

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO EN
LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN DOS
VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA COMUNIDAD
CANTAPA PROVINCIA LOS ANDES**

Por:

Ivan Apaza Huanca

EL ALTO – BOLIVIA

2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
EFFECTO DE TRES NIVELES DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO EN LA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN DOS VARIEDADES DE
CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA COMUNIDAD CANTAPA PROVINCIA LOS
ANDES

*Tesis de Grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero en
Ingeniería Agrónoma*

Ivan Apaza Huanca

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raul Ochoa Torrez

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas

Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle

M. Sc. Lic. Ing. José Luis Lima Jacopa

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA:

Al pilar fundamental de mi familia con amor y gratitud inmensa a mi querido Papá Severo Víctor Apaza Huanca a mi querida Mamá Juana Huanca Apaza por su permanente apoyo, sacrificio, esfuerzo, comprensión; por los valores de honestidad y respeto; por sus sabios consejos por toda la felicidad y los beneficios que he recibido durante mi formación que me brindaron día a día.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi eterno agradecimiento a DIOS, por colmarme de bendiciones y sabiduría para la culminación de este trabajo por haberme dado la oportunidad de realizarme como profesional.

A la Universidad Pública y Autónoma de El Alto, a la Carrera de Ingeniería Agronómica por su acogida y brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y predios.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica que me formaron con sus conocimientos científicos.

Agradecer a mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, que me brindó su apoyo incondicional con sus conocimientos para estructurar este trabajo de investigación y por los buenos momentos compartidos.

Al tribunal revisor M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle, M. Sc. Lic. Ing. José Luis Lima Jacopa por sus contribuciones y sugerencias que fueron importantes para la realización de este trabajo de investigación.

Agradecimientos a mis docentes, he tenido fortuna de haber cursado con profesionales de especialidad de su grado académico: al Ing. Agr. Ph.D. Francisco Mamani, Ing. Agr. M.Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales, Ing. Agr. M.Sc. Víctor Paye Huaranca, por haberme formado como profesional y cada uno de ustedes es la palabra de superación y aliento para concluir esta meta.

Un agradecimiento muy especial a mi familia por brindarme su apoyo en todo momento, en especial a mi amiga Silvia Quispe, a mis hermanas Rebeca y María, por su colaboración y ayuda incondicional.

Gracias a mis amigos y compañeros con quienes hemos compartido momentos de alegría y momentos difíciles, que también han sido partícipes en la investigación sin esperar nada a cambio, este sueño lograron convertirlo en una realidad.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. La hidroponía	5
2.2. Cultivos hidropónicos	5
2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)	6
2.3. Métodos de producción de forraje verde hidropónico	6
2.3.1. Método FAO	6
2.3.2. Método INTAGRI	7
2.4. Selección de las especies de granos utilizados en FVH.....	8

2.4.1.	Calidad de semilla	9
2.4.2.	Selección de semilla.....	9
2.4.3.	Lavado de semilla.....	9
2.4.4.	Remojo y germinación de semillas	10
2.5.	Densidad de siembra.....	11
2.5.1.	Riego de la bandeja.....	11
2.5.2.	Cosecha y rendimiento	12
2.6.	Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico	12
2.6.1.	Iluminación	12
2.6.2.	Temperatura.....	13
2.6.3.	Humedad.....	13
2.6.4.	Calidad de agua de riego.....	14
2.6.5.	El pH del agua de riego	14
2.7.	Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico	14
2.7.1.	Ventajas de FVH	14
2.7.2.	Desventajas de FVH.....	16
2.8.	Abonos orgánicos líquidos	16
2.8.1.	Abonos orgánicos líquidos anaeróbicos (BIOL).....	17
2.8.2.	Abonos orgánicos líquidos aeróbicos (AOLA)	17
2.8.3.	Potencialidad de AOLA.....	17
2.9.	El Cultivo de cebada como FVH.....	18
2.9.1.	Clasificación taxonómica	18
2.9.2.	Importancia del cultivo de cebada	19
2.9.3.	Variedades lanzadas en Bolivia.....	19
2.9.3.1.	Características de la variedad capuchona (Monalisa).....	19
2.9.3.2.	Características de la variedad criolla	20

3.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Localización.....	21
3.1.1.	Ubicación Geográfica	21
3.1.2.	Características Edafoclimáticas.....	21
3.1.3.	Suelo	21
3.1.4.	Clima	22
3.1.5.	Precipitación pluvial	22
3.1.6.	Vegetación.....	23
3.1.7.	Fauna	23
3.2.	Materiales.....	24
3.2.1.	Material biológico.....	24
3.2.2.	Material de campo	24
3.2.3.	Material de gabinete	24
3.2.4.	Material de investigación	24
3.3.	Método	25
3.3.1.	Método empleado.....	25
3.3.1.1.	Procedimiento experimental	25
3.3.2.	Diseño experimental	25
3.3.3.	Factores de estudio	26
3.3.4.	Formulación de tratamientos	26
3.3.5.	Croquis del experimento.....	27
3.3.6.	Variables de respuesta	28
3.3.6.1.	Altura de planta.....	28
3.3.6.2.	Longitud de la raíz	28
3.3.6.3.	Número de raicillas	28
3.3.6.4.	Rendimiento	28

3.3.6.5.	Relación beneficio costo	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1.	Comportamiento agroclimatológico del ambiente de producción de FVH.....	29
4.1.1.	Temperaturas registradas en la producción de FVH.....	29
4.1.2.	Humedad relativa registrada durante la producción de FVH de cebada	30
4.2.	Efecto del AOLA sobre la producción de FVH de cebada	31
4.2.1.	Altura de planta	31
4.2.2.	Largo de la raíz.....	34
4.2.3.	Número de raicillas	36
4.2.4.	Rendimiento de materia verde de forraje verde hidropónico.....	39
4.3.	Efecto de AOLA sobre las características nutricionales del cultivo de cebada. .	42
4.3.1.	Contenido de Proteína.....	42
4.3.2.	Contenido de Cenizas	42
4.3.3.	Contenido de Humedad.....	43
4.3.4.	Contenido de materia seca.....	44
4.3.5.	Contenido de materia orgánica.....	44
4.4.	Composición del AOLA utilizado en la producción de FVH	45
4.4.1.	Descripción de las características del AOLA en base al Análisis Químico	45
4.5.	Relación beneficio costo.....	46
5.	CONCLUSIONES	47
6.	RECOMENDACIONES	49
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50
8.	ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Características y contenido nutricional de AOLA.....	18
Cuadro 2.	Clasificación taxonómica de la cebada.....	18
Cuadro 3.	Formulación de tratamiento.....	27
Cuadro 4.	Análisis de varianza para altura de planta.....	31
Cuadro 5.	Prueba de Duncan para factor B (Dosis) altura de planta.....	32
Cuadro 6.	Análisis de varianza para el largo de raíz.....	34
Cuadro 7.	Prueba de Duncan para Factor A (variedades) largo de raíz.....	34
Cuadro 8.	Prueba de Duncan: Factor B (Dosis) para largo de raíz.....	35
Cuadro 9.	Análisis de varianza de número de raicillas.....	36
Cuadro 10.	Análisis de varianza de rendimiento de materia verde.....	39
Cuadro 11.	Prueba de Duncan para Factor B (dosis) rendimiento de materia verde ...	39
Cuadro 12.	Análisis de FVH para proteína.....	42
Cuadro 13.	Análisis de FVH para cenizas.....	43
Cuadro 14.	Análisis de FVH para humedad.....	43
Cuadro 15.	Análisis de FVH para materia seca.....	44
Cuadro 16.	Análisis de FVH para contenido de materia orgánica.....	45
Cuadro 17.	Análisis Químico de AOLA.....	45
Cuadro 18.	Beneficio/costo en la producción de forraje verde hidropónico.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del área de investigación	21
Figura 2.	Datos de clima Kallutaca	22
Figura 3.	Datos de precipitación pluvial Kallutaca.	23
Figura 4.	Croquis del experimento.....	27
Figura 5.	Temperaturas máximas, mínimas y promedio del interior de la carpa solar durante la investigación en la producción de FVH.....	29
Figura 6.	Humedad ambiental registradas en el ambiente hidropónico durante el periodo de estudio.....	30
Figura 7.	Prueba de medias para factor A (Variedades) altura de planta	32
Figura 8.	Promedios para Factor A x B (variedad x dosis) altura de planta	33
Figura 9.	Promedios para Factor A x B (variedad x dosis) largo de raíz	35
Figura 10.	Promedios para el Factor A (Variedades) número de raicillas	37
Figura 11.	Promedios para Factor B (Dosis) número de raicillas.....	37
Figura 12.	Promedios Para Factor A x B (variedad x dosis) número de raicillas.....	38
Figura 13.	Promedios para Factor A (Variedades) rendimiento de materia verde	40
Figura 14.	Promedios de Factor A x B (Variedad x Dosis) para rendimiento de materia verde... ..	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Presupuesto para la producción de forraje verde hidropónico	55
Anexo 2.	Resultado de análisis físico – química de AOLA	56
Anexo 3.	Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V1D0 (Variedad capuchona – 0% de dosis de AOLA).....	57
Anexo 4.	Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V1D3 (Variedad capuchona – 30 % de dosis de AOLA).....	58
Anexo 5.	Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V2D0 (Variedad criolla – 0% de dosis de AOLA).	59
Anexo 6.	Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V2D3 (Variedad criolla – 30% de dosis de AOLA).	60
Anexo 7.	Medición de altura de planta (cm).....	61
Anexo 8.	Medición de largo de raíz (cm)	62
Anexo 9.	Registro de número de raicillas	63
Anexo 10.	Datos de Temperatura obtenidos durante la investigación en °C.	64
Anexo 11.	Datos de Humedad Relativa (°H); obtenidos durante la investigación.	64
Anexo 12.	Armado del estante de soporte para las bandejas.	65
Anexo 13.	Pesado, quita de impurezas, desinfección con hipoclorito de sodio y remojo de semilla por 24 horas	65
Anexo 14.	Desinfección de bandejas y siembra de semilla en cada bandeja	66
Anexo 15.	Puesto en cámara oscura para acelerar la germinación de las semillas....	66
Anexo 16.	Germinación y crecimiento de la cebada	66
Anexo 17.	Crecimiento de FVH	67
Anexo 18.	Cosecha de FVH	68

ABREVIATURAS

FVH	Forraje verde hidropónico
AOLA	Abono orgánico líquido aeróbico
FAO	Organización para la Agricultura y la Alimentación
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
SEFO	Semillas Forrajeras
kg	Kilógramos
L	Litros
cm	Centímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad Cantapa Prov. Los Andes en la gestión 2023; con el objetivo de evaluar el efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), en la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.).

Para el trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo Bifactorial con 3 repeticiones y 8 tratamientos, resultantes de tres dosis de AOLA donde se incluyó solo agua como el testigo (0%, 10%, 20% y 30%) con dos variedades de cebada (capuchona y criolla). Donde se evaluó el efecto de los tres niveles de AOLA, rendimiento de materia verde, calidad nutricional del FVH y beneficio/costo en la producción de forraje verde hidropónico.

En los parámetros de la variable altura al momento de la cosecha a los 16 días se observó una diferencia al dosificar con los niveles de AOLA, observado al mejor resultado por la dosis 30% que obtuvo el promedio de altura de planta más alto de 22,52 cm; mientras en el parámetro de largo de raíz existe diferencias entre variedades, la capuchona teniendo una longitud 12.68 cm y la variedad criolla 10.73 cm también se pudo observar la diferencia entre dosis teniendo como resultado con la dosis tres, compuesto por 30% de AOLA y 70% de agua, alcanzando una altura de 13.03 cm; asimismo se observó que en el parámetro número de raicillas, no hubo diferencias entre variedades y dosis en lo cual el promedio oscila entre 6 número de raicillas; en el rendimiento de materia verde hay diferencias significativas entre la dosis en lo cual el tratamiento b3 (Dosis 30%) se mostró teniendo buenos resultados en el rendimiento con un promedio de 3.18 kg/0,15 m² en 16 días.

Con respecto a las características y parámetros de calidad nutricional que se obtuvo de Forraje Verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.), la variedad capuchona presenta los valores más altos de materia orgánica, humedad y porcentaje de materia seca, mostrando una mayor calidad de forraje, así también se puede observar que el valor de 10.40% de proteína y 3.49% de ceniza se observa en la variedad criolla, estos resultados indican que es un forraje de calidad para alimentación de animales.

En cuanto a la variable beneficio/costo, de acuerdo a los resultados obtenidos se establece que el tratamiento a2b3 (variedad criolla – dosis 30%) con un B/C de 1,19 es el que obtuvo mayor rentabilidad.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Cantapa Prov. Los Andes community in the 2023 administration; with the objective of evaluating the effect of three levels of aerobic liquid organic fertilizer (AOLA), on the production of Hydroponic Green Forage (HVF) in two varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.).

For the research work, the completely randomized design (DCA) was used with a Bifactorial arrangement with 3 repetitions and 8 treatments, resulting from three doses of AOLA where only water was included as the control (0%, 10%, 20% and 30 %) with two varieties of barley (capuchona and criolla). Where the effect of the three levels of AOLA, green matter yield, nutritional quality of FVH and benefit/cost on the production of hydroponic green forage was evaluated.

In the parameters of the variable height at the time of harvest at 16 days, a difference was observed when dosing with the AOLA levels, observed with the best result for the 30% dose that obtained the highest average plant height of 22.52cm; While in the root length parameter there are differences between varieties, the capuchona having a length of 12.68 cm and the Creole variety 10.73 cm, the difference between doses could also be observed, resulting in dose three, consisting of 30% AOLA and 70% of water, reaching a height of 13.03 cm; Likewise, it was observed that in the parameter number of rootlets, there were no differences between varieties and doses in which the average ranges between 6 number of rootlets; In the yield of green matter there are significant differences between the dose in which the b3 treatment (Dose 30%) was shown to have good results in the yield with an average of 3.18 kg/0.15m² in 16 days.

With respect to the characteristics and nutritional quality parameters obtained from hydroponic green barley forage (*Hordeum vulgare* L.), the capuchona variety presents the highest values of organic matter, humidity and percentage of dry matter, showing a higher quality of forage, it can also be observed that the value of 10.40% protein and 3.49% ash is observed in the Creole variety, these results indicate that it is a quality forage for animal feeding.

Regarding the benefit/cost variable, according to the results obtained, it is established that the a2b3 treatment (Creole variety – 30% dose) with a B/C of 1.19 is the one that obtained the highest profitability.

1. INTRODUCCIÓN

La cebada *Hordeum vulgare*, es una planta gramínea perteneciente al grupo de los cereales. Es originaria de Asia, Europa, América y el norte de África. Sus semillas, enteras o transformadas en harina, se usan tanto en la alimentación humana como en el animal y es en la actualidad el quinto cereal más cultivado del mundo (Gonzales y Vaamonde, 2015).

