Orden : Cyperales
- Familia : Poaceae
- Género : Hordeum
- Especie : vulgare
- N. Científico : *Hordeum vulgare*
- N. Común : Cebada.

2.1.3. Descripción botánica de la cebada

a) Raíz

Martínez (2001), reporta que la raíz es radicular, fasciculada, fibrosa, alcanza poca profundidad en comparación con otras plantas de cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo.

b) Tallo

Parsons (1999), indica que el tallo es recto y cilíndrico con nudos y entrenudos basales cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, los nudos pueden variar entre cinco y seis comenzando en mayor grosor desde la base o cuello.

c) Hoja

Según FAO (2001), la hoja es lanceolada con una longitud de 22 a 30 cm y un ancho de 1 a 1.5 cm de color verde claro, cuenta con una vaina que nace desde los nudos del tallo y tiene su terminando en la lígula que es el inicio de la hoja lanceolada.

d) Flores

Johan (1999), menciona que las flores tienen tres estambres, un pistilo y dos estigmas, es autógena; las flores se abren después de haberse realizado la fecundación lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada. La inflorescencia es espiga en tres hileras compuestas por lema, palea y una arista.

e) Fruto

Parsons (1999), indica que el fruto es una cariósida, con las glumillas adheridas. En la cara ventral existe un surco capilar, distinguiéndose además por la temperancia el hilo (lugar de unión de carpelo y semilla).

2.1.4. Ecología del cultivo

Johan (1999), reporta que la capacidad de producción forrajera depende de las condiciones climáticas del medio ambiente, cada especie tiene exigencias específicas respecto a la humedad, acidez y textura del suelo, que la hacen o no adaptable al clima y al tipo del suelo de la región.

El cultivo se adapta bien a suelos pobres y arenosos de tipos volcánicos y aluviales con poca materia orgánica. En el altiplano una buena cosecha no depende tanto de los suelos, sino de cantidad de lluvia que caen durante en estación de crecimiento, los cultivos reaccionan muy bien bajo riego.

2.1.5. Foto período

Johan (1999), reporta que la luz no es un factor limitante para su desarrollo; sin embargo, en un cultivo denso las hojas inferiores reciben poca luz, por lo tanto la eficiencia fotosintética resulta ser bastante baja.

2.2. Producción de Forraje Verde Hidropónico

2.2.1. Origen de Forraje Verde Hidropónico

Ñíguez (1988), indica que la producción de Forraje Verde Hidropónico, es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico Irlandés Robert Boyle (1627- 1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua.

2.2.2. Forraje Verde hidropónico

Santander (1991), reporta que es un “pienso” o forraje vivo que se utiliza para alimentar animales de la granja específicamente. El Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada,

trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un periodo de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en solución nutritiva.

El mismo autor señala que el proceso de producción del Forraje Verde Hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se requiere grandes extensiones de tierras, ni periodos largos de producción ni, formas de conservación y almacenamiento.

La revista cultivos hidropónicos (1992), menciona que la producción de forraje hidropónico, aunque parezca nuevo, es bastante antigua que se remonta a la época de los griegos y romanos que hacían germinar semillas para alimentar a sus ganados.

Pichelingue (1995), indica que el forraje verde producido en hidroponía es destinado para la alimentación de cuyes, vacas lecheras, ovinos, conejos y aves, es muy palatable para los animales y con niveles óptimos en energía, vitaminas y minerales; la calidad general es muy alta, los bovinos de leche o de carne responden bien a la digestibilidad y su valor nutritivo es mayor. El forraje producido bajo hidroponía reemplaza a los alimentos como el ensilaje, heno y otros productos suplementarios que son utilizados por los ganaderos; además, el uso adecuado de la cebada hidropónica puede ayudar a controlar los costos de alimentación de hatos ganaderos, sobre todo en las vacas lecheras en producción.

2.2.3. Ventajas de Forraje verde Hidropónico

Rodríguez (2000), menciona que, en el sistema de producción de forraje verde hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas, al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por Kg. de materia seca, alternativamente, la producción de un kilo de Forraje Verde Hidropónico requiere de dos a tres litros de agua con un

porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre 12% a 18%. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de, materia seca obtenida en 14 días.

Hidalgo (1985), reporta que la producción de Forraje Verde Hidropónico apto para la alimentación animal, tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de establecimientos, las cosechas se realizan a los 14 a 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios investigadores, no pueden extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en valor nutricional del Forraje Verde Hidropónico.

2.2.4. Desventajas de Forraje Verde Hidropónico

Los FVH según Rodríguez (2000), cita que las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico son:

Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de Forraje Verde Hidropónico preconcebidos como “llave en mano”, son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema: la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad, ambiente y niveles óptimas de concentración de CO₂ innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema.

Al respecto Morales (1987), reporta que, se debe tener presente, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico solo debe aplicarse un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo el Forraje Verde Hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja.

2.3. Absorción y transporte de nutrientes

1.- Transporte pasivo

Según Devlin (1982), los primeros investigadores admitieron que las sales inorgánicas eran transportadas pasivamente al interior de la planta con la absorción del agua, además se supo que el transporte de las sales absorbidas a las distintas regiones de la planta, va íntimamente ligado a la corriente de transpiración.

2.-Transporte activo

FAO (2001), menciona que el transporte activo es la transferencia de iones o moléculas que parecen contravenir las leyes de difusión y equilibrio electroquímico, esta puede conseguirse mediante la inversión de energía; por lo tanto, el transporte activo puede definirse como el movimiento de iones contra un potencial electroquímico mediante el uso de energía derivada del metabolismo. Es la participación del metabolismo como fuerza impulsora del transporte.

2.4. Factores que influyen en la producción de Forraje Verde Hidropónico

a) Calidad de la semilla

De acuerdo a FAO (1999), el éxito del Forraje verde Hidropónico, comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica, si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada.

La semilla debe presentar un porcentaje de germinación, superior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de Forraje Verde Hidropónico. El usar semillas más baratas, o cultivares desconocidas, puede constituir una falsa economía y tal como se planteó antes, hacer fracasar totalmente el nuevo emprendimiento.

b) pH

Chang (1995), indica que la mayoría de las plantas prefieren un nivel de pH entre 6 a 7, y este valor se consideran óptimos para la absorción de nutrientes.

Chang, *et al.* (2000), mencionan que el pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es ácida su valor es menor a 7, si es alcalina su valor es mayor a 7 y si es neutra su valor es de 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerlo dentro de un rango que va de 5.5 a 6.5 en el cual los nutrientes están disponibles para la planta.

Para disminuir el pH se agrega un ácido como el ácido sulfúrico, ácido fosfórico o ácido nítrico y para aumentar el pH se debe adicionar una base o álcali como hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (excepto para aguas con niveles significativos de sodio). Éstos ácidos y bases se deben utilizar diluidos a concentraciones de 1N. Se sugiere el uso de un pH metro o cinta de pH para el control de éste parámetro. Asimismo, se recomienda calibrar el pH metro con una solución tampón (buffer) antes de utilizarlo.

c) Conductividad Eléctrica

Para Ramos (1999), un rango óptimo de conductividad eléctrica (CE) de una solución nutritiva estaría en torno de 1.5 a 2.0 ms/cm. Por lo tanto, aguas con conductividad eléctrica menores a 1.0 serían las más aptas para preparar una solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre 50 – 150 miligramos por litro de agua.

Para Chang, *et al.* (2000), la CE se expresa en mili Semens (mS/cm) o en deci Semens (dS/cm). El rango óptimo de conductividad eléctrica para un adecuado crecimiento del cultivo se establece entre 1.5 a 2.5 mS/cm. Por lo general, se recomienda realizar dicha evaluación por lo menos una vez por semana. Cuando

la solución nutritiva sobrepasa el límite del rango óptimo de conductividad eléctrica, se procede a agregar agua o en caso contrario si se encuentra por debajo del rango óptimo, deberá renovarse totalmente. Para realizar la medición de este parámetro, se recurre a un medidor portátil denominado conductivímetro, mismo que debe calibrarse según las indicaciones de su proveedor, para evitar errores en el manejo de la solución.