La planta de cebada que conocemos hoy en día descende de la cebada silvestre que crecía en el Oriente Medio. Fue domesticada hace más de 7000 años con el fin de obtener mejores semillas. En el antiguo Egipto se cultivó de forma selectiva para que sus espigas se sustentaran por tallos más fuertes y sus semillas adquirieran un mayor tamaño. Los primeros cereales que se domesticaron fueron el trigo y la cebada (Salvador, 2015).

El cultivo de cebada es uno de los cereales de grano pequeño más cultivados en países como Rusia, Canadá, España, Alemania, Francia, Turquía, Ucrania, Australia, Reino Unido y Estados Unidos. Se la cultiva extensamente ya que su crecimiento se ve favorecido en los climas templados y en todo tipo de terreno, mientras no sea muy húmedo. Además, como es una planta de ciclo corto, se desarrolla antes de las sequías de verano en los países cálidos y antes de las primeras heladas en los fríos (Gonzales y Vaamonde, 2015).

Mismo autor indica que la cebada se produce en zonas climáticas y condiciones de suelo desfavorables en el mundo, desde el área cercana al Mar Muerto en Oriente Medio hasta una altitud de 4200 m.s.n.m en el Altiplano – Los Andes (Bolivia).

En el altiplano boliviano, las especies forrajeras como la cebada y avena tienen mucha importancia, porque constituyen en el alimento básico principalmente para la ganadería bovina por la calidad nutritiva y altos rendimientos de materia seca, existiendo por tanto una gran demanda por parte de los productores ganaderos (Quispe y Sandy, 2013).

Asimismo, la cebada y la avena son cultivos más precoces entre todos los cereales menores, por lo que su utilización es muy arraigada en las zonas donde la precipitación es baja y el periodo de lluvias es corto. Bajo estas condiciones son los cultivos que realmente pueden garantizar una cosecha, otra ventaja es su resistencia a diferentes factores adversos como la helada y sequía.

1.1. Antecedentes

En la investigación realizada por Flores (2019), con la aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el centro experimental de Cota Cota, en la evaluación de la variable altura de planta al momento de la cosecha a los 15 días observó una diferencia relativamente significativa entre variedades de cebada en cuanto a altura, la variedad IBTA 80 con 18,93 cm y la variedad criolla con 18,24 cm, en la variable largo de raíz observó que en el desarrollo no hubo diferencia en ambas variedades; al igual que en número de raicillas; finalmente en el rendimiento de materia verde se destaca el tratamiento (variedad IBTA 80 – dosis 10% de AOLA en 1l de agua) con 4,33 kg/0,25m² mientras el tratamiento (variedad criolla – dosis 10% en 1l de agua) con 2,85 kg/0,25m².

Cantuta (2015), en su investigación, efecto del abono orgánico líquido de humus en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en condiciones de invernadero, en la evaluación de la variable altura de planta de FVH observó una diferencia significativa entre variedades, donde la variedad de cebada IBTA-80 presentó mayor alcance de altura en las distintas dosis de humus lixiviado con un promedio de 15.34 cm superando a la variedad criolla con un promedio de 14.50 cm, en el caso de longitud de raíz no existen diferencias significativas, lo que indica que el humus lixiviado no influyo significativamente en ambas variedades de cebada, IBTA-80 y criolla, al igual que en la variable de rendimiento en materia verde y en cuanto al rendimiento en materia seca se destaca el tratamiento V2D2 (variedad criolla, dosis 20 ml de lixiviado de humus en 1Lt. de agua) con 3 kg/m² ambos correspondientes a la variedad criolla. Finalmente el mayor valor de proteína cruda fue de 14% correspondiente al tratamiento V2D3 (variedad criolla, dosis 30 ml de humus en 1 Lt de agua) y el mayor valor de ceniza de 2.9% que corresponde al tratamiento V2D1 (variedad criolla, dosis 10 ml de humus en 1 Lt. de agua).

1.2. Planteamiento del problema

El crecimiento de la cebada está determinado por las condiciones climáticas y el forraje verde está disponible sólo en ciertos períodos del año; cuanto más corto es el período de crecimiento, más desuniforme es su distribución en el tiempo. En la mayoría de los climas, con excepción de los climas moderados, en épocas de escasez se debe reducir o evitar la pérdida de peso de los animales, para lo cual se deben proveer forrajes adicionales en el momento oportuno a fin de suplementar el pastoreo y el forraje verde.

Una manera de afrontar este problema es a través de la generación y difusión de alternativas forrajeras, como es la producción de forraje hidropónico, que generalmente suele usarse la cebada, que es en carpas solares y rústicos de bajo costo, con insumos económicos y fáciles de conseguir, llegando a aprovechar sus propias semillas producidas en la comunidad, lo que permite sostener una producción intensiva de forraje de buena calidad independientemente del clima y/o época del año.

La producción ganadera del altiplano está condicionada por la producción y disponibilidad de forraje como la alfalfa, cebada y avena principalmente, en cambio en época de estiaje existen una reducción sustancial de alimento, donde por lo general la alimentación para el ganado se encuentra muy limitada tanto en cantidad como en calidad, ya que el alimento que almacenan en esta época no lo realizan de manera adecuada. A esto se suma la reducida tenencia de terreno por lo que no llega a cubrir, en muchos casos los requerimientos alimenticios de los animales, ocasionando la disminución de producción además de retrasos en su desarrollo, reducción de su fertilidad entre otros (Flores, 2019).

1.3. Justificación

El forraje hidropónico fue creado para eliminarle al productor ganadero la dependencia y limitación que generan la pobreza de suelo y condiciones climatológicas adversas, tales como nieve, falta de lluvia, friaje, inundaciones, etc.; posibilitando que el ganadero cuente con un forraje verde en la cantidad deseada, de alta calidad y un valor sustancialmente más económico que el forraje convencional sustituyendo así a los grandes espacios de terreno que son imprescindibles para obtener forraje, creando granjas competitivas de reducidas dimensiones y altas producciones.

La elaboración de cultivos hidropónicos es una alternativa a la producción de forrajes para la alimentación de animales en época de carencia de pasto (invierno) y con la finalidad de aprovechar áreas reducidas y mayor eficiencia en el uso de agua en ambiente protegido de factores climáticos.

La producción de forraje hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El forraje verde hidropónico o "*Greenfodder hydroponics*" en forraje, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. Esta técnica hidropónica 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, cebada, maíz, trigo y sorgo. El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Leija, 2007).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), en la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la Comunidad de Cantapa, Provincia Los Andes.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de los tres niveles de las diferentes dosis de AOLAs en el comportamiento agronómico de forraje verde hidropónico.
- Evaluar los rendimientos de las dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con la aplicación de AOLAs.
- Identificar las propiedades nutricionales del forraje verde hidropónico de las dos variedades de cebada con la aplicación de AOLAs.
- Determinar beneficio/costo del sistema de producción de forraje verde hidropónico con el AOLAs y cebada (*Hordeum vulgare* L.).

1.5. Hipótesis

H0. La aplicación de diferentes dosis de AOLAs (0%, 10%, 20%, 30%) en el desarrollo de forraje verde hidropónico en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) no muestran diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La hidroponía

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos e invernaderos climatizados. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. La palabra hidroponía deriva del griego *hidro* (agua) y *ponos* (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo (Izquierdo, 2003).

La hidroponía es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo, la cual ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados, gracias a los principios científicos y técnicos en los cuales se basa, se ha convertido en una técnica operativamente sencilla y aplicable en muchos países latinoamericanos como es el caso del Perú (López, 2005).

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados Cultivos sin Suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas (Gilsanz, 2007).

2.2. Cultivos hidropónicos

Según Izquierdo (2003), los cultivos hidropónicos son cultivos sin suelo, éste es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son aplicados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutriente. En un sistema hidropónico se puede cultivar todo

tipo de plantas como por ejemplo, hortalizas, flores, pastos para forraje, plantas ornamentales, condimentos, plantas medicinales y hasta cactus.

2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (FAO, 2001).

El FVH puede definirse como el producto de la germinación de diversas semillas, generalmente de cereal, cuyas plántulas se han dejado desarrollar por un espacio de tiempo que varía de 10 a 15 días. Constituye un alimento de alta digestibilidad y calidad nutricional que puede suministrarse a una gran variedad de animales. Dentro de las semillas comúnmente utilizadas se incluyen trigo, avena, maíz, sorgo y cebada. Dentro de las especies animales que se han alimentado con FVH con resultados exitosos se pueden mencionar: conejos, cerdos, borregos, chivas, caballos y vacas (López, 2005).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje. Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, y suelos y aguas de riego de baja calidad. No obstante estas limitaciones, la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son muy susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades (López *et al.*, 2009).

2.3. Métodos de producción de forraje verde hidropónico

2.3.1. Método FAO

Según FAO (2001), menciona un proceso óptimo de producción de FVH de la siguiente manera:

1.- Selección de las especies de granos utilizados en FVH: Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir.

2.- Selección de la semilla: En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad, pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado.

3.- Lavado de la semilla: 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 litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias.

4.- Remojo y germinación de las semillas: Esta etapa consiste remojar con un periodo no mayor a 24 horas, este tiempo se divide a su vez en 2 periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas y orearlas durante una hora.

5.- Dosis de Siembra: por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos, considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja.

6.- Riego de las bandejas: El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de microaspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano.

7.- Cosecha y rendimientos: En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo, si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días.

2.3.2. Método INTAGRI

Según INTAGRI (2014), describe el proceso de producción de forraje verde hidropónico; generalmente se utilizan semillas de cebada, avena, trigo y sorgo, siendo su proceso:

1.- Selección de semilla. Emplear semilla de alta calidad, adaptada a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento.

2.- Lavado y desinfección de semillas. Se dejan las semillas menos de 30 segundos en hipoclorito de sodio al 1% (10 ml.) por cada litro de agua; para eliminar hongos y bacterias y dejarlas limpias.

3.- Pre-germinación. A las 12 horas de estar sumergidas, escurrirlas durante 1 hora. Sumergirlas nuevamente 12 horas. Induce la rápida germinación de la semilla.

4.- Siembra y densidad. Las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre 2.2 a 3.4 kg de semilla. Se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no debe ser mayor a 1.5 cm de altura o espesor.

5.- Germinación. Después de la siembra, las semillas se cubren con papel periódico para favorecer la germinación y el crecimiento inicial. Una vez detectada la germinación de las semillas se retira el papel.

6.- Riego. El riego de las bandejas de crecimiento del FVH puede realizarse a través de micro aspersores, nebulizadores o con una bomba aspersora portátil (mochila de mano). Riego 6 ó 9 veces en el transcurso del día, con una duración menor a 2 minutos.

2.4. Selección de las especies de granos utilizados en FVH

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

Generalmente se utilizan semillas de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección de la semilla depende de la disponibilidad local y de su precio. La producción de Forraje hidropónico con semillas de alfalfa no es tan eficiente como en los granos de gramíneas debido a que su manejo es delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional (Flores, 2019).

2.4.1. Calidad de semilla

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. El usar semillas más baratas, o cultivares desconocidos, puede constituir una falsa economía y tal como se planteó antes, hacer fracasar totalmente el nuevo emprendimiento. Se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación, el productor de FVH deberá tener presente que el porcentaje mínimo de germinación de la semilla debe ser en lo posible mayor o igual a 70 - 75%; que la semilla a utilizar debe estar limpia y tratada con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (López, 2005).

La FAO (2001), indica que la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH.

2.4.2. Selección de semilla

En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad, pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local. Es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con curasemillas, agentes pre emergentes o algún otro pesticida tóxico (FAO, 2001).

Según INTAGRI (2014), nos recomienda emplear semilla de alta calidad, adaptada a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento.

2.4.3. Lavado de semilla

Según INTAGRI (2014), se dejan las semillas menos de 30 segundos en hipoclorito de sodio al 1% (10 ml.) por cada litro de agua; para eliminar hongos y bacterias y dejarlas limpias.

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 litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001).

El lavado tiene como objetivo eliminar hongos, bacterias y residuos. El tiempo que dejemos las semillas en la solución de hipoclorito, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder en los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de ésta, causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizando la desinfección se procede a enjuagar las semillas con agua limpia (Mejía y Vivas, 2022).

2.4.4. Remojo y germinación de semillas

Para la desinfección de la semilla se procede a sumergir en un recipiente con agua usando la siguiente proporción (1 kg de semilla en 1 litro de agua) durante 24 horas, cambiando el agua cada vez que se torne turbia, esto ayuda una mejor oxigenación de la semilla. Terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ella las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que explica que se acelere el crecimiento de la semilla cuando la dejamos en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Esta etapa se considera como pre-germinación (Mejía y Vivas, 2022).

El mismo autor nos indica que las semillas son colocadas sobre un plástico o un saco masen por un periodo de 24 horas al ambiente. Cabe recalcar que en esta etapa existe una liberación de calor considerable en el grano, para estimular el crecimiento del embrión

Según la FAO (2001), indica que 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 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo lo dividiremos a su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido las sumergimos 3 nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado.

2.5. Densidad de siembra

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2 a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 centímetros de altura en la bandeja. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre – germinadas (Callisaya, 2018).

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

La dosis óptima de semillas a sembrar por metro cuadrado oscila entre 1 kg a 2.2 kg dependiendo del tamaño de la bandeja que se utilice y no debe superar los 1.5 cm de altura de la bandeja. Otros autores recomiendan entre 2.2 y 3.4 kg de semilla por bandeja (Mejía y Vivas, 2022).

2.5.1. Riego de la bandeja

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores incluso empleando una mochila de mano y si no cuenta con ninguna de ellos podría emplear un atomizador de mano. En los primeros 4 días post-siembra los riegos se aplican a no más de 500 ml de agua por 0.25 m² (Mejía y Vivas, 2022).

Así mismo recomienda que no debe aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros/m². Hay que recordar que el volumen de agua de riego está de acuerdo con los requerimientos de los cultivos y las condiciones ambientales interna del invernadero.

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de microaspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo (FAO, 2001).

2.5.2. Cosecha y rendimiento

En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha, la cual comprende el total de la biomasa que se encuentra en las bandejas (hojas, tallos, raíces y resto de semillas). La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza entre los días 7 y 8 por lo que un mayor volumen y peso de cosecha debe ser compatibilizado con la calidad dado que el factor tiempo pasaría a convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción (García, 2005).

La cosecha del FVH se realiza de 12 a 18 días. Sin embargo, si se necesitaría de forraje, se puede efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH 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. Asimismo, un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5 cc de “A” y 1 cc de “B” a partir del 4° 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 FVH (FAO, 2001).

Según Vega y Quispe (2006), menciona que la producción en m² tiene un promedio en peso de 7.5 kilogramos, lo que indica la relación de producción es de 1 a 7.5 veces, esto quiere decir que por un 1 kg de semilla sembrado, produce 7.5 kilogramos de forraje hidropónico.

2.6. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

2.6.1. Iluminación

En caso de que se utilice instalaciones cerradas y aislados de la luz solar, es necesario pensar en una iluminación artificial en base a tubos fluorescentes bien distribuidos y encendidos durante 12 a 15 horas como mínimo. Para ello es necesario calcular una intensidad lumínica de 1000 a 1500 micro watts/cm² en un periodo de 12 a 14 horas diaria de luz. Esto encarecería la producción de FVH (Mejía y Vivas, 2022).