Ramos (1999), establece un rango óptimo de conductividad eléctrica de una solución nutritiva de 1.5 a 2.0 mS/cm. Por lo tanto, aguas con conductividad eléctrica menores a 1.0 serían las más aptas para preparar nuestra solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre 50 – 150 miligramos por litro de agua.

d) Iluminación

Chang (1995), indica que si no existiera luz dentro de los recintos para Forraje Verde Hidropónico, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existirá producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto la fuente básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promoverá la síntesis de compuestos (ejemplo, Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Palacios (1995), menciona que al comienzo del ciclo de producción de Forraje Verde Hidropónico, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de la siembra, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue, pero con un oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces.

Chang (1995), recomienda a partir del tercero, o cuarto, día debe iniciarse el riego con una solución nutritiva y se debe exponer las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa a luz solar.

e) Temperatura

FAO (2001), reporta que la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de Forraje Verde Hidropónico; ello implica efectuar un debido control en la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de Forraje Verde Hidropónico, se sitúa siempre entre los 18°C y 26°C, la variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en Forraje Verde Hidropónico, es diverso. Es así que los granos de avena, cebada y trigo, entre otros requieren de temperaturas bajas para germinar; el rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C.

f) Humedad

Martínez (2001), indica que el cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante; la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%, valores de humedad superior al 90% sin buena ventilación pueden causar grandes problemas fitosanitarios debido fundamentalmente fungosas, que son difíciles de combatir y eliminar, además se incrementan; a los costos operativos.

g) Calidad de agua

FAO (1999), señala que la calidad de riego es otro de los factores singulares en nuestra ecuación de éxito. La condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Si el agua disponible no es potable, se presentará problemas sanitarios y nutricionales con el forraje Verde Hidropónico.

h) Riego

La Revista de cultivos hidropónicos (1992), a partir del momento de la siembra del forraje verde hidropónico, se debe suministrar solución nutritiva. El riego se debe aplicar bajo el concepto de que el grano debe permanecer húmedo, evitando encharcamientos en las bandejas. Se pueden hacer 8 aplicaciones

diariamente de riego; es decir, una aplicación por cada hora; a partir de las 8:00 am hasta 16.00 pm.

2.5. Etapas y métodos para la producción de Forraje Verde Hidropónico

2.5.1. Selección de la semilla

FAO (2001), indica que en términos ideales, se debería usar semillas de buena calidad, de origen conocido, adaptados a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento.

Izquierdo (2001), menciona que es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, pajas, tierra, semillas partidas las que luego son fuente de contaminación; también semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con algún tipo de productos tóxicos (insecticidas).

2.5.2. Lavado de la semilla

Rodríguez (2000), señala que las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% “solución de lejía”. Preparada, diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada 10 litros de agua, el lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, libres de residuos y dejarlas bien limpia.

2.5.3. Remojo

FAO (2001), reporta que en la primera etapa se debe colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un periodo no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición, este tiempo lo dividiremos a su vez en dos periodos de 12 horas cada uno durante, las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas y orearlas (escurrirlas)

durante 1 hora, acto seguido las sumergimos nuevamente por 12, horas para finalmente realizar el ultimo oreado.

2.5.4. Pregerminación de las semillas

Según, Izquierdo (2001), el pregerminación asegura un crecimiento inicial vigoroso del Forraje Verde Hidropónico, dado que sobre las bandejas de cultivo estaremos utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. Debemos recordar que la etapa de remojo o pregerminado debe ser realizada con las semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera o plastillera.

2.5.5. Dosis de siembra

Martínez (2001), reporta una densidad óptima de semillas a sembrar por metro cuadrado, esta oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos, considerando que la disposición de las semillas o “siembra” no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja.

2.5.6. Siembra

Reporta a la siembra Izquierdo (2001), señala que se debe proceder a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre germinado, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm de altura o espesor.

Según FAO (2001), perteneciente a la siembra, se deberá colocar por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se debe mojar, para luego tapar o cambiar todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo transcurrido desde la siembra hasta su germinación o brotación. Mediante esta técnica se le estará proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Una vez

detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.

2.5.7. Germinación

De acuerdo a Devlin (1982), la germinación comienza con la entrada de agua a la semilla, que le permite iniciar la actividad metabólica (respiración, síntesis de proteína y otras) y termina con el crecimiento de la radícula y la plántula que emerge al exterior, utiliza parte de sus nutrientes existentes en la semilla.

2.5.8. Riego

Izquierdo (2001), indica que el riego de las bandejas de crecimiento del Forraje Verde Hidropónico, debe realizarse solo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o “mochila” de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente exceso de agua que estimula la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total de cultivo.

2.5.9. Cosecha

Martínez (2001), en términos generales, establece en periodo entre los días 12 a 14, el inicio de la cosecha del Forraje Verde Hidropónico; sin embargo, si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días.

Izquierdo (2001), indica que la cosecha del Forraje Verde Hidropónico, comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas.

2.6. Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico

Chang (1995), señala que la cosecha se realiza a los 10 días con una altura promedio de 20 a 25 cm, obteniéndose alrededor de 180 g de forraje a partir de 30g de semilla de cebada, con un rendimiento en relación de 1:6 aproximadamente con 18 % de materia seca en el cultivo de cebada.

Izquierdo (2001), indica que, trabajos de validación de tecnología sobre Forraje Verde Hidropónico, realizados en rincón de la bolsa, (Uruguay) en 1996 y 1997, han obtenido cosechas con una altura promedio de 30 cm y una cantidad de 12 a 18 kilos de Forraje Verde Hidropónico, producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo.

FAO (2001), menciona que un máximo de 22 kilos de Forraje Verde Hidropónico, es producido por cada kilo de semilla de cebada cervecera, obtenidos a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5cc de "A" y 1cc de "B" a partir del 4º día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del Forraje Verde Hidropónico.

2.7. Análisis bromatológico del Forraje Verde Hidropónico

Lees (1983), reporta que en el cuadro 1 el Forraje Verde Hidropónico, tiene un alto contenido de nutrientes, los análisis bromatológicos realizados por varios investigadores muestran una digestibilidad alta de 80 % por la edad juvenil de las plantas.

Cuadro 1. Valor nutritivo de la cebada hidropónica a los 8 días de crecimiento(100 gr)

COMPONENTE	CANTIDAD
Materia seca	18%
Energía metabolizable	3014 Kcal./kg de materia seca
Digestibilidad	80%
Proteína cruda	15%, en materia seca
Fibra cruda	15%, en materia seca
Aceites	3.5%, en materia seca
Caroteno (vitamina A)	25 mg/Kg.

Fuente: Lees (1983).

2.8. Nutrición de las plantas

Sánchez (2004), reporta que los nutrientes para los cultivos en huerto hidropónico son suministrados en forma de soluciones nutritivas concentradas. Estas soluciones de nutrientes pueden ser preparadas por los propios hidro<cultures cuando ya han adquirido suficiente experiencia en el manejo de los cultivos o cuando tienen áreas lo suficientemente grandes como para justificar una inversión de materias primas para su preparación.

También, las soluciones nutritivas concentradas contienen todo los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas.

Además la Universidad La Molina (1995), indica que para desarrollar dos soluciones madres o concentradas a las que se les llamara solución “A” y solución

“B” ambos, aportan con todo los elementos esenciales para el buen desarrollo de la planta:

- a) **Solución “A”**, aporta a las plántulas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayores proporciones.
- b) **Solución “B”**, aporta los elementos que son requeridos en menor cantidad, pero que son esenciales para que la planta se pueda desarrollar normalmente.