La FAO (2001), señala que si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no

existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

2.6.2. Temperatura

Mejía y Vivas (2022), estima que un rango óptimo para la producción de forraje verde hidropónico está entre los 18 y 26°C. Por lo que se recomienda que exista un control en la regulación de la temperatura. Ya que esto le permitirá una buena germinación y crecimiento de los granos en el FVH. Hay variabilidad en las temperaturas de acuerdo con el tipo de granos de avena, cebada y trigo entre 18°C y 21°C. Para el maíz necesita temperaturas óptimas entre 20° C y 27° C, en el caso del sorgo necesita temperatura entre 20 y 25 °C.

La FAO (2001), menciona que temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18° C y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar. El rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C. Sin embargo, el maíz es muy deseado por el importante volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25°C y 28 °C.

2.6.3. Humedad

La FAO (2001), señala que la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos.

El agua es el factor más importante en la vida de las plantas. La humedad que necesita la planta se le proporcionará mediante el riego. El rango óptimo de la humedad relativa oscila entre 60 y 80% (HydroEnvironment, 2018).

2.6.4. Calidad de agua de riego

La calidad de agua de riego es otro de los factores singulares en la ecuación de éxito. La condición básica que debe presentar un 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 tendrá problemas sanitarios y nutricionales con el FVH (FAO, 2001).

2.6.5. El pH del agua de riego

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

El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5,5 y 6,0 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7,5 el resto de las semillas empleadas en la producción de FVH, no se comportan eficientemente por arriba de 7 para favorecer la disponibilidad y absorción de los nutrientes se recomienda que el pH de agua de riego sea de 5,5 a 6,5 (Vargas, 2015).

2.7. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico

2.7.1. Ventajas de FVH

Según Garduño (2011), se tiene las siguientes ventajas:

- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Independencia de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas en contra estación.
- Menos espacio y capital para una mayor producción.
- Ahorro de agua, que se puede reciclar.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Mayor precocidad de los cultivos.

- Contiene alto valor nutricional.

La FAO (2001), indica las siguientes ventajas:

- **Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca, 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 12% a 18%.
- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12.
- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales.
- **Inocuidad.** El FVH producido de acuerdo a las indicaciones que serán presentadas en este manual, representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos.
- **Costos de producción.** Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, que se presenta por su importancia en una sección específica del manual, revela que considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores.
- **Alianzas y enfoque comercial.** El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología.

2.7.2. Desventajas de FVH

Según García (2005), se tiene las siguientes desventajas:

- **Desinformación sobre la valoración de la tecnología:** a falta de capacitación en el comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂.
- **Costo de instalación elevado:** una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación para la producción.

La FAO (2001), indica las siguientes desventajas:

- **Desinformación y sobrevaloración de la tecnología:** proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema.
- **Costo de instalación elevado:** utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileños han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo microtúneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

2.8. Abonos orgánicos líquidos

Son el resultado del reciclaje biológico de desechos orgánicos vegetales o animales, transformándolos a través de la lombriz, compostaje por medio de capas superpuestas y volteos, o bien preparando bocashi y bioles, que son las formas más usadas en su elaboración. De acuerdo con los materiales que se utilice en su preparación, así será el porcentaje que tenga de elementos nutritivos para el cultivo, como de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, etc., pH neutro y además,

considerar la relación carbono/nitrógeno que manifiesten las mejores concentraciones de estos elementos (IICA, 2019).

El mismo autor menciona que los abonos orgánicos elevan la temperatura del suelo favoreciendo la formación y desarrollo de raíces, por tanto, mejora la nutrición de las plantas. La disminución de la materia orgánica en los suelos los vuelve fríos, los que afecta sus características físicas, químicas y biológicas.

2.8.1. Abonos orgánicos líquidos anaeróbicos (BIOL)

Los abonos orgánicos anaeróbicos permiten el aprovechamiento de los estiércoles de los animales siendo sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dando como resultado un fertilizante que contiene nitrógeno amoniacal, principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas), vitaminas y aminoácidos (Uribe, 2003).

2.8.2. Abonos orgánicos líquidos aeróbicos (AOLA)

El AOLLA es un abono orgánico líquido aeróbico, que se obtiene por la transformación microbial con presencia de oxígeno, a este proceso se denomina aolificación, por medio de este se obtiene sustratos pre humificados como el compost, humus, estiércol fermentado y abonos orgánicos sólidos. El abono AOLLA, por sus características físicas, químicas y biológicas presenta alto potencial para la producción agrícola, en forma de abono foliar, o biorriego, también como una fuente para la sanidad vegetal y como reforzador orgánico en la biorrecuperación de los suelos contaminados (Chilon, 2015).

2.8.3. Potencialidad de AOLLA

El AOLLA, es un nanoabono orgánico líquido aereóbico que provee a la planta y al suelo de nutrientes disponibles, hormonas, metabolitos, vitaminas, aminoácidos y microorganismos benéficos, que favorecen el crecimiento y desarrollo de cultivos, mejoran las cosechas, el control de plagas y enfermedades, recuperación de plantas afectadas por heladas y sequías y la revitalización de la vida microbial de los suelos. El AOLLA es un producto orgánico resultante de más de 20 años de investigación; su proceso histórico y sus resultados experimentales científicos (Chilon, 2015).

Cuadro 1. Características y contenido nutricional de AOLA

AOLA	PARÁMETROS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS							
	pH EPA 150,1	CE μS/cm	N total EPA 120,1 mg/l	Nitrato SM4500 NO ₃ B	P total EPA 365,2	Potasio EPA 258,1	Alcalinidad EPA 310,1 mg CaCO ₃ /l	Acidez EPA 305,1 mgCaCO ₃ /l
Muestra A155/18	7,7	2330 μS/cm	5,6 mg/l	<0,30 mg N-NO ₃ /l	78mg P-PO ₄ /l	490 mg/l	120 mg CaCO ₃ /l	< 2mg CaCO ₃ /l

Fuente: Chilon (2015)

2.9. El Cultivo de cebada como FVH

Según Tumiri (2018), la cebada es una especie de cultivo anual de la familia de las gramíneas, cultivado ampliamente en el Altiplano Norte y Altiplano Central, esto por su buena adaptabilidad a las zonas altas que tienen diversas condiciones climáticas a lo largo del año, tiene una densidad de siembra entre 80 – 120 kg/ha.

IICA (1982), indica que la cebada tiene como principal destino la alimentación animal tanto en grano como en verde para forraje. También es importante el uso industrial y es aquí donde se puede diferenciar a los dos tipos de cebada que son *Hordeum vulgare* o cebada forrajera *Hordeum distichum* o cebada cervecera.

2.9.1. Clasificación taxonómica

Según Tumiri (2018), la clasificación taxonómica de la cebada es:

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la cebada

Reino	Vegetal
División	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Angiosperma</i>
Orden	<i>Graminales</i>
Familia	<i>Graminae</i>
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Hordeum vulgare</i> L.

Fuente: Tumiri (2018)

2.9.2. Importancia del cultivo de cebada

Según Tumiri (2018), la cebada ocupa el cuarto lugar en el ámbito mundial en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz; se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura, la causa de que la cebada continúe siendo un cereal importante, debido a los diferentes usos que tiene y a la amplia adaptación ecológica como por ejemplo a la utilización en la alimentación animal y en la industria cervecera.

IICA (1982), indica que es una gramínea de gran valor por la calidad de su grano como la de su pasto y por los múltiples usos a que puede ser destinada. Si el destino es para pastoreo se la denomina “verde de invierno” junto con la avena, el centeno, el triticale, etc. Integrando un eslabón muy importante en la cadena tradicional de pastoreos (pastoreo directo, henificado y ensilado). Si se realiza el cultivo para producción de grano se la incluye en los cereales de invierno. Una tercera alternativa es la combinación de los usos anteriores, denominándose este manejo como “doble propósito” pastoreo y cosecha de granos.

2.9.3. Variedades lanzadas en Bolivia

De acuerdo IICA (1993), las variedades que han sido recomendadas a partir del año 1970 son las siguientes: Promesa-76 (CI 23). IBTA-80 (Grignon), Kochala-80 (Abyssinianplerci). Todas son exóticas con resistencia a la roya amarilla, a excepción de Promesa, cuya resistencia se quebró. El rendimiento de estas variedades a nivel del agricultor fluctúa de 1500 a 2000 kg/ha.

2.9.3.1. Características de la variedad capuchona (Monalisa)

La variedad Monalisa (capuchona), se caracteriza por carecer de barba o aristas por lo que puede ser consumida por el animal en cualquier estado de desarrollo fisiológico de la planta. La cebada capuchona Monalisa se puede cultivar en todo tipo de suelos con buenos rendimientos. y está lista para la cosecha de forraje, a los 60 a 70 días después de la siembra (SEFO, 2012).

2.9.3.2. Características de la variedad criolla

La palabra criolla quiere decir “autóctono o propio”. Entonces cuando se dice semilla criolla se hace referencia a las semillas adaptadas a nuestro entorno por un proceso de selección natural o manual de parte de los productores. Estas fomentan el retorno a la agricultura tradicional de autoconsumo, evitando el agotamiento de las tierras y pérdidas de la biodiversidad. Tienen la característica de producir descendencia fértil; es decir, de ellas se puede obtener semillas para la próxima siembra (Flores, 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

La comunidad de Cantapa se encuentra en el municipio de Laja de la Provincia Los Andes. El área de estudio geográficamente está comprendida entre los paralelos: 16° 65' 47" de Latitud Sur y 68° 55' 45" de Longitud Oeste a una elevación de 4264 msnm (Earth, 2022).



Figura 1. Localización del área de investigación (Earth, 2022)

3.1.2. Características Edafoclimáticas

3.1.3. Suelo

El municipio de Laja presenta suelos de tipo Asociación Cambízales – Leptosoles con inclusión fluvisoles, asociación Cambízales – Leptosoles con inclusión gleysoles, asociación Cambízales – leptosoles con inclusión luvisoles, asociación de gleysoles, asociación con inclusión de fluvisoles, asociación de regosoles con inclusión de fluvisoles y litoso (Arteaga, 2007).

3.1.4. Clima

En el municipio de Laja el clima dentro de la actividad agropecuaria en el sector, no es posible realizar actividades agrícolas durante la épocas de sequía, inclusive puede afectar a los cultivos protegidos (invernaderos) por las temperaturas extremas mínimas, el promedio de la temperatura alcanza 9°C., con un promedio máximas de 15°C y un promedio mínimas de -2°C (Arteaga, 2007).

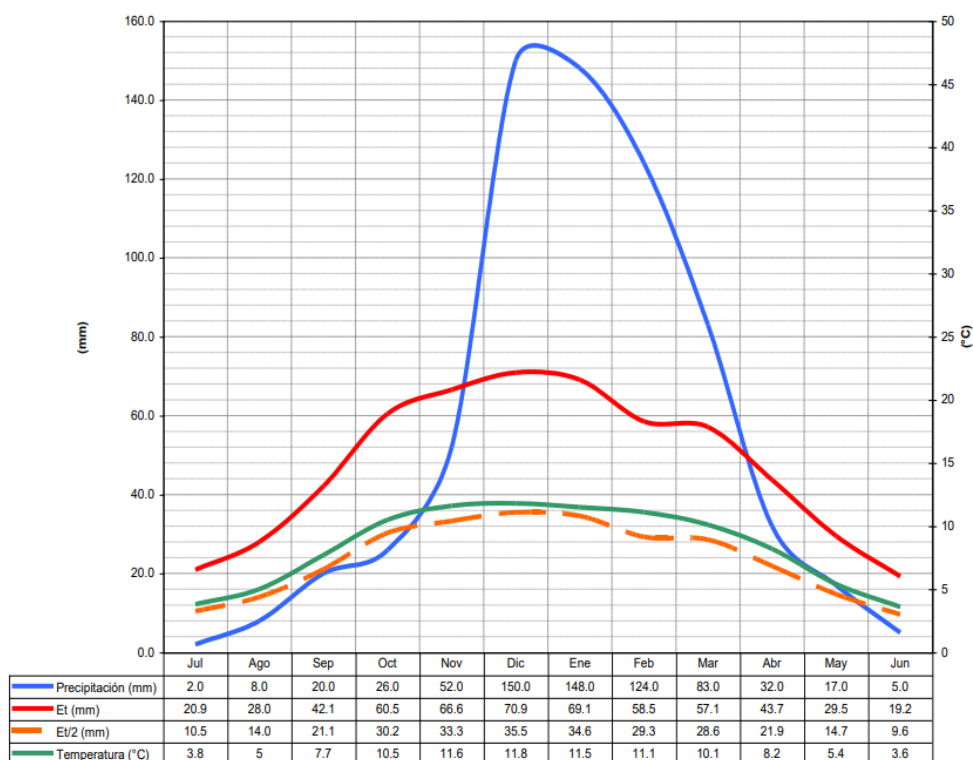


Figura 2. Datos de clima Kallutaca (Arteaga, 2007)

3.1.5. Precipitación pluvial

La precipitación en el municipio de Laja promedio anual alcanza los 667 mm, en los meses entre noviembre y marzo, si bien las primeras lluvias se registran en septiembre y pueden extenderse hasta abril. El promedio de precipitación máxima anual llega a los 911 mm. Y mientras que el promedio mínimo es de 404 mm (Arteaga, 2007).

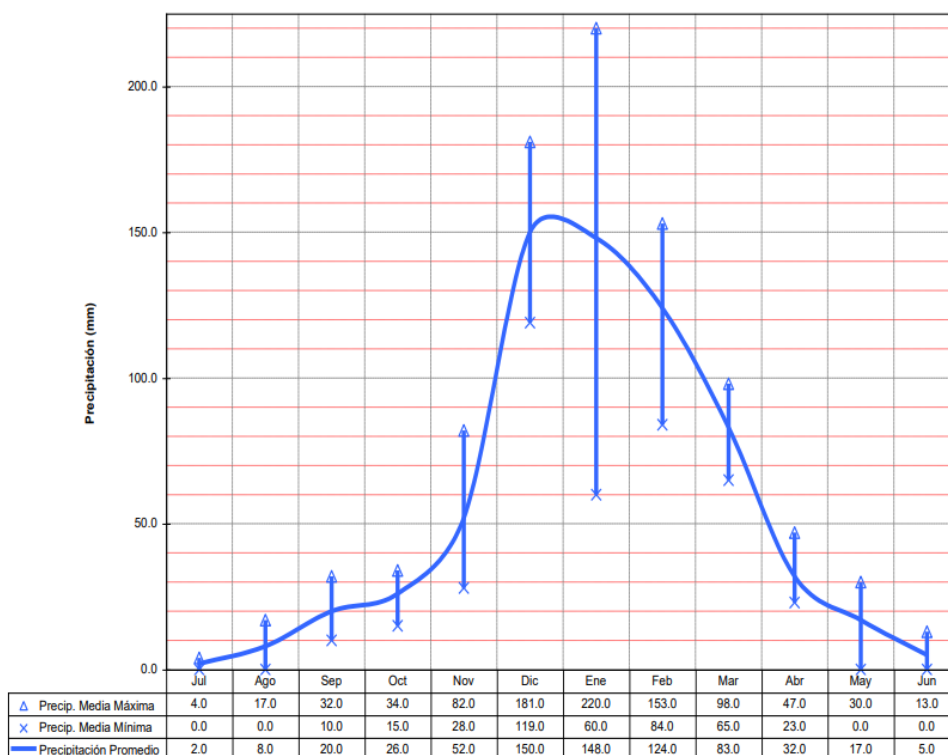


Figura 3. Datos de precipitación pluvial Kallutaca (Arteaga, 2007).

3.1.6. Vegetación

A nivel de municipio de Laja, la vegetación nativa en su gran mayoría es arbustiva y más que aun aprovechamiento en términos de volúmenes, se tiene una extracción selectiva con fines de uso doméstico (leña). En las serranías del municipio Laja la vegetación dominante son los pajonales de Chilliwa e Ichu Sicuya (*Stipa ichu*), arbustos de Añahuaya (*Adesmia miraflorensis*) y Kaylla (*Tetraglochin cristatum*); en las zonas más bajas se encuentran relictos de arbustos, sobre todo de la familia *Baccharis sp.* (Thola, Añawaya). En las cuevas y mesetas la vegetación con mayor presencia corresponde a pastos del tipo Chilliwas Porkeal y los Chijiales Sicuya (*Stipa ichu*), así mismo se encuentran Cebadillares, Ñaccka Tholares, Chilliwares, Kayllares, Añahuayas (Paz, 2019).

3.1.7. Fauna

Dentro del municipio Laja están los mamíferos más importantes, está el zorro (*Canis culapeus*), zorrino (*Conepatus chinga*), en liebre (*Orytalagus cuniculus*), de reciente aparición y que se ha convertido en una plaga principalmente de los granos, animales domésticos criados por las familias del sector y hortalizas (Arteaga, 2007).

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

Para la presente investigación se utilizó semilla certificada de cebada de la variedad capuchona (Monalisa), de la empresa productora de semilla forrajera SEFO del departamento de Cochabamba.

También se utilizó semilla de cebada de la variedad criolla procedente del municipio de Laja de la provincia Los Andes, comunidad Cantapa del departamento de La Paz.

3.2.2. Material de campo

- Bandejas de plástico de 0.52 m x 0.28 m x 6cm de alto, 24 unidades.
- Regadora de 3-5 L de capacidad.
- Balanza de 20 kg de capacidad.
- Plástico negro (para cámara de oscuridad).
- Balde de 10-20 L.
- Cinta adhesiva.
- Bidones de 10 L.
- 2 kg Clavos de 1".
- Malla semi sombra del 50%.
- Hipoclorito de sodio al 1% de concentración.

3.2.3. Material de gabinete

Entre los materiales de gabinete utilizados serán los siguientes: computadora, impresora, lápices, bolígrafos, cuaderno campo, memoria USB y hojas.

3.2.4. Material de investigación

- AOLA (Abono Orgánico Líquido Aeróbico), proveído por la planta de producción BIORECSA
- Termómetro de máximas, mínimas y medias (50° C).
- Regla metálica de 30 cm.
- Flexo.

3.3. Método

3.3.1. Método empleado

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizará las siguientes actividades:

3.3.1.1. Procedimiento experimental

- Se utilizó AOLA (abono orgánico líquido aeróbico).
- Las semillas fueron venteadas y pesadas.
- La semilla se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10ml en 1l de agua). Procurando que las semillas queden ser sumergidas en la solución por un tiempo de 1 minuto y 30 segundos, para posteriormente enjuagar con agua.
- Luego se realizó el remojo de las semillas por un tiempo de 24 horas.
- Posteriormente se escurrió la semilla para evitar el excedente de agua por 1 hora y se procedió a la siembra de las semillas, para la siembra se utilizó una densidad de 3.0 kg/m².
- Una vez germinado la semilla, el riego por aspersión foliar se realizó tres veces al día en los horarios de 09:00 am, 13:00pm y 17:00 pm.
- A partir del día de la siembra se realizó el registro de la temperatura y de la humedad hasta el día de la cosecha.
- La primera aplicación del AOLA se aplicó en forma de riego por aspersión, se realizó a partir del 6to día, hasta el día 16. La investigación propone tres niveles de aplicación.
- En el día 16 se realizó la cosecha del FVH, donde también se determinó el pesaje de rendimiento en materia verde de cada tratamiento.

3.3.2. Diseño experimental

El análisis de los datos de dosis de AOLA en cebada en 2 variedades se desarrollará mediante un Diseño Completamente al Azar con arreglo Bifactorial, de acuerdo a Ochoa (2016), el modelo lineal aditivo empleado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación de la variable de respuesta

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A variedad de cebada

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B dosis de AOLA

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor A variedades de cebada, con el j-ésimo nivel del factor B dosis de AOLA (interacción A x B)

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.3.3. Factores de estudio

Los factores en estudio fueron:

Factor A Variedades de cebada

a1 = variedad CAPUCHONA

a2 = variedad CRIOLLA

Factor B Niveles de Abono Orgánico Líquido Aeróbico AOLA

b0 = T0 (testigo)

b1 = Dosis de AOLA al 10% (T1)

b2 = Dosis de AOLA al 20% (T2)

b3 = Dosis de AOLA al 30% (T3)

3.3.4. Formulación de tratamientos

Los tratamientos que se formularon se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Formulación de tratamiento

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO
a 1 (CAPUCHONA)	b 0	a1b0	Variedad capuchona con solo agua, 100% de agua
	b 1	a1b1	Variedad capuchona con 10% de AOLA+90% de agua
	b 2	a1b2	Variedad capuchona con 20% de AOLA+80% de agua
	b 3	a1b3	Variedad capuchona con 30% de AOLA+70% de agua
b 2 (CRIOLLA)	b 0	a2b0	Variedad criolla con solo agua, 100% de agua
	b 1	a2b1	Variedad criolla con 10% de AOLA+90% de agua
	b 2	a2b2	Variedad criolla con 20% de AOLA+80% de agua
	b 3	a2b3	Variedad criolla con 30% de AOLA+70% de agua

3.3.5. Croquis del experimento

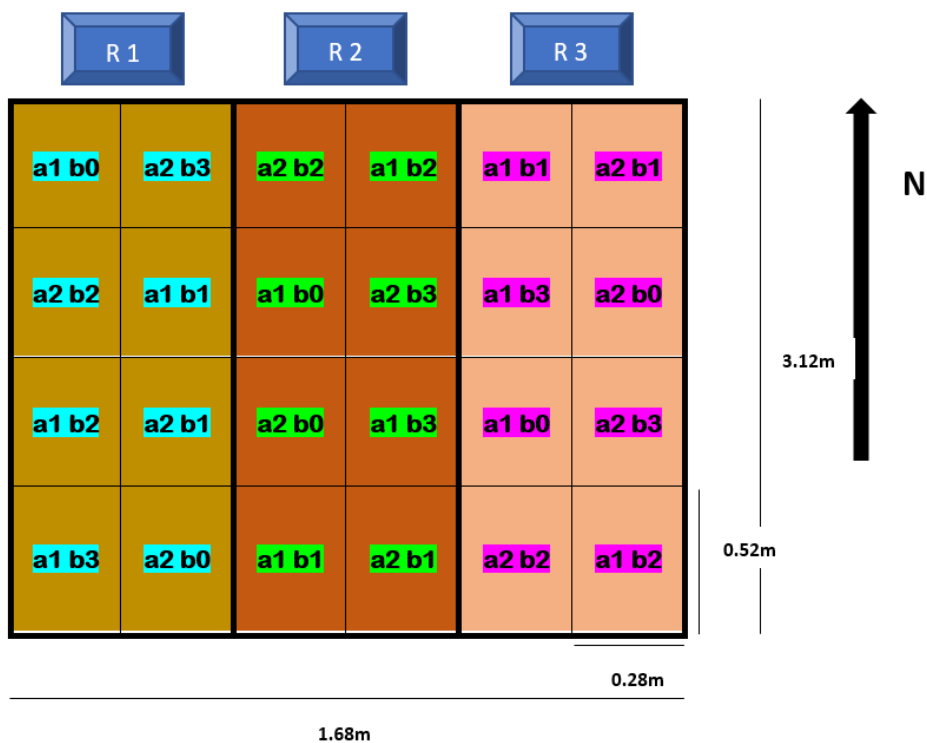


Figura 4. Croquis del experimento

3.3.6. Variables de respuesta

3.3.6.1. Altura de planta

Se seleccionó al azar plantas como muestra de cada bandeja, se midió desde el cuello hasta el ápice de la planta, expresada en centímetros, el instrumento que se utilizó para la lectura es una regla milimétrica.

3.3.6.2. Longitud de la raíz

Comprende la longitud de la raíz hasta la corona de la planta, esta medición se realizó al final de la investigación. Se tomó al azar plantas del área de muestra para la medición.

3.3.6.3. Número de raicillas

Se tomó al azar plantas de cada bandeja y se procedió a contar el número de raicillas y se registró en la planilla.

3.3.6.4. Rendimiento

- **Materia verde:** El rendimiento de materia verde se obtuvo luego de la cosecha del FVH, pesando el forraje directamente en la balanza registrando el peso del forraje de cada tratamiento.

3.3.6.5. Relación beneficio costo

La relación beneficio/costo, se estima dividiendo el valor actual de los ingresos totales netos sobre los beneficios netos entre el valor actual de los costos de inversión, si esta es mayor a uno (>1) es apropiada, si es igual a uno ($=1$) los ingresos son iguales a los costos y si es menor a uno (<1), existe con certeza perdidas en la actividad productiva (Garcia, 2019).

$$B/C=BB/CP$$

Donde:

B/C= Beneficio costo (Bs)

BB= Beneficios brutos (Bs)

CP= Costos de producción (Bs)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis y discusión de los resultados del efecto del AOLA sobre la producción de forraje verde hidropónico de cebada, se tomaron en cuenta todos los factores que influyeron en la producción del forraje verde, y que se presentan a continuación.

4.1. Comportamiento agroclimatológico del ambiente de producción de FVH

Las características agroclimatológicas que se tomaron en cuenta en la carpa solar de forraje verde hidropónico fueron la temperatura y la humedad relativa.

4.1.1. Temperaturas registradas en la producción de FVH

El registro de las temperaturas máximas y mínimas en la carpa solar se realizó con un termómetro, con la medición de temperaturas diarias, desde el día 1 hasta la cosecha día 16, como se observa en la Figura 5.

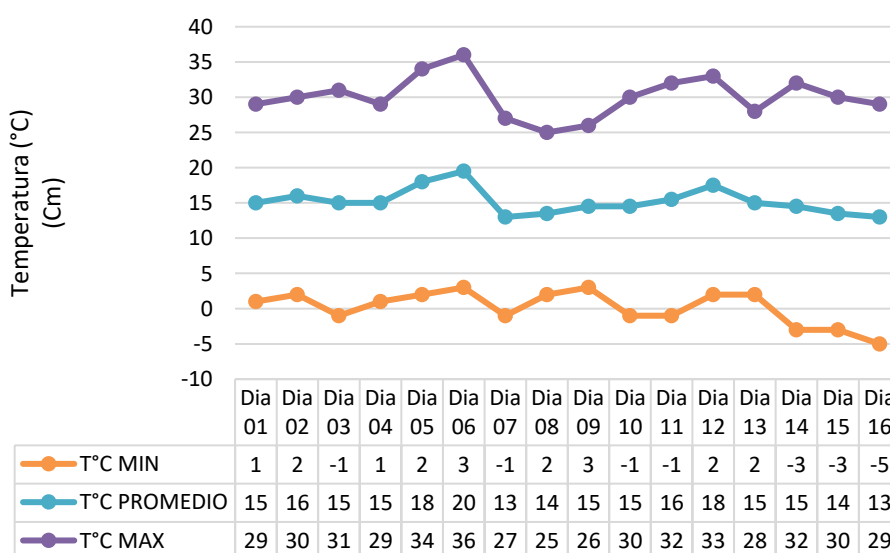


Figura 5. Temperaturas máximas, mínimas y promedio del interior de la carpa solar durante la investigación en la producción de FVH

Los registros de temperatura se realizaron todos los días del tiempo de estudio, desde la germinación hasta obtener la cosecha. Alcanzando temperaturas mínimas registradas de -5°C y la temperatura máxima de 36°C con un promedio de 15.18°C. Durante el desarrollo de las plantas las mayores temperaturas se registraron el día 6 posteriormente a partir del día 10 presentaron un ascenso de temperaturas hasta la cosecha que es favorable para la

producción de FVH, la temperatura más baja durante el desarrollo del cultivo se presentó los días 14, 15 y 16. A pesar de que se registró una temperatura baja no afectó en crecimiento de la altura de planta.

Asimismo Mejía y Vivas (2022), mencionan que un rango óptimo para la producción de forraje verde hidropónico oscila entre los 18 y 26°C para un buen desarrollo del cultivo. Por lo que recomiendan que exista un control en la regulación de la temperatura. Ya que esto le permitirá una buena germinación y crecimiento de los granos en el FVH.

4.1.2. Humedad relativa registrada durante la producción de FVH de cebada

Los datos obtenidos de humedad relativa de máximas y mínimas en la carpa solar se realizaron con un higrómetro que tiene incorporado junto con el termómetro, con la medición de humedad diaria, desde el día 1 hasta el día 16 (cosecha), se observa en la Figura 6.

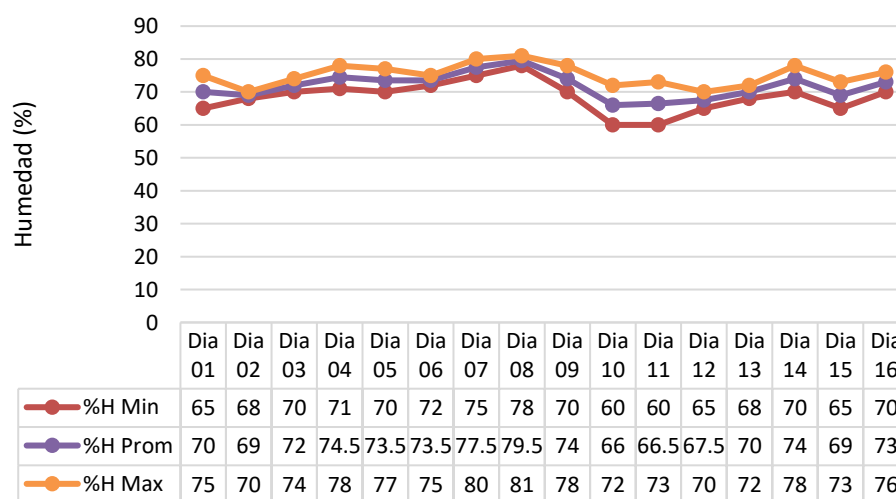


Figura 6. Humedad ambiental registradas en el ambiente hidropónico durante el periodo de estudio.