2.9. Manejo y Control de plagas

Sánchez (2004), menciona que en los cultivos hidropónicos como en cualquier otra clase de cultivo, atacan enemigos externos; como los insectos, pájaros y otros. En las condiciones en que se trabajan los huertos hidropónicos puede llegar a ser peligroso el uso de insecticidas químicos, tanto para las personas que los aplican como para quienes consumen el Forraje Verde Hidropónico, especialmente los animales.

2.10. Enfermedad más común en Forraje Verde Hidropónico

Según Sánchez (2004), la más común son los hongos (*Pythium spp*), estas enfermedades generalmente se producen por el exceso del riego y por la humedad muy alta en la producción de Forraje Verde Hidropónico.

2.11. Costos de producción

INIA (2005), la palabra “rentabilidad” es un término general que rinde la ganancia que puede obtenerse en una situación particular. Es el denominador común de todas las actividades productivas. Se hace necesario introducir algunos parámetros a fin de definir la rentabilidad. En general, el producto de las entradas de dinero por ventas totales (V) menos los costos totales de producción sin

depreciación (C) dan como resultados el beneficio bruto (BB). Se interpreta de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{IB}{CT}$$

Dónde:

IB = ingreso bruto

B/C = Beneficio costo

CT = costo total

3.2. Clima

Según PDM Luribay (2012), la Sección Municipal de Luribay, perteneciente a la Provincia Loayza, está situado al sur del departamento de La Paz, geográficamente está localizado a 17° 3' 48" latitud Sur y 67° 39' 37" de longitud este del meridiano de Greenwich.

Luribay está clasificada como una zona meso termal, en las estaciones de la primavera y el verano, la temperatura media anual de 18°C, mientras que la máxima extrema es de 30.8°C y la mínima extrema en ésta misma temporada, es de 8.3°C. Los datos muestran que en otoño e invierno las temperaturas descienden y se registra una media de 17°C, una máxima extrema de 29°C (P.D.M. Luribay, 2012).

3.3. Suelo

Los suelos generalmente son muy poco profundos a profundos, con pendientes escarpadas a muy escarpadas; pardo grisáceos, pardo oscuros, pardo amarillentos, pardo rojizos, franco arenoso a franco arcilloso con grava y piedras; nada a poco desarrollados, fertilidad natural alta a baja; neutros a suavemente alcalinos, cierto predominio de afloramientos rocosos (P.D.M. Luribay, 2012).

3.4. Agro-ecológica

Según el PDM, (2012), Municipio de Luribay indica que la zona de investigación ecológicamente se ubica en la región alto andina, en el altiplano sur paceño.

3.5. Flora y Fauna

El Gobierno Autónomo Municipal Luribay (2012), reporta que la vegetación predominante, están constituidos por pastos originarias de altura e introducidas, los cuales son de diferentes especies.

En los valles interandinos, la vegetación está compuesta por especies de monte espinoso y bosque espinoso. Entre algunas especies tenemos: *Acacia* spp (Mimosaceae), *Prosopis* spp (Mimosaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Aloysia* sp (Verbenaceae), *Carica* sp (Caricaceae), *Ephedra americana* (Gnetaceae), Molle (*Schinus molle*). En el siguiente cuadro (2) se tiene concentrado las principales especies.

Cuadro 2. Especies vegetales existentes en Luribay

Nombre Común	Nombre Científico	Piso ecológico
Algarroba	<i>Prosopis juliflora</i>	Valle
Molle	<i>Schinus molle</i>	Valle
Sanusanu	<i>Efedra americana</i>	Valle
Sauce	<i>Salix angustifolia</i>	Valle
Canapaco	<i>Sonchus asper</i>	Valle
Caña hueca	<i>Orundodonax</i>	Valle
Chillca	<i>Bacharis lanceolata</i>	Valle y altiplano
Eucalipto	<i>Eucaliptus glóbulos</i>	Valle y altiplano
Sewenka	<i>Cortadera sp</i>	Valle
Verbena	<i>Verbena oficinales</i>	Valle y altiplano
Huma chillca	<i>Senecio sp</i>	Valle
Chachacoma	<i>Escallonia sp</i>	Valle y altiplano
K'opi	<i>Kageneckia lanceolata</i>	Valle y altiplano

Fuente: (P.D.M. Luribay, 2012).

3.6. En cuanto a la fauna se tiene como

Zorro (*Canis culpeus*), Zorrino (*Conepatus rex*), Viscacha (*Lagidium viscacia*), Ratón (*Oryzomys sp*), Pampa huancu (*Cavia aperea*), Aguila (*Haipia haipia*), Loro (*Halborbynchus aymara*), Lechuza (*Fito alba*), etc. (P.D.M. Luribay, 2012).

3.7. Material experimental

3.7.1. Material de gabinete

- Calculadora
- Computadora
- Cámara fotográfica

3.7.2. Material de marcación y registro

- Cinta o fluxómetro
- Letreros o tableros
- Cuaderno
- Planilla de control
- Lápiz
- Regla de 30 cm
- Papel
- Marcadores
- Clavos.

3.7.3. Herramientas

- Martillo
- Serrucho
- Alicates

3.7.4. Material de campo

- Balde de 5 litros
- Regadera de 5 litros
- Balanza mecánica (común). Tipo reloj de 12 kg.

3.7.5. Material vegetal

- Semilla de cebada criolla
- Semilla de cebada variedad IBTA 80
- Semilla de cebada variedad capuchina
- Semilla de cebada variedad gloria

3.7.6. Equipos y materiales para control de Temperatura

- Termómetro
- Ficha de registro (para T° ambiente).

3.8. Metodología

3.8.1. Unidad experimental

Para la siguiente investigación se utilizó 4 tratamientos con 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental representa una bandejas de 50 x 50 cm, con una altura de 6 cm, para ello se usó 0.9 Kg, de semilla por cada unidad experimental, de cada una de las variedades tiene de 2.7 Kg. teniendo un total de 10.8 Kg, de semilla para los 12 unidades experimentales.

3.8.2. Tiempo de ensayo

El trabajo de investigación se realizó durante 20 días, después de la siembra, realizado en la época de invierno, concretamente mes de julio de 2014.

3.8.3. Ambiente de investigación

Se trabajó en un ambiente con semi sombras a campo abierto, con una superficie de 10 m² para la presente investigación, el cual estaba orientado al sureste.

3.8.4. Ejecución del experimento

a) Bandejas

Las dimensiones de cada bandeja fueron de 50 x 50 cm y una profundidad de 6 cm, fabricados de madera con una base de agofilm.

b) Construcción de estanterías

Se construyó una estantería de madera con 75 cm de altura, 50 cm de ancho y una inclinación o pendiente de 20°, lo que facilita el constante escurrimiento del agua de las bandejas. La distancia entre bandejas fue de 20 cm.

c) Semilla de cebada

Se utilizó cuatro variedades de semilla de cebada (*Hordeum Vulgares*) en una cantidad de 10.8 Kg, variedad IBTA 80, variedad Capuchina, variedad Gloria y cebada Criolla, con una capacidad germinativo de 80%, pureza y 83% de viabilidad.

d) Escarificación

La escarificación de las semillas se realizó manualmente frotando para acelerar su posterior germinación.

e) Lavado

El lavado se realizó con agua limpia en un recipiente, con el fin de retirar todo el material que flote, como lanas, granos partidos y cualquier otra impureza existente.

f) Desinfección

Las semillas se desinfectaron dentro de un contenedor con solución de hipoclorito de sodio al 1% (diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El desinfectado tiene el objeto de eliminar hongos y bacterias contaminantes, esto se realizó durante 3 a 5 minutos, después de este periodo se drenó nuevamente y luego, se le dio un lavado rápido o enjuagado con abundante agua 3 veces para luego pasar a la pregerminación a bandejas.

g) Remojo de las semillas

Las semillas se sumergieron completamente en agua limpia durante 24 horas, este tiempo se dividió en dos tiempos de 12 horas cada una. Se remojaron las semillas durante 12 horas continuas, después se sacó para arearlas durante una hora con el fin de oxigenarlas y se volvió a remojar para otras 12 horas con agua limpia.

h) Pregerminación

La pregerminación se realizó colocando las semillas tratadas en 4 bolsas de nylon negro designadas cada bolsa para cada variedad, esto con el fin de facilitar la manipulación o manejo.

i) Densidad de siembra

La dosis de siembra, fue en una cantidad de 0.9 Kg. por bandeja considerando que no sobrepase 1 cm de espesor.

j) Siembra

Se realizó la siembra una vez pasado el tiempo de la pregerminación de las semillas después de 6 días, cuando ya tenían cuatro primeras raicillas por lo menos, luego se prosiguió el traslado de estas semillas pregerminadas sobre las bandejas de madera para cada tratamiento de manera muy cuidadosamente para evitar daños al grano.

Seguidamente, se colocó encima de las semillas una capa de papel sábana, remojados manualmente con regadera. Posteriormente se tapó con un nylon plástico de color negro recordando que las semillas deben estar en semioscuridad durante el tiempo de la siembra hasta su germinación o brotación a 95%. Mediante esta técnica se proporcionó a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Una vez detectada la brotación completa de las semillas se retiró el nylon plástico y los papeles.

3.9. Riego

a) Etapa de pregerminación

Durante este periodo, el riego fue una sola vez por día por las mañanas durante 6 días, que esta etapa requiere menor cantidad de agua.

b) Etapa de germinación

En este proceso, se realizó el riego con agua natural con ayuda de una regadera, durante 3 veces al día, (7:00 am, y el otro riego a las 12:00 pm. y 18:00 pm.) a razón de 1 litro por bandeja para evitar el secado de la semilla y acelerar la germinación.

c) Etapa de crecimiento

Una vez germinada la semilla al sexto día de crecimiento, el riego se realizó con una regadera manual tres veces al día, a razón de 0,5 litros por bandeja y 1 litro por día, es decir desde el primer día de germinación hasta la cosecha.

3.10. Cosecha

La cosecha de Forraje Verde Hidropónico, se realizó a los 20 días de la investigación, cuando tenían una altura promedio de 18 a 20 cm, el cual ya está listo para la alimentación del animal.

3.11. Toma de datos

La medición de la altura de las plántulas se realizó por el método completamente al Azar en cada tratamiento para esto se tomó 6 plántulas por bandeja. El cual se realizó día por medio durante todo el tiempo del estudio.

3.12. Temperaturas

Las lecturas de temperaturas mínimas y máximas se efectuaron con un termómetro, día por medio, una por la mañana a horas 7:30 am y en la tarde a horas 14:00 pm.

3.13. Rendimiento

Para calcular el rendimiento se dejó escurrir las bandejas con Forraje Verde Hidropónico durante dos días, luego se pesó cada tratamiento con una balanza tipo reloj de 12 Kg y para la materia seca se dejó secar a medio ambiente hasta su total deshidratación de Forraje Verde Hidropónico.

3.14. Variables de respuesta

Para la toma de datos se consideró las siguientes variables de respuesta:

- Altura de la planta.
- Rendimiento de materia verde.
- Rendimiento de materia seca.

3.15. Diseño experimental

Para el presente ensayo se utilizó el Diseño Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones habiendo un total de 12 unidades experimentales, bajo el siguiente método matemático:

$$Y_{ij} = u + G_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de cualquier observación

u = Media general o poblacional.

G_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental

3.16. Tratamiento

El orden de los tratamientos es el que sigue:

Tratamiento I = Testigo (cebada semilla criolla)

Tratamiento II = (variedad de semilla IBTA 80)

Tratamiento III = (variedad de semilla Capuchina)

Tratamiento IV = (variedad de semilla Gloria)

3.17. Distribución espacial

Cuadro 3. Distribución espacial del experimento

TI	TIV	TIII	TII
TIII	TII	TIV	TI
TIV	TI	TII	TIII

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el cultivo de cuatro variedades de cebada (*Hordeum Vulgares*), mediante hidroponía bajo las condiciones de la Comunidad Murmuntani, se lograron obtener los siguientes resultados.

4.1. Temperatura

Durante la ejecución de la investigación sobre el crecimiento de Forraje Verde Hidropónico, con cuatro variedades de cebada, campo abierto se procedieron a levantar datos de temperaturas máximas y mínimas durante el estudio del comportamiento vegetativo y de su desarrollo.

4.1.1. Promedio de temperatura durante el ciclo del cultivo de Forraje Verde Hidropónico

En el cuadro 4, se presenta la variación de las temperaturas durante el desarrollo de la presente investigación correspondiendo a todo el ciclo del cultivo de las distintas variedades de cebada, llevado a cabo durante el mes de julio, las mínimas que fueron, registrados una máxima de 20°C y una mínima de 6°C, que favorecieron al desarrollo de las plántulas de cebada.

Mamani (2012), en un estudio de cultivo de cebada de forraje verde hidropónico, realizado registró un promedio de temperatura en ambiente controlado una máxima de 38°C, media 22°C y una mínima de 6.4°C.

Cuadro 4. Variación de las temperaturas durante la fase del crecimiento de Forraje Verde Hidropónico en cuatro variedades de cebada en Comunidad de Murmuntani

Detalle	Julio 2014									Promedio
	Fechas de registro									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Máxima	13	17	12	19	18	17,5	15	20	19	16,72
Media	10	12,5	9	13,5	13,4	13	11	14,5	13,7	12,29
Mínima	7	8	6	8	8,8	8,5	7	9	8,4	7,86

4.1.2. Comportamiento de las temperaturas de la investigación

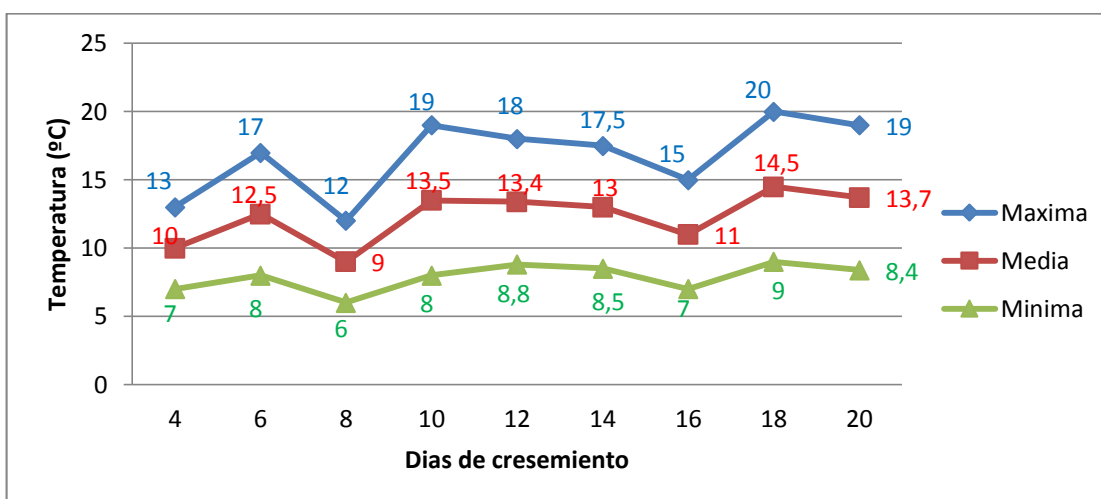


Figura 2. Comportamiento de las temperaturas registradas durante la investigación del crecimiento de Forraje Verde Hidropónico en cuatro variedades de cebada

El cuadro 4 y figura 2, muestran las fluctuaciones del comportamiento de las temperaturas a campo abierto, en el cual se efectuó el cultivo hidropónico de

cuatro variedades de cebada, observándose como temperatura máxima de 20°C, una mínima de 6°C y una media general de 14,5°C.