En la Figura 6, se observa que durante el estudio, la humedad relativa dentro del ambiente controlado presentó una humedad máxima por las mañanas con un promedio de 78% y una humedad mínima de 60% durante la tarde, donde la radiación solar llega directamente al área de estudio y teniendo una humedad media de 72%, cabe resaltar que en los días 10 y 11 presentó un descenso moderado de la humedad debido a que hubo un aumento de temperatura. Por tanto, se puede indicar que a pesar de algunas variaciones de humedad no tubo incidencia alguna, causando problemas al proceso de desarrollo de crecimiento de FVH.

De acuerdo con Flores (2019), menciona que datos de humedad superiores a 20% y menores a 80% no se tuvo problemas fitosanitarios y tampoco reporto problemas con la desecación del ambiente.

Teniendo en cuenta López (2005), recomiendan que la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 0%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios, debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos.

4.2. Efecto del AOLA sobre la producción de FVH de cebada

4.2.1. Altura de planta

Se evaluó al final de experimento midiendo la variable altura de planta, en el estudio fue medida en centímetros desde la parte corona hasta el ápice en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	1	1.76	1.76	3.23	0.0912
Dosis	3	304.08	101.36	185.25	0.0001 **
Var x Dosis	3	0.02	0.01	0.01	0.9984
Error	16	8.72	0.55		
Total	23	314.57			
CV (%)	4.34%				

() = Altamente significativo $P < 0.01$**

De acuerdo al Cuadro 4, se puede observar los resultados de análisis de varianza, se llegó a determinar que existe una diferencia altamente significativa en la dosis esto indica que al trabajar con diferentes niveles de dosis permite obtener diferentes alturas de la planta en el forraje verde hidropónico. El coeficiente de variación fue de 4.34 %, que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales. Permiten lograr diferentes alturas de planta por lo que se recomienda realizar la prueba de Duncan.

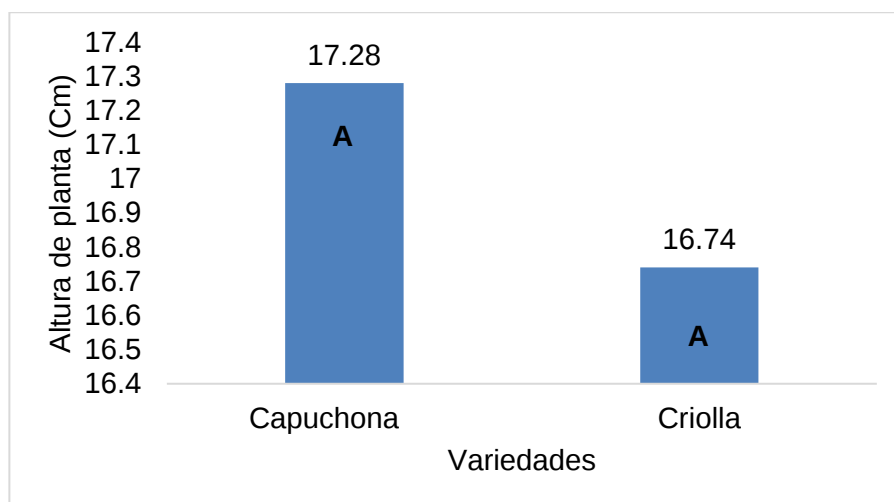
Cuadro 5. Prueba de Duncan para factor B (Dosis) altura de planta

Dosis de AOLA	Media (cm)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
b3	22.52	A
b2	17.77	B
b1	14.22	C
b0	13.54	C

La prueba de Duncan al 5% que se muestra en el Cuadro 5, se llegó a determinar que existen tres grupos diferenciados, el primero de ellos formado por la b3 (Dosis 30%) tiene el promedio de altura de planta más alto (promedio 22,52 cm); el segundo grupo formado por b2 (Dosis 20% = promedio de 17,77 cm). Finalmente, como último grupo de dosis está formado por el b1(Dosis 10%) y b0 (Dosis 0%) que presentaron una menor altura de planta los cuales fueron de 14.22cm y 13.54cm de altura de planta.

El efecto de b3 (dosis de AOLA 30%), en la altura de planta se debe a la calidad del AOLA ya que contiene mayor concentración de NPK, lo cual ayudó al desarrollo de la planta, asimismo estimuló a la planta a poder de absorber nutrientes lo cual fue favorable para obtener un mayor forraje verde. Por otro lado, las diferentes dosis de AOLA que tuvieron en menor cantidad debió a una menor concentración de asimilación de nutrientes.

Vega y Quispe (2006), mencionan que la producción de forraje verde hidropónico llega a su máximo crecimiento cuando las hojas alcanzan una altura entre 25 a 30 cm, y este es el parámetro para iniciar la cosecha del forraje verde hidropónico.

**Figura 7. Prueba de medias para factor A (Variedades) altura de planta**

La prueba de medias de la altura de planta Figura 7, muestra que ambas variedades se destacaron, alcanzando una altura en la variedad capuchona un promedio de 17.28 cm asimismo la variedad criolla alcanzó una altura promedio de 16.74 cm, el desarrollo de las dos variedades en la altura de planta fue paralelamente casi homogéneo, el buen manejo del ambiente teniendo temperatura ideal y humedad fue favorable para el desarrollo de forraje verde hidropónico como indica Garduño (2011), menciona que el crecimiento va dependiendo de las condiciones climáticas para obtener el forraje verde hidropónico (FVH) con una altura promedio de 20 a 25 centímetros.

Finalmente se aprecia en la Figura 8, los promedios donde se observa las diferencias de altura de planta de forraje verde hidropónico.

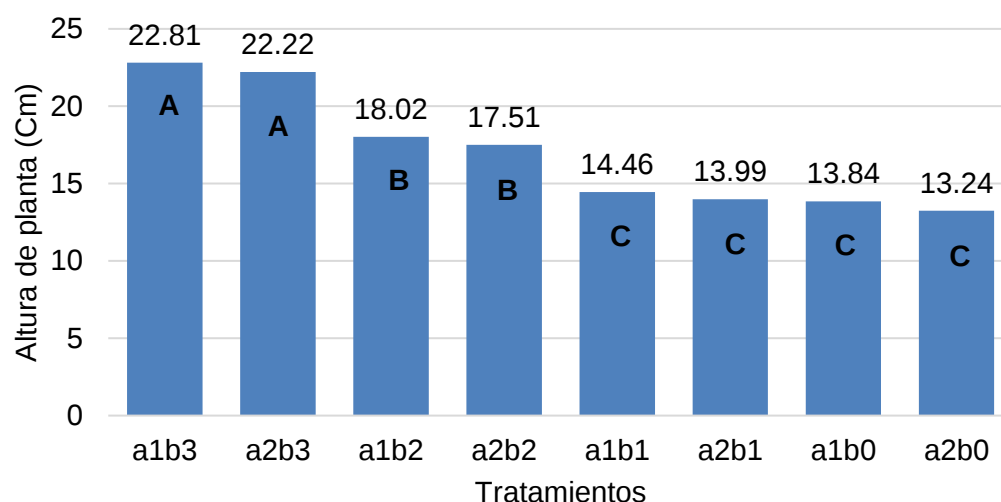


Figura 8. Promedios para Factor A x B (variedad x dosis) altura de planta

En la Figura 8, se puede observar que estadísticamente los resultados obtenidos de altura de planta de las dos variedades de cebada con las diferentes dosis de AOLA, el tratamiento que más se puede distinguir es la a1b3 (variedad capuchona – dosis 30%) con una altura de 22.81 cm y la menor altura a1b0 (variedad capuchona – dosis 0%) con 13.84 cm respectivamente, en la variedad criolla se puede apreciar el tratamiento a2b3 (variedad criolla – dosis 30%) con una altura de 22.22 cm y la menor altura a2b0 (variedad criolla – dosis 0%) con altura de 13.24 cm.

El crecimiento de la planta se debe al contenido de nutrientes que tiene el AOLA y a la absorción de nutrientes de cada variedad, coadyuvando con la buena temperatura y humedad que requiere el forraje verde hidropónico dentro de los 16 días de producción.

Según la investigación realizada por Pinto (2018), se observa el registro de datos de altura de planta en promedio tiene una altura de 16,28 cm en 15 días. Datos que muestran una diferencia con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio debido al tiempo de producción, dicha diferencia se debió al periodo de producción ya que en el presente trabajo se realizó la cosecha a los 16 días.

4.2.2. Largo de la raíz

Para esta variable se midió en centímetros, desde la corona del cuello de la planta hasta la finalización de la raíz.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el largo de raíz

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	1	22.72	22.72	14.11	0.0017 **
Dosis	3	25.57	8.52	5.3	0.0100 **
Var x Dosis	3	1.79	0.6	0.37	0.7750
Error	16	25.76	1.61		
Total	23	75.84			
CV (%)	10.84%				

() = Altamente significativo $P < 0.01$**

Como se observa en el Cuadro 6, el análisis de varianza para largo de raíz donde el P-valor es $< F$ Calculada, por cuanto se deduce que la investigación se llegó a determinar que existe una diferencia altamente significativa entre variedades de la misma manera podemos indicar con la diferentes dosis de AOLA y la interacción de ambos factores (variedad x dosis) no hubo diferencias significativas. El Coeficiente de Variación fue de 10.84 % lo cual indica que los datos están dentro de los parámetros estadísticos de aceptación ($< 30\%$) por tanto cabe mencionar que el manejo de las unidades experimentales fue confiable.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para Factor A (variedades) largo de raíz

Factor A (Variedad)	Media	Duncan ($\alpha = 5\%$)
a1	12.68	A
a2	10.73	B

La prueba de Duncan que se muestra en el Cuadro 7, presenta dos grupos diferentes de los cuales que la variedad a1 capuchona alcanzó una longitud de 12.68 cm y la a2 criolla con un valor inferior de 10.73 cm de longitud de la raíz.

Cuadro 8. Prueba de Duncan: Factor B (Dosis) para largo de raíz

Factor B (Dosis)	Media (cm)	Duncan ($\alpha = 5\%$)		
b3	13.03	A		
b2	12.35	A	B	
b1	10.96		B	C
b0	10.47			C

Según el Cuadro 8, la prueba de Duncan, llegó a determinar que existen tres grupos diferentes, el primero de ellos formado por la b3 (Dosis 30%) tiene el promedio de longitud de raíz más largo (promedio 13.03 cm); el segundo grupo formado por b2 y b1 donde se comportaron de forma similar y se registró (Dosis 20% y 10%= promedio de 12.35 cm y 10.96 cm); el tercer grupo formado por b0 (Dosis 10% = promedio 10.47 cm).

La b3 compuesto por 30% de AOLA y 70% de agua, presentó mejor largo de raíz, debido a que la b3 estimuló favorablemente al crecimiento de las raíces proporcionando un buen desarrollo de las raíces, coadyuvando con una buena humedad y temperatura y riego.

Según Choque (2015), indica que la formación de la raíz en las primeras etapas después de la germinación depende de las temperaturas y la frecuencia de riego, mientras exista un riego uniforme a lo largo del día la raíz tendrá mayor absorción del agua y nutrientes.

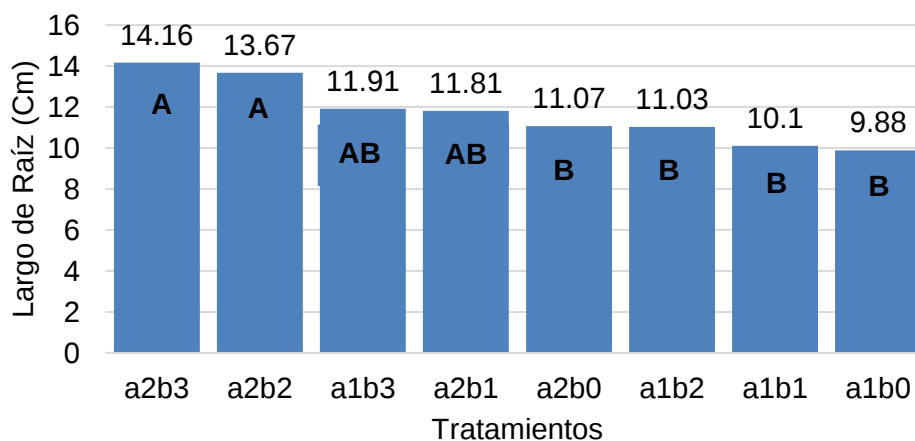


Figura 9. Promedios para Factor A x B (variedad x dosis) largo de raíz

En la Figura 9, se pueden observar los promedios de la longitud de raíz en las dos variedades con la aplicación de diferentes dosis de AOLA, el tratamiento que sobresale es a1b3 (variedad criolla – dosis 30%) con una longitud de 14,16 cm y en la variedad capuchona sobresale a1b3 (variedad capuchona – dosis 30%) con una altura de 11.91 cm.

El crecimiento de la raíz en el forraje verde hidropónico se debe probablemente al contenido de auxinas que las mismas contienen, aspecto que tiene mucha importancia en la iniciación y elongación radicular, asimismo la presencia de los nutrientes esenciales como NPK que contiene el AOLA que es muy importante en las raíces para la división celular. Como en otros tejidos, probablemente el tipo y la velocidad de crecimiento dependen no solo de la presencia de los nutrientes sino del balance y dando condiciones de buena temperatura, humedad y aireación de las bandejas.

Al respecto Flores (2019), en su investigación de aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) señala que se obtuvo una longitud de raíz de 12.52 cm con la dosis al 30% de AOLA.

4.2.3. Número de raicillas

Para esta variable fue contada y se tomó la planta al azar para contar el número de raicillas cuidadosamente.

Cuadro 9. Análisis de varianza de número de raicillas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	1	0.38	0.38	1.8	0.1984
Dosis	3	0.13	0.04	0.2	0.8948
Var x Dosis	3	0.13	0.04	0.2	0.9948
Error	16	0.33	0.21		
Total	23	3.96			
CV (%)	7.35%				

El análisis de varianza de la variable número de raicillas que se observan en el Cuadro 9. Se puede observar que no existen diferencias significativas respecto a las variedades y dosis. Por otra parte, el coeficiente de variación fue de 7.35 % lo que indica que los datos son confiables.