Con relación a las temperaturas medias, se registró una máxima de 14,5°C, una mínima de 9°C y una media general de 12,29°C.

Al respecto, Martínez (2001), menciona que la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de Forraje Verde Hidropónico, el rango óptimo para este objetivo se sitúa entre los 18°C a 26°C, indica además, que la variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en estas condiciones es diverso, fluctuando las mismas entre 18°C a 21°C.

4.2. Análisis de las alturas del Forraje Verde Hidropónico

La evaluación de la altura de cebada del Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada, se procedió a medir la altura en los distintos tratamientos, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

4.2.1. Análisis de varianza para la altura de crecimiento

El cuadro 5, presenta el análisis de varianza en relación a la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada a campo abierto, después de los 20 días de realizada la investigación; en cual se muestra una diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 12.67 cm y un coeficiente de variación de 2.37%, que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de las cuatro variedades de cebada

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Pr > F
Tratamientos	3	95.209106	31.736368	352.6407	<.0.0001**
Error	8	0.719971	0.089996		
Total	11	95.929077			

C.V. = 2.37 MG = 12.67

4.2.2. Comparación de media para los cuatro tratamientos.

Efectuado la comparación de medias por la prueba de Tukey, para el crecimiento de Forraje Verde Hidropónico en campo abierto se observa diferencias totales entre tratamientos, donde la mayor altura corresponde a la variedad IBTA 80 con 16,3 cm de altura, con una diferencia estadística significativa a los tratamientos TIII que corresponde a cebada variedad Capuchina y TIV que corresponde a la cebada variedad Gloria con una media de 14,5 cm y 10,7 cm respectivamente y el TI (Testigo) que es la cebada criolla que registró un menor desarrollo de altura de la planta con una media de 9,2 cm.

Mamani (2012), en un estudio sobre el crecimiento de cebada (*Hordeum sp.*), en un sistema hidropónico en ambiente controlado reporta una altura de 13,0 cm al tratamiento al cual no se le administró solución nutritiva. El resultado obtenido en el presente estudio es menor en los tratamientos Testigo, Gloria y mayor a las otros tratamientos que presentaron valores con un promedio de 16,3 y 14,5 las variedades IBTA 80 y Capuchina; en la siguiente figura 3 se esquematiza.

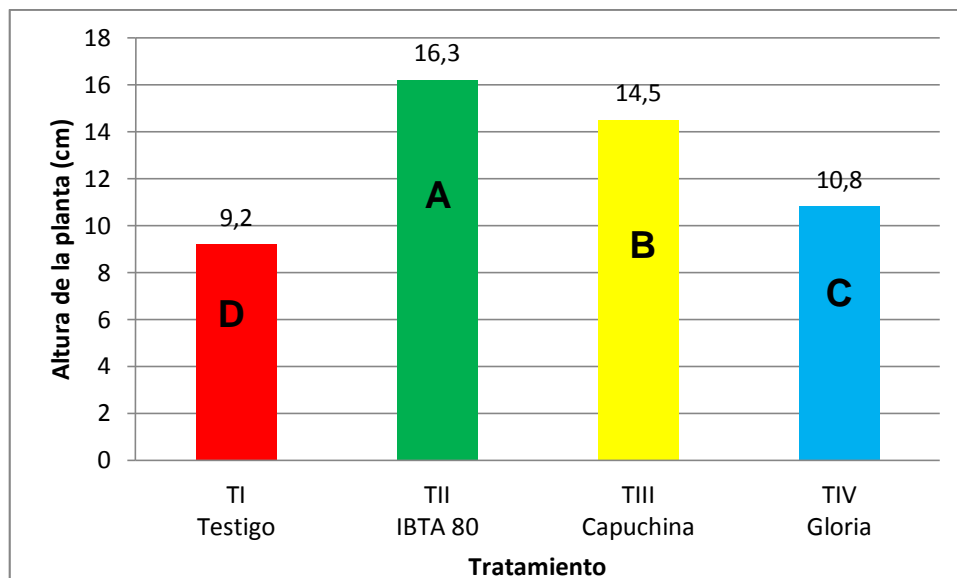


Figura 3. Comparaciones por prueba Tukey para altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

4.2.3. Comportamiento de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico

La figura 4, muestra el comportamiento en el crecimiento del Forraje Verde Hidropónico de las cuatro variedades de cebada en campo abierto durante el periodo que duró la investigación, observándose un mayor crecimiento en el TII, que corresponde a la cebada variedad IBTA 80, con una altura máxima de 16,3 cm. seguido por los tratamientos TIII variedad Capuchina, con una altura máxima de 14,5, TIV variedad Gloria y el TI que corresponde a la cebada criolla con menor altura de la planta, (10,0 cm).

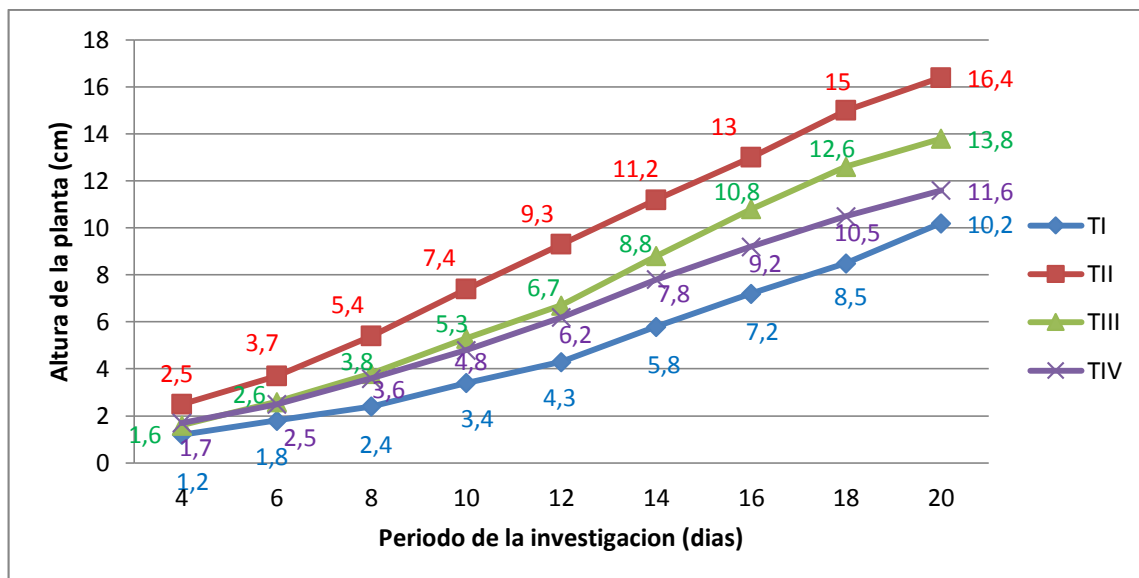


Figura 4. Comportamiento de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

4.3. Rendimiento de materia verde

La evaluación de rendimiento de materia verde del Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada se procedió a pesar la cantidad de materia verde de los distintos tratamientos, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

4.3.1. ANVA para el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico (FVH) de cuatro variedades de cebada

Efectuado el análisis de varianza para la materia verde en el cultivo Hidropónico de cuatro variedades de cebada en campo abierto, a los 20 días de realizada la investigación, registra una diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 4,24 Kg y un coeficiente de variación de 8,05 %, que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos; los resultados del análisis se presentan en el siguiente cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento en materia verde de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Pr > F
Tratamientos	3	7.655838	2.551946	21,87	0.001**
Error	8	0.933365	0.116671		
Total	11	8.589203			

C.V. = 8.05 MG = 4.24

4.3.2. Prueba de comparaciones de medias Tukey para el rendimiento de materia verde de la cebada hidropónica

La figura 5, Muestra la comparación de media por la prueba de Tukey, para el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico en campo abierto observándose que el TII que corresponde a la cebada de la variedad IBTA 80 registró un mayor rendimiento con una media de 5,4 Kg con una diferencia estadística significativa a los tratamientos TIII y TI que corresponden a la cebada variedad Capuchina con una media de 4,5 kg, y a la cebada criolla con una media de 3,6 kg y el TIV que corresponde a cebada variedad Gloria registró un menor rendimiento frente a los otros tratamiento con una media de 3,4 Kg respectivamente.

Mamani (2012), en estudios sobre el crecimiento de cebada (*Hordeum vulgare*), en un sistema hidropónico en ambiente controlado reporta un rendimiento de 2.2 kg tratamiento al cual no se le administró solución nutritiva alguna. El resultado obtenido en el presente estudio es mayor en relación al reportado por este autor, en condiciones muy similares.

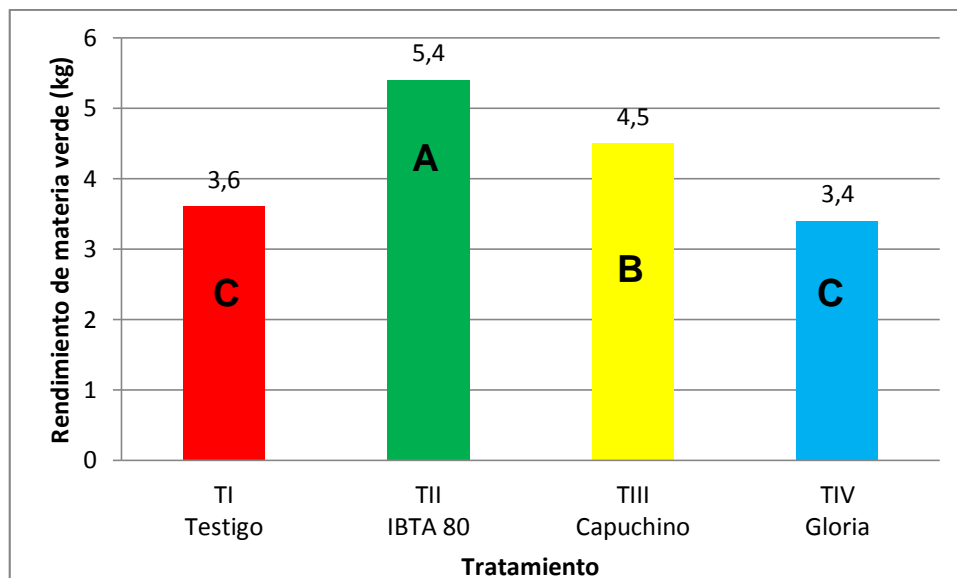


Figura 5. Comparaciones de medias para el rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

4.4. Rendimiento de materia verde de forraje Verde Hidropónico a campo abierto

El cuadro 7, nos representa resultados de rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico de los diferentes tratamientos, a la conclusión de la investigación, teniendo un mayor rendimiento el tratamiento TII que corresponde a cebada variedad IBTA 80 con 5,4 kg/0,50 m², seguido por los tratamientos de TIII que corresponde a la variedad Capuchina, y TI Testigo con la cebada criolla de 4,5 y 3,6 Kg/0,05 m² mientras el tratamiento TIV que corresponde a la cebada variedad Gloria se obtuvo 3,4 kg/0,50 m² respectivamente.

Cuadro 7. Rendimiento de materia verde en kg para los diferentes tratamientos

Tratamiento	Rendimiento	
	Kg, MV/0,50m ²	Tn MV/Ha
TI Cebada Criolla (testigo)	3,6	72,000
TII Cebada variedad IBTA 80	5,4	11,000
TIII Cebada variedad Capuchina	4,5	90,000
TIV Cebada variedad Gloria	3,4	68,000

4.5. Rendimiento de materia seca de forraje Verde Hidropónico

La evaluación de rendimiento de materia seca del Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada consistió en el pesaje de la cantidad de materia seca de los distintos tratamientos; en consecuencia los resultados obtenidos, se sometieron al análisis estadístico.

4.5.1. ANVA para el rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

El análisis de varianza en relación al rendimiento de materia seca de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada en campo abierto, a los 20 días después de su establecimiento registra una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 2,50 Kg y un coeficiente de variación de 6,32 %, que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento en materia seca de Forraje Verde Hidropónico de las cuatro variedades de cebada

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Pr > F
Tratamientos	3	8.279999	2.760000	110.40	<.0.0001**
Error	8	0.199989	0.024999		
Total	11	8.479988			

C.V. = 6.32 MG = 2.50

4.5.2. Las comparaciones de media por la prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la cebada de forraje verde hidropónico a campo abierto se presenta en la figura 6.

Se observan que el TII que corresponde a la cebada de la variedad IBTA 80 registró un mayor rendimiento con una media de 3,6 Kg de rendimiento de materia seca con una diferencia altamente significativa a los tratamientos TIII y TI que corresponden a la cebada variedad Capuchina con una media de 3 kg, y a la cebada criolla con una media de 1,8 kg; en tanto el TIV que corresponde a la cebada variedad Gloria registró un menor rendimiento con respecto a los otros tratamientos con una media de 1,6 Kg respectivamente.

Mamani (2012), en su estudio sobre el crecimiento de cebada (*Hordeum sp.*), en un sistema hidropónico en ambiente controlado reporta un rendimiento de 2.2 kg tratamiento al cual no se le administró ningún tipo de solución nutritiva. Los resultados obtenidos en el presente estudio, resultan ser mayores en los

tratamientos IBTA 80, seguido por el tratamiento Capuchina reportado por este autor, en condiciones casi similares.

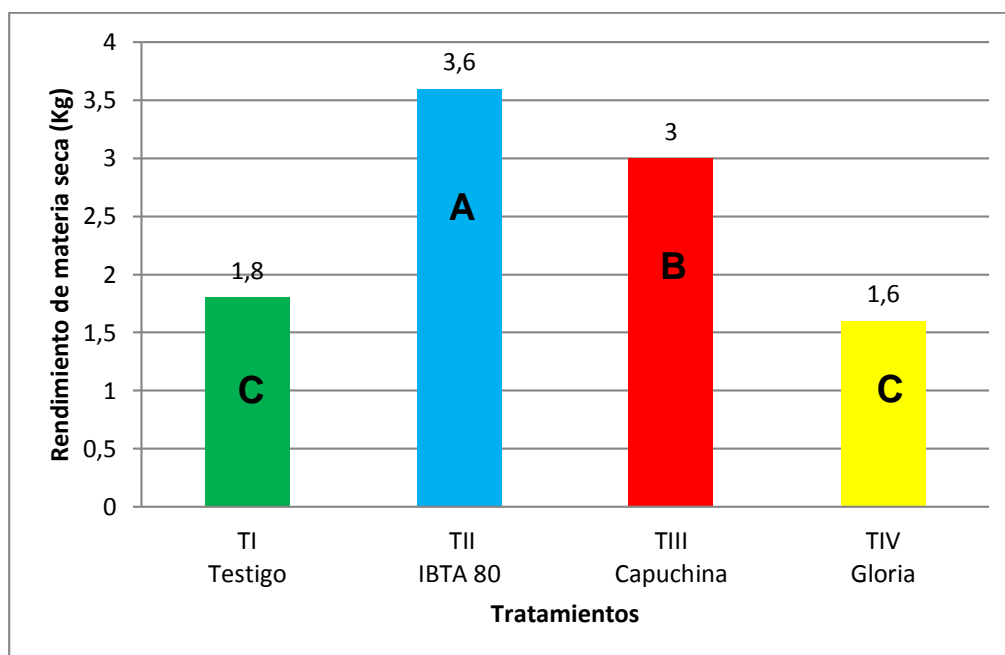


Figura 6. Comparación de media para el rendimiento de materia seca de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada

4.6. Rendimiento de materia seca para los tratamientos

En el cuadro 9, nos muestra el rendimiento de materia seca de Forraje Verde Hidropónico de los diferentes tratamiento, al finalizar la investigación, teniendo un mayor rendimiento el tratamiento TII que corresponde a la cebada variedad IBTA 80 con 3,6 kg/0,50 m², seguido por los tratamientos de TIII que corresponden a la variedad Capuchina, TI Testigo con la cebada criolla y el tratamiento TIV que corresponde a cebada variedad Gloria con un rendimiento de 3,0 kg/0,50 m²; 1,8 kg/0,50 m² y 1,6 kg/0,50 m² respectivamente.