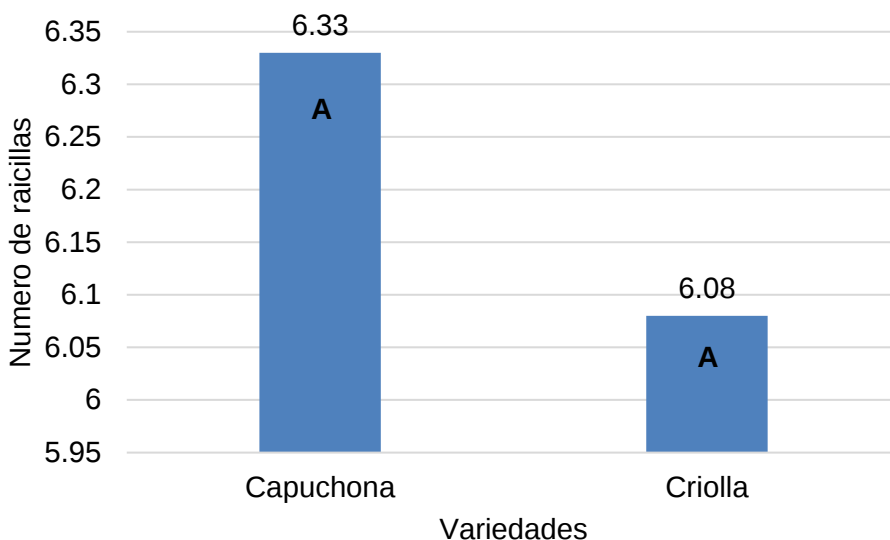


Figura 10. Promedios para el Factor A (Variedades) número de raicillas

De acuerdo a la prueba de medias Figura 10, se muestra que no existen diferencias significativas entre variedades capuchona y criolla, tanto como el primero obteniendo a la variedad capuchona con 6.33 raicillas, con respecto a la variedad criolla con un numero de 6.08 raicillas, viendo los resultados se debe a que ambas variedades absorbieron el agua aprovechando los nutrientes y así desarrollando homogéneamente el número de raíces en ambas variedades.

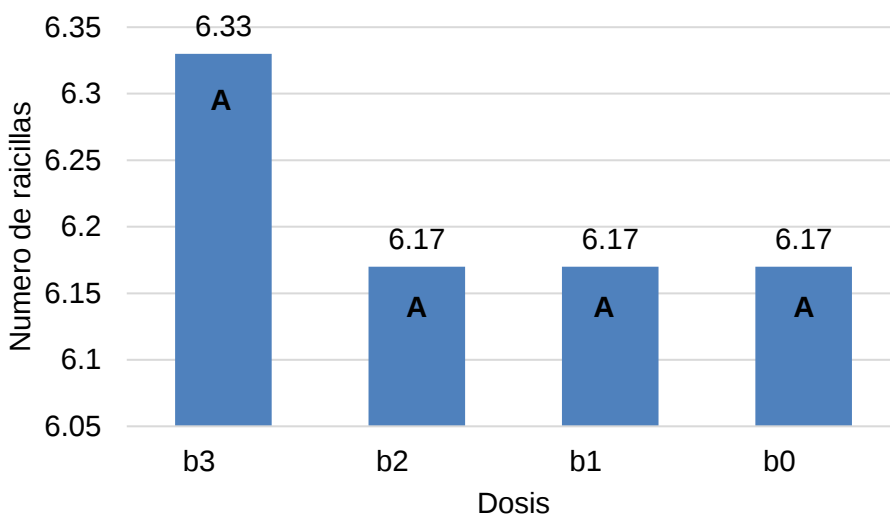


Figura 11. Promedios para Factor B (Dosis) número de raicillas

Los valores en el número de raicillas principalmente con los diferentes niveles de AOLA Figura 11, se aprecia que no existen diferencias significativas lo cual la b3 (dosis 30%) obtuvo un promedio de 6.33 raicillas, respectivamente la b2 (dosis 20%), b1 (dosis 10%) y b0 (dosis 0%) teniendo un promedio de 6.17 raicillas.

Viendo los resultados obtenidos el efecto de las diferentes dosis de AOLA, se debe a la asimilación y el aprovechamiento de nutrientes, el desarrollo de raíces fue de manera homogéneo lo cual podemos indicar, para el buen desarrollo de las raíces se coadyuvó con buen drenaje del excedente de riego en las respectivas bandejas, dejando que no haya ninguna incidencia de hongos y afecte a las raíces.

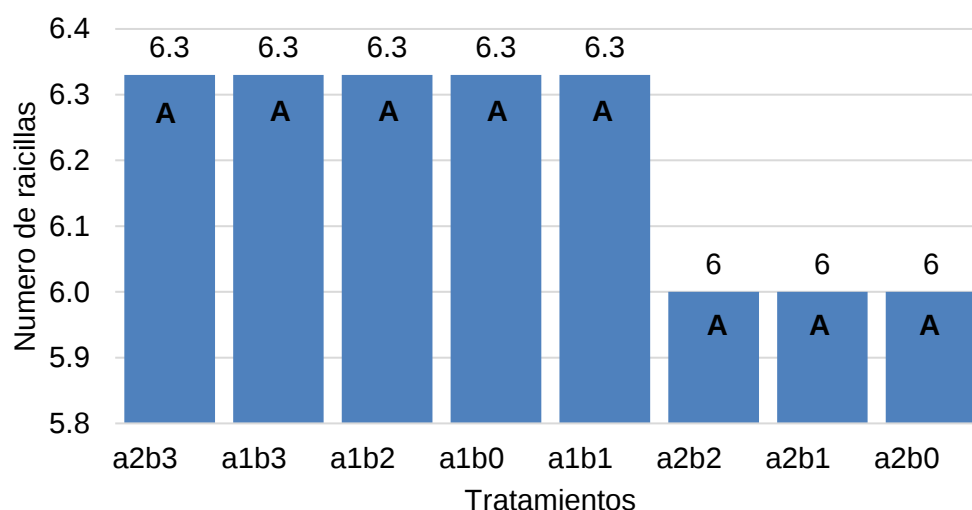


Figura 12. Promedios Para Factor A x B (variedad x dosis) número de raicillas

La comparación de promedios de número de raicillas se observa en la Figura 12, muestra que no existen diferencias significativas en las dos variedades con la aplicación de diferentes dosis de AOLA, el tratamiento a2b3 (variedad criolla – dosis 30%), a1b3, a1b2, a1b0 y a1b1 (variedad capuchona – dosis 30%, 20%, 0%, 10%) obtuvo un promedio de 6.3 raicillas, posteriormente los tratamientos a2b2, a2b1 y a2b0 (variedad criolla – dosis 20%, 10% y 0%) mostraron un promedio de 6 raicillas.

Los resultados obtenidos de las dos variedades con la aplicación de diferentes dosis de AOLA, se debe a la presencia de los nutrientes esenciales como NPK que contiene el AOLA que es muy importante en las raíces para la división celular y poder desarrollar mayor

número de raicillas. Estos resultados coinciden con la investigación de Flores (2019), quien determinó en su estudio realizado, los números de raicillas que se observó en los promedios número de raicillas de planta cuyos oscilan de 6 raicillas.

4.2.4. Rendimiento de materia verde de forraje verde hidropónico

El rendimiento del forraje verde hidropónico se determinó pesando el forraje fresco de cada bandeja, el cual fue expresado en kilogramos.

Cuadro 10. Análisis de varianza de rendimiento de materia verde

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	1	0.01	0.01	0.38	0.5469
Dosis	3	4.84	1.61	58.72	0.0001**
Var x Dosis	3	0.03	0.01	0.42	0.7417
Error	16	0.44	0.03		
Total	23	5.33			
CV (%)	6.45%				

() = Altamente significativo $P < 0.01$**

El rendimiento de materia verde Cuadro 10, de acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento de materia verde se deduce que en la investigación se llegó a determinar que no existe una diferencia significativa entre variedades; asimismo podemos indicar para diferentes dosis es altamente significativa y la interacción de ambos factores no hubo diferencias significativas. El Coeficiente de variación fue de 6.45 % lo cual indica que los datos están dentro de los parámetros estadísticos, por tanto cabe mencionar que el manejo de las unidades experimentales fue confiable.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para Factor B (dosis) rendimiento de materia verde

Factor B (Dosis)	Medias (Kg/0.15m ²)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
b3	3.18	A
b2	2.27	B
b1	2.35	C
b0	1.98	D

Según el Cuadro 11, se muestra la prueba de Duncan, donde se llegó a determinar que existen cuatro grupos diferentes, el primero de ellos formado por la b3 (Dosis 30%) tiene el promedio de rendimiento de materia verde (promedio 3.18 Kg; el segundo grupo formado por b2 (Dosis 20%) donde tiene un promedio de 2.27 Kg; el tercer grupo formado por b1 (Dosis 10%) alcanzando un promedio 2.35 Kg, finalmente se puede observar la b0 (Dosis 0%) teniendo un promedio de 1.98 Kg.

Las diferencias que existen entre la dosis tres (b3) con las otras dosis se debe principalmente a que existe mayor número de plantines y desarrollo de las raíces de cebada por bandeja, donde los rendimientos de las dosis b1, b2 y b0, son aceptables.

Claramente se puede apreciar con la aplicación de AOLA con una dosis de 30% y 70% de agua obtuvieron los mejores rendimientos. El AOLA ayuda de manera directa al crecimiento de las plantas porque contiene nutrientes que son aprovechados por la planta como ser el NPK que son esenciales para el buen desarrollo del cultivo.

Según Taboada (2022), menciona que el nitrógeno es uno de los componentes más importantes de los fertilizantes sintéticos debido a la estimulación que ejerce sobre el crecimiento rápido de las plantas. El nitrógeno también es un componente esencial de la clorofila que es el pigmento a través del cual las plantas transforman la energía solar, y desempeña un rol importante en los procesos metabólicos que utilizan y transfieren energía.

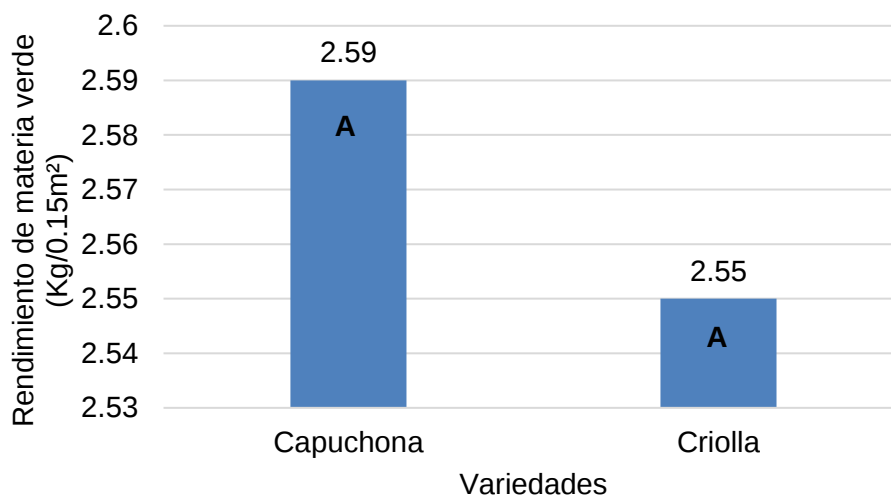


Figura 13. Promedios para Factor A (Variedades) rendimiento de materia verde

De acuerdo a la prueba de medias Figura 13, se muestra que no existen diferencias significativas entre variedades capuchona y criolla, tanto como el primero obteniendo a la

variedad capuchona con un promedio de 2.59 Kg/0.15m², con respecto a la variedad criolla con un promedio de 2.55 Kg/0.15m².

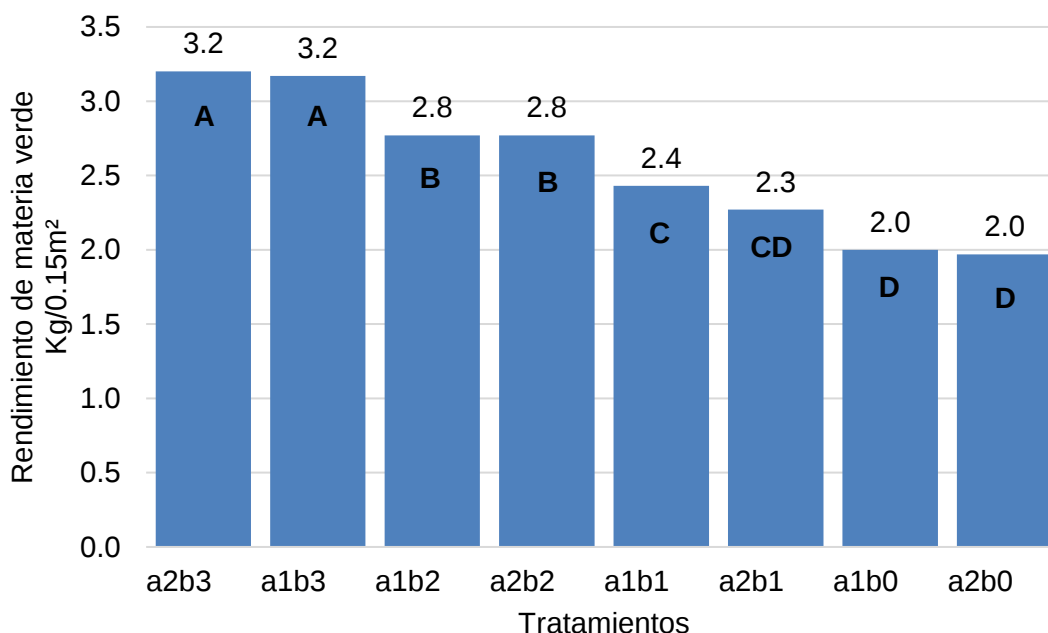


Figura 14. Promedios de Factor A x B (Variedad x Dosis) para rendimiento de materia verde

Se puede observar en la Figura 14, los promedios del rendimiento de materia verde, observando que el mejor rendimiento está en el tratamiento a2b3 (variedad criolla – dosis 30% de AOLA) que alcanzó un promedio de 3.2 Kg/0.15m² y que obtuvo menor rendimiento fue el tratamiento a2b0 (Variedad criolla – dosis 0% de AOLA) con un promedio de 2.0 Kg/0.15m², no obstante que la variedad capuchona también obtuvo mejores rendimientos y mostrando la calidad de forraje verde hidropónico.

Asimismo, Ralde (2000), encontró rendimientos mayores entre 3.2 a 8.9 kg/ m² a los encontrados en el presente trabajo.

Al respecto Flores (2019), en la investigación realizada, observó que los promedios de rendimiento de materia verde; el mejor rendimiento fue la variedad IBTA 80-dosis 10% de AOLA que alcanzo a un peso de 4,33 kg/0,25 m². Y el menor rendimiento en materia verde presenta el tratamiento variedad criolla-dosis 10% de AOLA con un peso promedio de 2,50 kg/0,25 m².

Por lo mostrado anteriormente, se asume que el mayor rendimiento registrado en el presente estudio se debe principalmente a la eficiencia y la facilidad de manejo del proceso

productivo de forraje verde hidropónico dando condiciones de una buena temperatura, humedad y drenaje de riego.

4.3. Efecto de AOLA sobre las características nutricionales del cultivo de cebada.

4.3.1. Contenido de Proteína

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de contenido de proteína del FVH que se realizó en el laboratorio de Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Cuadro 12. Análisis de FVH para proteína

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	PROTEINAS (%)
a1 (CAPUCHONA)	a1b0	9.95
	a1b3	10.09
a2 (CRIOLLA)	a2b0	10.20
	a2b3	10.40

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por GAMLP.