Cuadro 9. Rendimiento de materia seca en kg para los diferentes tratamientos de Forraje Verde Hidropónico Kg

Tratamiento	Rendimiento	
	Kg MV/0,50m ²	Tn MV/ha
TI Cebada Criolla (testigo)	1,8	36,000
TII Cebada variedad IBTA 80	3,6	72,000
TIII Cebada variedad Capuchina	3,0	60,000
TIV Cebada variedad Gloria	1,6	32,000

4.7. Análisis económico en la producción de Forraje Verde Hidropónico

Los resultados de análisis económico se observa en el cuadro 10, donde el mayor ingreso bruto corresponde al tratamiento TIII con 150700 Bs/Ha, seguido por el tratamiento TIV con 146700 Bs/Ha y TII, TI con 144600 y 126300 respectivamente.

Cuadro 10. Costo de producción de cultivo verde hidropónico para tratamientos por m² y hectárea (Bs)

TRATAMIENTOS	Costo/m² (Bs.)	Costo/ha (Bs.)
TI Cebada criolla (Testigo)	12,36	126300
TII Cebada variedad IBTA 80	14,46	144600
TIII Cebada variedad Capuchina	15,07	150700
TIV Cebada variedad Gloria	14,67	146700

4.8. Análisis del beneficio de los tratamientos de forraje verde hidropónico por hectárea expresado en Bs.

Se observa una relación beneficio costo, en el cual todos los tratamientos son rentables en el cultivo de forraje verde hidropónico, en el análisis económico efectuado para los tratamientos estudiados, se establece que el tratamiento TII, es el que tiene el mayor B/C con 1,87, seguido por los TIII, TI y TV con 1,49, 1,42 y 1,16 B/C respectivamente destacable del análisis, que todos los tratamientos económicamente son rentables.

Cuadro 11. Relación beneficio/costo de producción de forraje verde hidropónico en campo abierto en los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	CT	IB	IN	B/C
TI	126300	180000	53.700	1,42
TII	144600	270000	125.400	1,87
TIII	150700	225000	74.300	1,49
TIV	146700	170000	23.300	1,16

Dónde:

CT = Costo total

IN = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

B/C = Relación beneficio/costo

5. CONCLUSIONES

Realizada la sistematización y análisis de la información registrada en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada (*Hordeum Vulgares*), en campo abierto, a los 20 días de realizada la investigación, registra una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 12,37 cm y un coeficiente de variación de 1,95%.
- El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada en campo abierto, a los 20 días de realizada la investigación, muestra una diferencia significativa entre tratamientos, con una media general de 4,24 Kg y un coeficiente de variación de 8,05%.
- Los mayores resultados obtenidos corresponden a la variedad IBTA 80 que registró el mayor tamaño con 16,3 cm de altura y un rendimiento de 5,4 Kg MV de Forraje Verde Hidropónico en relación a los otros tratamientos.
- El mayor B/C obtenido corresponde al tratamiento TII con 1,87 Bs y los otros tratamientos también registraron valores positivos con 1,49, 1,42 y 1,16 Bs.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el cultivo de cebada (*Hordeum sp.*), de la variedad IBTA 80 por tener mejores resultados en la investigación realizada en condiciones hidropónicas y en campo abierto.
- Realizar investigaciones en otros forrajes adoptando el presente sistema de producción hidropónica.
- Realizar investigaciones de los ambientes a diferentes temperaturas para el cultivo de forraje hidropónico y en otras épocas del año.

7. BIBLIOGRAFÍA

AITKEN, N. (1986), Manual agrícola. Ed. Bruño. La Paz-Bolivia. Pp. 45-50.

CHANG, P. (1995), Resumen del segundo y tercer curso de taller de Hidroponía, Un nuevo campo en la hidroponía, febrero y Septiembre. Puno – Perú Pp. 44-59.

CHANG, M; HOYOS, M, y RODRÍGUEZ, A. (2000). Manual práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato sólido. Perú. Pp. 42-45.

DEVLIN, (1982), Fisiología vegetal. Ed. Omega Barcelona España. Pp. 55-60.

FRANKLIN, C. (2012), Efecto de cuatro niveles de soluciones nutritivas sobre el crecimiento de cebada (*Hordeum sp.*), en un sistema hidropónico en ambiente controlado. Monografía de grado universidad católica boliviana San Pablo, La Paz-Bolivia. Pp.38-41.

FAO, (1999), “Utilización del Forraje Verde Hidropónico de cebada, alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación”. Lima, Perú. Pp. 23-25.

FAO (2001), Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del infa. En: Manual técnico forraje verde hidropónico [En línea] <http://www.rlc.fao.org:80/prior/segalim/forraje.htm> [consulta 05/06/09].

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LURIBAY. 2012, Plan de desarrollo municipal 2012-2016. La Paz – Bolivia. Pp. 23

- HIDALGO, (1985), Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en avena y Triticali. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan. Chile. Pp. 35-40.
- IZQUIERDO, T. (2001), Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Pp. 2-4.
- INIA, (2005), Manual Técnico “La Huerta Hidropónica Popular”. FAO-PNUD. Santiago, Chile. Pp. 23-24.
- JOHAN T. (1999), Cultivos Forrajeros. Ed. Trillas. San José Costa Rica. Pp. 256-260.
- LEES, A, (1983), Valor nutritivo de la cebada hidropónica, 2da Ed. España Pp. 25-26.
- MARTINEZ, E. (2001), Comunicación personal. Manual Técnico FVH. St. Maldonado, Uruguay.se. Pp.76-79.
- MORALES O. A. (1987), Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Ed. Universidad de Concepción, Chillán, Chile, Pp. 75-78.
- ÑIGUEZ M. (1988), Producción de Forraje en condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de cebada y trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y forestales de la Universidad de la Concepción, Sede chillan. Chile. Pp.47-49.

- PARSONS, C. (1999), Trigo, Triticale, avena y cebada. 5ta ed. Ed. Limosa. México Pp. 250- 257.
- PALACIOS, M.F.; NIERI, F. (1995), Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú. Pp.112-114.
- PICHILINGUE, C. (1995), 2do curso - Taller de hidroponía, Febrero, Puno Perú. Pp. 32 – 35.
- RAMOS, C. (1999), El uso de Aguas Residuales en riegos Localizados y en cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España. Pp.18 – 17.
- RODRIGUEZ, S. (2000), Hidroponía: Una solución de Producción en Chihuahua, México. Boletín informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú. Pp.22-25.
- ROJAS, C. (2002), Catalogo de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp. 77-80.
- REVISTA DE CULTIVOS HIDROPONICOS, (1992), N° 9, Forraje Verde Hidropónico. Ed. Ver. Bogotá, Colombia.Pp.25-30.
- SANTANDER, (1991), Manual de Cultivos Hidropónicos sin sustrato Ed. México. Pp.25-30.
- SANCHEZ, R. (2004), Manual de Hidroponía paso a paso Cultivos sin tierra. Ed. RIPALME, Lima 36- Perú. Pp.110 y 117.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. (1995), Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición Mineral, Departamento de Biología de la Universidad Nacional Agraria de la Molina. Tercer curso de Taller en Hidroponía. Lima, Perú. Pp. 59-60.