Como se observa en el Cuadro 12, se puede observar que el mayor valor de proteína presenta el tratamiento a2b3 (Variedad criolla – dosis de AOLA a 30%) con un valor de 10.40% de proteína y el menor valor se presenta en el tratamiento a1b0 (Variedad capuchona – dosis de AOLA 0%) con un valor de 9,95% de proteína. Al tener un alto valor proteico en FVH nos permite proporcionar los bloques de construcción necesarios para el crecimiento, desarrollo y reparación de tejidos en todos los animales y poder suplementar el forraje verde en época de estiaje debido a los escasos.

Flores (2019), en su investigación menciona que en el estudio realizado podemos observar que el mayor valor de proteína presentó la variedad criolla con dosis de AOLA al 0% con un valor de 12,15% de proteína y el menor valor que presentó en la variedad criolla con dosis de AOLA al 20% con un valor de 9,08% de proteína.

4.3.2. Contenido de Cenizas

Para la obtención de análisis de contenido de cenizas del forraje se realizó en el laboratorio de Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Cuadro 13. Análisis de FVH para cenizas

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	CENIZAS (%)
a1 (CAPUCHONA)	a1b0	2.81
	a1b3	3.03
a2 (CRIOLLA)	a2b0	3.40
	a2b3	3.49

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por GAMLP.

El porcentaje de ceniza que se observa en el Cuadro 13, se puede ver que los niveles de ceniza en los diferentes tratamientos el mayor valor se ve en el tratamiento a2b3 (Variedad criolla – dosis de AOLA al 30%) con 3.49% de ceniza. Mientras se observa el menor valor en el tratamiento a1b0 (Variedad capuchona – dosis de AOLA al 0%) con 2.81% de ceniza.

Los resultados coinciden con Calles (2005), quien registró datos del contenido de cenizas, valores que van desde 2.61 a 5.26% de cenizas, corroborando con esta investigación Ortega, (2004) registra valores que van desde 3.71 a 4.14%.

4.3.3. Contenido de Humedad

En el Cuadro 14, podemos observar el análisis de contenido de Humedad del forraje verde hidropónico que se realizó en el laboratorio de Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Cuadro 14. Análisis de FVH para humedad

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	HUMEDAD (%)
a1 (CAPUCHONA)	a1b0	76.26
	a1b3	78.45
a2 (CRIOLLA)	a2b0	77.00
	a2b3	77.72

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por GAMLP.

En el Cuadro 14, se puede observar los porcentajes de humedad; el mejor valor está en el tratamiento a1b3 (variedad capuchona-dosis 30% de AOLA) que alcanzo a un valor de 78.45%. Y el menor porcentaje de humedad presenta el tratamiento a1b0 (variedad capuchona-dosis 0% de AOLA) con un valor de 76.26% de humedad.

En su investigación Flores (2019), menciona que en el estudio realizado se puede evidenciar los porcentajes de humedad teniendo un resultado del mejor valor que fue la variedad IBTA 80 con la dosificación al 30% de AOLA alcanzó a un valor de 92.21%. Y el menor porcentaje de humedad presenta el tratamiento variedad IBTA 80-dosis 10% de AOLA con un valor de 80.17% de humedad.

4.3.4. Contenido de materia seca

Para el análisis de contenido de materia seca del FVH que se realizó en el laboratorio de Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Cuadro 15. Análisis de FVH para materia seca

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	MATERIA SECA (%)
a1 (CAPUCHONA)	a1b0	23.74
	a1b3	21.55
a2 (CRIOLLA)	a2b0	23.00
	a2b3	22.28

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por GAMLP.

En el Cuadro 15, se puede observar el porcentaje de materia seca en FVH, el cual llegó a tener un valor máximo de 23.74% de materia seca correspondiente al tratamiento a1b0 y el tratamiento a1b3 que alcanzo el mínimo valor entre los tratamientos.

Flores (2019), menciona que en la investigación realizada, se puede observar el contenido en porcentaje de materia seca en FVH, el cual llego a tener un valor máximo de 15.98% de materia seca correspondiente al tratamiento variedad IBTA80 – dosis 30% y el tratamiento criolla – dosis 30% que alcanzó el mínimo valor entre los tratamientos.

4.3.5. Contenido de materia orgánica

El Cuadro 16, muestra el valor de contenido de materia orgánica del forraje verde hidropónico que se realizó en el laboratorio de Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Cuadro 16. Análisis de FVH para contenido de materia orgánica

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA (%)
a1 (CAPUCHONA)	a1b0	97.19
	a1b3	96.97
b2 (CRIOLLA)	a2b0	96.60
	a2b3	96.51

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por GAMLP.

En el Cuadro 16, se puede observar que el tratamiento a1b0 presenta un valor más alto de 97.19% de materia orgánica y el menor valor es del tratamiento a2b3 de 96.51% materia orgánica.

Cantuta (2015), encontró valores similares que van desde 95% a 96.29% de materia orgánica.

4.4. Composición del AOLA utilizado en la producción de FVH

4.4.1. Descripción de las características del AOLA en base al Análisis Químico

En el Cuadro 17, los resultados del análisis del AOLA, demuestra los resultados obtenidos del análisis químico del AOLA que se realizó en el Instituto de Ecología, laboratorio de calidad ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés, detalladamente en el anexo 2.

Cuadro 17. Análisis Químico de AOLA

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO NAOLA
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	413
Conductividad eléctrica	uS/cm	1330
Fósforo total	mgP-PO ₄ /l	21
Nitrógeno total	mg/l	28
pH		7.9
Potasio	m/l	275

Elaboración: según resultados de los análisis realizados por LCA.

El análisis químico del abono líquido AOLA que se utilizó en el experimento Cuadro 17, muestra que presentó un pH de 7.9 que corresponde a una calificación de pH básico, para los cultivos es adecuado y sin ningún problema. La conductividad eléctrica es 1330 uS/cm

que sin embargo en la difusión que se realiza para su aplicación a la planta, su valor disminuye. El nitrógeno fue de 28mg/L; el fósforo fue de 21 mgP-PO₄/ L; el potasio tuvo 275 m / L; La alcalinidad total fue de 413 mg Ca CO₃/L. Estos valores dan cuenta que se trata de un abono orgánico líquido aeróbico de buena calidad y bastante adecuada para su uso de abono foliar.

Chilon (2015), señala que el abono AOLA, por sus características físicas, químicas y biológicas presenta un alto potencial para la producción agrícola, en forma de abono foliar, bio riego o riego - orgánico, también como una fuente de sanidad vegetal, y como reforzador orgánico en la biorrecuperación de suelos contaminados.

4.5. Relación beneficio costo

El Cuadro 18, muestra el análisis económico del trabajo de investigación con un monto 654 Bs, monto que se desglosa por cada tratamiento.

Cuadro 18. Beneficio/costo en la producción de forraje verde hidropónico

	VARIEDAD CAPUCHONA				VARIEDAD CRIOLLA			
	Dosis 0%	Dosis 10%	Dosis 20%	Dosis 30%	Dosis 10%	Dosis 10%	Dosis 20%	Dosis 30%
BENEFICIO	54	65.7	74.7	85.5	53.1	61.2	74.7	86.4
COSTOS	55.25	62.75	70.25	77.75	50.25	57.75	65.25	72.75
BENEFICIO/COSTO	0.98	1.05	1.06	1.10	1.06	1.06	1.14	1.19

De acuerdo al Cuadro 18, se puede verificar que la relación de B/C en los tratamientos con la variedad criolla, el valor más alto alcanzado fue el tratamiento a2b3 (variedad criolla – Dosis 30%) obteniendo mayor resultado de 1.19 respectivamente este resultado indica que de un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0.19 centavos de boliviano. Finalmente se puede observar que el tratamiento a1b0 (variedad capuchona – Dosis 0%) tuvo un valor inferior a cada boliviano invertido alcanzando un resultado de 0.98 centavos generando una pérdida de -0.02ctv. Estos valores indican que es rentable ya que los valores son mayores a 1 y que económicamente es factible trabajar con la variedad criolla con la dosificación al 30% de AOLA.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en la presente investigación, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- En cuanto a la evaluación de la variable altura de planta de forraje verde hidropónico observó diferencia significativa entre dosis; donde la b3 (Dosis 30%) mostró buenos resultados alcanzando una altura de 22.52 cm en 16 días, por tanto en la variable largo de raíz existen diferencias significativas entre variedades lo que indica que el AOLA influye significativamente en las dos variedades de cebada capuchona que presentó una longitud mayor con un promedio de 12.68 cm, superando a la variedad criolla con un promedio de 10.73 cm en 16 días, así mismo hubo diferencias significativas entre las dosis teniendo la b3 (dosis 30%) alcanzando buenos resultados con un promedio de 13.03 cm en 16 días. Finalmente para la variable de número de raicillas no existen diferencias significativas lo que indica que el AOLA no influye significativamente en las dos variedades de cebada capuchona y criolla.
- En cuanto al rendimiento en materia verde existe unas diferencias significativas entre las dosis, donde el tratamiento b3 (Dosis 30%) mostró buenos resultados en el rendimiento con un promedio de 3.18 kg/0,15 m² en 16 días. De acuerdo a las diferentes dosis aplicadas de AOLA en la producción de forraje verde hidropónico se pudo observar que hay una diferencia relativamente de b0 a b3 entre los niveles de dosis aplicada.
- Entre los parámetros de calidad nutricional que se obtuvo de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.), el más alto valor de materia orgánica es 97,19% este alcanzó el tratamiento a1b0 (Variedad capuchona – Dosis 0% de AOLA). El mayor valor de proteína es 10.40% que corresponde al tratamiento a2b3 (Variedad criolla – Dosis 30% de AOLA). El mayor contenido de ceniza es 3.49% alcanzó el tratamiento a2b3 (Variedad criolla – Dosis de 30% de AOLA). El alto contenido de humedad es 78.45% corresponde al tratamiento a1b3 (Variedad capuchona – Dosis 30% de AOLA), el mayor porcentaje de materia seca es de 23.74% alcanzó el tratamiento a1b0 (Variedad capuchona – Dosis 0% de AOLA). La variedad capuchona presenta los valores más altos de materia orgánica, humedad y porcentaje de materia seca, mostrando una mayor calidad de forraje para la alimentación de los animales, así también se puede observar

que el valor contenido rico en proteína y el contenido de ceniza se observa en la variedad criolla y se puede decir que es un forraje de calidad para alimentación de animales.

- El beneficio/costo en la producción de forraje verde hidropónico, determinó que el mejor tratamiento es a2b3 (Variedad criolla – Dosis 30%) con un B/C de Bs 1,19 seguido con el tratamiento a2b2 (variedad criolla – dosis 20%) con un B/C de Bs 1.14, son los que se debe tomar en cuenta ya que económicamente supera a los demás tratamientos porque muestra mayor rentabilidad; pero se debe tomar en cuenta que el costo de la semilla influye significativamente en los costos de producción.

6. RECOMENDACIONES

Ya concluido con el trabajo de investigación en base a los objetivos y resultados del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar la semilla criolla con la dosis de AOLA al 30% debido a que se mostró con resultados favorables tanto en la altura de planta, desarrollo radicular y un mayor número de raicillas. Asimismo tiene mejor rendimiento en materia verde y calidad nutricional ya que eso indica que es una gran alternativa en época de estiaje donde hay escases de forraje verde.
- La variedad capuchona con la dosis al 30% también mostró de los mejores resultados en el desarrollo, teniendo una homogeneidad en la altura de planta, largo de raíz y número de raicillas, y tiene un mejor rendimiento en materia verde.
- Se recomienda seguir con la investigación de la producción de Forraje Verde hidropónico con la aplicación de abonos orgánicos líquidos como es el caso del AOLA (Abono Orgánico Líquido Aeróbico) ya que hubo mejores resultados en el desarrollo de la planta, mejor rendimiento en materia verde y además rentable, por ello se recomienda aplicar más del 30% de AOLA.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arteaga, J. 2007. Gobierno Municipal de Laja. La Paz. Universidad Mayor de San Andres. 42 p. Consultado 20 Sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/17544/PG-2505.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Calles, D. 2005. Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (F.V.H) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero. Tesis Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 129 p. Consultado 20 Feb. 2024. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2858/1/17T0715.pdf>
- Callisaya, R. 2018. Efecto de tres alturas de bandeja y tres densidades de siembra sobre la producción de Forraje Verde Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la localidad de Viacha, del Departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 78 p.
- Cantuta, R. 2015. Efecto del abono orgánico líquido de humus en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 89 p. Consultado 20 Feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5840/T-2095.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chilon, E. 2015. Abono orgánico líquido aeróbico. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 5(1): 15. Consultado 28 Dic. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000100010
- Choque, V. 2015. Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 118 p.

Earth, G. 2022. Consultado 2 Dic. 2022.

FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Forraje Verde Hidropónico Santiago, Chile FAO. 54 p. en línea. Consultado 26 Nov. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>

Flores, S. 2019. Aplicación de Abono Orgánico Líquido Aeróbico en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en dos Variedades de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 109 p.

García, A. 2005. Efecto de Abonos Orgánicos en el rendimiento y la calidad del Forraje Verde Hidropónico. Tesis Ing. Agr. . Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 75 p. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1345/T15034%20GARCIA%20CRUZ%2C%20ANGELICA%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, J. 2019. Análisis de costos de producción de bovinos carne en el Municipio, San Buenaventura del Departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 95 p.

Garduño, F. 2011. Modelo de producción de Forraje Verde mediante Hidroponía. Tesis Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas. México. Instituto Politécnico Nacional. 124 p. Disponible en <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8314/1/Tesis%20MODELO%20DE%20PRODUCCION%20DE%20FV.pdf>

Gilsanz, J. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 32 p.

Gonzales, O. y Vaamonde, G. 2015. Cebada. 2 ed. Caracas, Venezuela, Fundación Empresas Polar. 49 p. en línea. Consultado 24 Feb. 2024. Disponible en <https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1280184/cebada.pdf>

- HydroEnvironment. 2018. Producción intensiva para forraje verde a través de la hidroponía. Mexico, Innovación agrícola. 12 p. en línea. Consultado 15 Sep. 2023. Disponible en https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=126
- IICA, (Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura). 1982. Cultivo de cebada (Doble propósito), análisis de costos y envaluación económica de una hectárea. 7 ed. Pedro Luro, Argentina, IICA. 84 p. en línea. Consultado 22 Sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/16082/CDAR21042000e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IICA, (Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura). 1993. Avena, Cebada y Triticale en el Cona Sur. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agropecuario del Cona Sur Procisur. 134. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/9841/BVE20057962e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IICA, (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura). 2019. Guía de elaboración de insumos orgánicos para una caficultura sostenible. Santo Domingo, República Dominicana, IICA. 53 p. en línea. Consultado 21 Sep. 2023. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/324295278.pdf>
- INTAGRI, (Instituto para la Innovación tecnológica en la Agricultura). 2014. Producción de forraje verde hidropónico. Universidad de Almería. 3 p.
- Izquierdo, J. 2003. Hidroponía simplificada. Santiago, Chile, FAO. 50 p. en línea. Consultado 22 Sep. 2023. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/BibliotecasdelMGAP/BibliotecaCentral/Boletines/B6Publicaciones/Hidroponia.pdf>
- Leija, R. 2007. Causas de la incidencia en enfermedades del forraje verde hidropónico. Tesis Maestría en Química Aplicada. SALTILLO, COAHUILA. Centro de Investigación en Química Aplicada. 57 p. Consultado 4 Feb. 2023. Disponible en

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/439/1/Rosa%20del%20Carmen%20Leija%20Casas.pdf>

López, L. 2005. Producción de Forraje Verde Hidroponico Tesis Maestria en Química Agrícola. Saltillo, Coahuila Centro de Investigación en Química Aplicada. 61 p. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>

López, R.;Murillo, B. y Rodriguez, G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. 34(2): 11. Consultado 21 Sep. 2023. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009

Mejía, W. y Vivas, J. 2022. Manual práctico para la elaboración de forraje verde hidropónico con invernadero no convencional. 35 ed. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. en línea. Consultado 19 Sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/4576/1/NL02V856.pdf>

Ochoa, R. 2016. Diseños Experimentales 2ed. La Paz, Bolivia, 386 p.