8. Anexos



Anexo 1. Preparado de bandejas



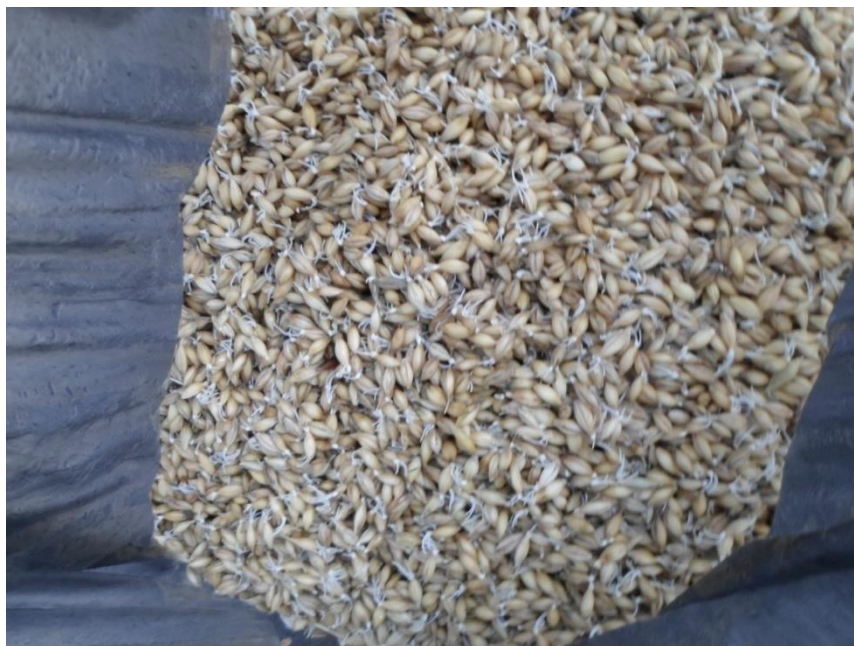
Anexo 2. Preparado de simi sombra



Anexo 3. Remojo de semilla



Anexo 4. Pregerminación de la semilla



Anexo 5. Semilla pre germinada con raicillas



Anexo 6. Siembra de semilla pre germinada en bandejas



Anexo 7. Colocado de bandejas en estante con pendiente



Anexo 8. Tapado con papel periódico y nylon negro



Anexo 9. Emergencia de semilla en bandejas



Anexo 10. Crecimiento de altura de la planta



Anexo 11. Toma de datos de altura de planta



Anexo 12. Altura de planta a los 16 días de crecimiento



Anexo 13. Peso de rendimiento de materia verde



Anexo 14. Secado de cebada a campo abierto



Anexo 15. Peso de rendimiento de materia seca

Anexo 16. Comportamiento de altura de planta (cm) en los diferentes tratamientos

Días	TI	TII	TIII	TIV
4	1,2	2,5	1,6	1,7
6	1,8	3,7	2,6	2,5
8	2,4	5,4	3,8	3,6
10	3,4	7,4	5,3	4,8
12	4,3	9,3	6,7	6,2
14	5,8	11,2	8,8	7,8
16	7,2	13	10,8	9,2
18	8,5	15	12,6	10,5
20	10,2	16,4	13,8	11,6

Anexo 17. Promedio de altura de planta (cm) en los diferentes tratamientos

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Media
TI	9,5	9,4	8,9	9,1	9,5	8,8	9,2
TII	16,3	16,1	16,5	15,9	16,4	16,2	16,2
TIII	14	14,6	14,8	14,7	14,5	14,2	14,5
TIV	10,5	10,8	10,9	10,8	10,9	10,8	10,8

Anexo 18. Promedio de rendimiento de materia verde en los diferentes tratamientos

	RI	RII	RIII	Total	Promedio
TI	3,5	3,7	3,6	10,8	3,6
TII	5,2	5,6	5,5	16,3	5,4
TIII	3,8	4,9	4,8	13,5	4,5
TIV	3,2	3,6	3,5	10,3	3,4

Anexo 19. Promedio de rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos

Tra.	RI	RII	RIII	Promedio
TI	1,9	1,7	1,8	1,8
TII	3,6	3,5	3,7	3,6
TIII	3,2	2,8	3	3
TIV	1,4	1,8	1,6	1,6

Anexo 20. Ingreso bruto en la producción de materia verde por hectárea en bolivianos

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso/m ²	Ingreso/ha
TI	Kg	3,6	5	18	180000
TII	Kg	5,4	5	27	270000
TII	Kg	4,5	5	22,5	225000
TIV	Kg	3,4	5	17	170000

Anexo 21. Ingreso bruto en la producción de materia seca del por hectárea en bolivianos

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Ingreso/m ²	Ingreso/ha
TI	Kg	1,8	5	9	90000
TII	Kg	3,6	5	18	180000
TIII	Kg	3	5	15	150000
TIV	Kg	1,6	5	8	80000

**Anexo 22. Costos de producción de los cuatro tratamientos de expresado
en bolivianos**

Tratamiento I					
Ítem	Unidad	Cantidad	P/U	Costo/m²	Costo/ha
Sime sombra (alquiler)	m2	1	0,7	0,7	7000
Bandejas (alquiler)	Pieza	6	0,2	1,2	12000
Estantes	m2	1	0,5	0,5	5000
Remojo de semilla	Hora	0,33	0,44	0,14	1400
Siembra	Hora	0,8	0,13	0,1	1000
Riego	Hora	0,8	0,6	0,52	5200
Cosecha	Hora	0,33	0,66	0,2	2000
Costo mano de obra				3,2	32000
Semilla	Kg	1,8	2	3,6	36000
Costo de insumos				2,2	22000
Costo total de FVH				12,36	123600

Tratamiento II					
Ítem	Unidad	Cantidad	P/U	Costo/m²	Costo/ha
Invernadero (alquiler)	m2	1	0,7	0,7	7000
Bandejas (alquiler)	Pieza	6	0,2	1,2	12000
Estantes	m2	1	0,5	0,5	5000
Remojo de semilla	Hora	0,33	0,44	0,14	1400
Siembra	Hora	0,8	0,13	0,1	1000
Riego	Hora	0,8	0,66	0,52	5200
Cosecha	Hora	0,33	0,66	0,2	2000
Costo mano de obra				3,2	32000
Semilla	Kg	1,8	3,2	5,7	57000
Costo de insumos				2,2	22000
Costo total de FVH				14,46	144600

Tratamiento III					
Ítem	Unidad	Cantidad	P/U	Costo/m ²	Costo/ha
Invernadero (alquiler)	m2	1	0,7	0,7	7000
Bandejas (alquiler)	Pieza	6	0,2	1,2	12000
Estantes	m2	1	0,5	0,5	5000
Remojo de semilla	Hora	0,33	0,44	0,14	1400
Siembra	Hora	0,8	0,13	0,1	1000
Riego	Hora	0,8	0,66	0,52	5200
Cosecha	Hora	0,33	0,66	0,21	2100
Costo mano de obra				3,2	32000
Semilla	Kg	1,8	3,5	6,3	63000
Costo de insumos				2,2	22000
Costo total de FVH				15,07	150700

Tratamiento IV					
Ítem	Unidad	Cantidad	P/U	Costo/m ²	Costo/ha
Invernadero (alquiler)	m2	1	0,7	0,7	7000
Bandejas (alquiler)	Pieza	6	0,2	1,2	12000
Estantes	m2	1	0,5	0,5	5000
Remojo de semilla	Hora	0,33	0,44	0,14	1400
Siembra	Hora	0,8	0,13	0,1	1000
Riego	Hora	0,8	0,66	0,52	5200
Cosecha	Hora	0,33	0,66	0,21	2100
Costo mano de obra				3,2	32000
Semilla	Kg	1,8	3	5,4	54000
Solución nutritiva	MI	14	0,036	0,5	5000
Costo de insumos				2,2	22000
Costo total de FVH				14,67	146700