Paz, Y. 2019. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable Comunidad de Sequeri del Municipio de Laja. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 323 p.

Pinto, D. 2018. Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) en el centro experimental de Cota Cota. Tesis Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 79 p. Consultado 24 Sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20287/T-2623.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Quispe, J. y Sandy, W. 2013. Evaluación de cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*) para la producción de forraje en la Estación Experimental

- Toralapa. Revistas Científica de Investigación INFO - INIAF. 1(1): 5. Disponible en http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?lng=en&pid=S2308-250X2013000100011&script=sci_arttext
- Salvador, C. 2015. Cebada. Caracas, Venezuela, Fundación Empresas Polar. 49 p. en línea. Disponible en <https://bibliofep.fundacionempresaspoler.org/media/1280184/cebada.pdf>
- SEFO, (Empresa universitaria de semillas forrajeras). 2012. Cebada forrajera para los valles y el altiplano de bolvia. Cochabamba, 4 p. en línea. Consultado 22 Sep. 2023. Disponible en <http://www.sefosam.com.bo/pdf/cebada.pdf>
- Taboada, V. 2022. “Evaluación del Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*) en Sistemas de Alimentación durante el Crecimiento del Cuy (*Cavia porcellus*)”. Tesis Ing. Zoc. Lima, Peru. Universidad Nacional Agraria la Molina. 72 p.
- Tumiri, E. 2018. Comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos cortes con riego por aspersión con la aplicación de Biol bovino en Estación Experimental Choquenaira. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 150 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18565/T-2582.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, A. 2015. Rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor*) Y Cebada (*Hordeum vulgare*) bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico. Tesis Ingeniero agrónomo. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 83 p. Consultado 21 Sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5648/T-2058.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, R. y Quispe, W. 2006. Guia y manual tecnico de producción de forraje verde hidropónico en un modulo automatizado Primera ed. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andres, Ingenieria Industrial. 25 p. en línea. Disponible en <https://www.bivica.org/files/forraje-hidroponico.pdf>

8. ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto para la producción de forraje verde hidropónico

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C.U. (Bs)	Costo Total	a1b0	a1b1	a1b2	a1b3	a2b0	a2b1	a2b2	a2b3
Infraestructura												
Alquiler de carpa	Días	16	5	80	10	10	10	10	10	10	10	10
Material vegetal												
Semilla Capuchona	Kg	6	6	36	9	9	9	9				
Semilla Criolla	Kg	6	4	24					6	6	6	6
Materiales												
Bandejas de producción	unidad	24	3	72	9	9	9	9	9	9	9	9
Malla semisombra	m2	8	5	40	5	5	5	5	5	5	5	5
Nailon negro	m2	8	2.5	20	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Flexometro	unidad	1	10	10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Clavos	kg	1	10	10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Madera (liston)	unidad	12	6	72	9	9	9	9	9	9	9	9
Regadora	unidad	1	20	20	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Martillo	unidad	1	20	20	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Insumos												
AOLA	litros	18	6	108		7.5	15	22.5		7.5	15	22.5
Hipoclorito de sodio	litro	1	10	10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
TOTAL				522	55.25	62.75	70.25	77.75	50.25	57.75	65.25	72.75

Anexo 2. Resultado de análisis físico – química de AOLA

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 42/23

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN MUESTRA LIQUIDA A 42/23

Cliente: BIORECSA
 Solicitante: Ivan Apaza Huanca
 Dirección del cliente: Los Andes, Comunidad Cantapa
 Procedencia de la muestra: El Alto
 Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: Planta de producción BIORECSA
 Responsable del muestreo: Ivan Apaza Huanca
 Fecha de muestreo: 05 de mayo de 2023
 Hora de muestreo: 08:30
 Fecha de recepción de la muestra: 15 de mayo de 2023
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 15 al 24 de mayo de 2023
 Caracterización de la muestra: Solución NAOLA
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet 500 ml.
 Código LCA: 42- 1
 Código original: NAOLA

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	NAOLA 42- 1
Alcalinidad total	EPA 310.1	mg CaCO ₃ /l	5,0	413
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	μS/cm	1,0	1330
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO ₄ /l	0,010	21
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	28
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,9
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	275

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 26 de mayo de 2023



JCH/LCA

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 3. Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V1D0 (Variedad capuchona – 0% de dosis de AOLA).

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

DIRECCIÓN DE LABORATORIO MUNICIPAL

UNIDAD DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Nº 009669



CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO - TOXICOLÓGICO

Muestra: FORRAJE VERDE HIDROPONICO V1 D0 Propietario: IVAN APAZA HUANCA Tipo de envase y/o condiciones: BOLSA DE PRIMER USO Fecha y hora del muestreo: 20/8/2023 10:30	Dirección de procedencia de la muestra: COMUNIDAD CANTAPA Nombre del establecimiento: INVERNADERO Marca del producto: _____ Nro. de lote: _____ Fecha y hora de llegada al laboratorio: 22/8/2023 15:20	Cantidad de muestra: 117 g Acta de muestreo: No. 450/2023 Fecha de elaboración del producto: _____ Fecha de vencimiento del producto: _____ Fecha y hora de análisis: 23/8/2023 09:30
--	---	---

RESULTADO DEL ANÁLISIS:

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO			
PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PROTEÍNAS	NB 312053	%	9,95
CENIZAS	GRAVIMETRICO	%	2,81
HUMEDAD	GRAVIMETRICO	%	76,26
MATERIA SECA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	23,74
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	97,19

ENSAYO TOXICOLÓGICO

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

COLOR: VERDE CON BORDES EN LA PARTE SUPERIOR Y RAICES DE COLOR BEIGE	OLOR: PROPIO DEL PRODUCTO
	ASPECTO: HIERBA VERDE CON PRESENCIA DE SEMILLAS Y RAICES

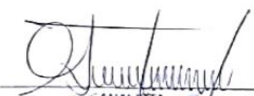
CALIFICACIÓN:

LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA

OBSERVACIÓN:

A SOLICITUD DEL INTERESADO

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

 ANALISTA ASISTENTE TÉCNICO DE LABORATORIO U.B. S.M.S.D. - G.A.M.L.P.		 JEFE DE LABORATORIO Ltc. Dina Lidia Viterrez C. JEFE DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS S.M.S.D. - G.A.M.L.P.
--	---	--

Fecha de emisión de resultados: 28 de AGOSTO de 2023

Anexo 4. Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V1D3 (Variedad capuchona – 30 % de dosis de AOLA).

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

DIRECCIÓN DE LABORATORIO MUNICIPAL
UNIDAD DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Nº 009670



CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO - TOXICOLÓGICO

Muestra: FORRAJE VERDE HIDROPONICO V1 D3 Propietario: IVAN APAZA HUANCA Tipo de envase y/o condiciones: BOLSA DE PRIMER USO Fecha y hora del muestreo: 20/8/2023 10:30	Dirección de procedencia de la muestra: COMUNIDAD CANTAPA Nombre del establecimiento: INVERNADERO Marca del producto: ----- Nro. de lote: ----- Fecha y hora de llegada al laboratorio: 22/8/2023 15:20	Cantidad de muestra: 195 g Acta de muestreo: No. 451/2023 Fecha de elaboración del producto: ----- Fecha de vencimiento del producto: ----- Fecha y hora de análisis: 23/8/2023 09:30
--	---	---

RESULTADO DEL ANÁLISIS:

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO			
PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PROTEINAS	NB 312053	%	10,09
CENIZAS	GRAVIMETRICO	%	3,03
HUMEDAD	GRAVIMETRICO	%	78,45
MATERIA SECA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	21,55
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	96,97

ENSAYO TOXICOLÓGICO	
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS: COLOR: VERDE CON BORDES EN LA PARTE SUPERIOR Y RAICES DE COLOR BEIGE OLOR: PROPIO DEL PRODUCTO ASPECTO: HIERBA VERDE CON PRESENCIA DE SEMILLAS Y RAICES	
CALIFICACIÓN: LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA	
OBSERVACIÓN: A SOLICITUD DEL INTERESADO	

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

 ANALISTA Lic. David V. García C. S.M.S.D. - G.A.M.L.P.		 Lic. David V. García C. S.M.S.D. - G.A.M.L.P.
---	--	---

Fecha de emisión de resultados: 28 de AGOSTO de 2023

Anexo 5. Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V2D0 (Variedad criolla – 0% de dosis de AOLA).

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

DIRECCIÓN DE LABORATORIO MUNICIPAL

UNIDAD DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Nº 009671



CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO - TOXICOLÓGICO

Muestra: FORRAJE VERDE HIDROPONICO V2 D0 Propietario: IVAN APAZA HUANCA Tipo de envase y/o condiciones: BOLSA DE PRIMER USO Fecha y hora del muestreo: 20/8/2023 10:30	Dirección de procedencia de la muestra: COMUNIDAD CANTAPA Nombre del establecimiento: INVERNADERO Marca del producto: _____ Nro. de lote: _____ Fecha y hora de llegada al laboratorio: 22/8/2023 15:20	Cantidad de muestra: 140 g Acta de muestreo: No. 452/2023 Fecha de elaboración del producto: _____ Fecha de vencimiento del producto: _____ Fecha y hora de análisis: 23/8/2023 09:30
---	---	---

RESULTADO DEL ANÁLISIS:

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO			
PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PROTEÍNAS	NB 312053	%	10,20
CENIZAS	GRAVIMETRICO	%	3,40
HUMEDAD	GRAVIMETRICO	%	77,00
MATERIA SECA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	23,00
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	96,60

ENSAYO TOXICOLÓGICO	
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:	
COLOR: VERDE CON BORDES EN LA PARTE SUPERIOR Y RAICES DE COLOR BEIGE	OLOR: PROPIO DEL PRODUCTO
ASPECTO: HIERBA VERDE CON PRESENCIA DE SEMILLAS Y RAICES	

CALIFICACIÓN:
LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA
OBSERVACIÓN:
A SOLICITUD DEL INTERESADO

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

 ANALISTA Lic. Juan Antonio Caceres ASISTENTE TÉCNICO DE LABORATORIO - LAB S.M.S. D - G.A.M.L.P.		 JEFE DE LABORATORIO Lic. Dina Liza Gutiérrez G. JEFE DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS S.M.S. D - G.A.M.L.P.
--	--	--

Fecha de emisión de resultados: 28 de AGOSTO de 2023

Dirección: Calle Díaz Romero, mercado Miraflores, piso 3 - Teléfono: 2 225265 Fax: (591-2) 2 225265

Anexo 6. Resultado de análisis físico – químico del tratamiento V2D3 (Variedad criolla – 30% de dosis de AOLA).

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

DIRECCIÓN DE LABORATORIO MUNICIPAL
UNIDAD DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Nº 009672



CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO - TOXICOLÓGICO

Muestra: FORRAJE VERDE HIDROPONICO V2 D3 Propietario: IVAN APAZA HUANCA Tipo de envase y/o condiciones: BOLSA DE PRIMER USO Fecha y hora del muestreo: 20/8/2023 10:30	Dirección de procedencia de la muestra: COMUNIDAD CANTAPA Nombre del establecimiento: INVERNADERO Marca del producto: ----- Nro. de lote: ----- Fecha y hora de llegada al laboratorio: 22/8/2023 15:20	Cantidad de muestra: 145 g Acta de muestreo: No. 453/2023 Fecha de elaboración del producto: ----- Fecha de vencimiento del producto: ----- Fecha y hora de análisis: 23/8/2023 09:30
---	--	--

RESULTADO DEL ANÁLISIS:

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO			
PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PROTEINAS	NB 312053	%	10,40
CENIZAS	GRAVIMETRICO	%	3,49
HUMEDAD	GRAVIMETRICO	%	77,72
MATERIA SECA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	22,28
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	DETERMINACIÓN INDIRECTA POR LA DIFERENCIA DE 100 EN %	%	96,51

ENSAYO TOXICOLÓGICO

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

COLOR: VERDE CON BORDES EN LA PARTE SUPERIOR Y RAICES DE COLOR BEIGE	OLOR: PROPIO DEL PRODUCTO
	ASPECTO: HIERBA VERDE CON PRESENCIA DE SEMILLAS Y RAICES

CALIFICACIÓN:

LOS RESULTADOS SE REFIEREN UNICAMENTE A LA MUESTRA

OBSERVACIÓN:

A SOLICITUD DEL INTERESADO

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

 Lic. Dina Vía Guerrero C. ASISTENTE TÉCNICO DE LABORATORIO - LAB S.M.S. D - G.A.M.L.P.		 Lic. Dina Vía Guerrero C. JEFE DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS S.M.S. D - G.A.M.L.P.
Fecha de emisión de resultados: 28 de AGOSTO de 20		

Dirección: Calle Díaz Romero, mercado Miraflores, piso 3 - Teléfono: 2 225265 Fax: (591-2) 2 225265

Anexo 7. Medición de altura de planta (cm)

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	TRATAMIENTO	MUESTRA	ALTURA DE LA PLANTA (cm)		
				REP 1	REP 2	REP 3
a 1 (CAPUCHONA)	b 0	T1	1	13.0	13.5	14.1
		T1	2	14.5	14.4	13.1
		T1	3	13.8	14	14.2
	b 1	T2	1	13.5	14.7	15.7
		T2	2	14.2	13.2	13.3
		T2	3	15.3	15.4	14.8
	b 2	T3	1	17.2	16.9	17.4
		T3	2	16.7	17.8	16.1
		T3	3	19.9	20.3	19.9
	b 3	T4	1	22.8	23.4	21.0
		T4	2	24.7	23.2	22.0
		T4	3	22.1	22.9	23.2
a 2 (CRIOLLA)	b 0	T5	1	12.9	13.0	12.8
		T5	2	13.9	13.8	13.7
		T5	3	12.2	12.9	14.0
	b 1	T6	1	14.1	13.9	14.2
		T6	2	14.0	14.1	14.0
		T6	3	13.9	13.7	14.0
	b 2	T7	1	17.1	17.0	17.4
		T7	2	17.2	18.2	18.1
		T7	3	18.7	16.9	17.0
	b 3	T8	1	23.5	20.7	22.0
		T8	2	21.0	22.7	23.2
		T8	3	22.1	21.9	22.9

Anexo 8. Medición de largo de raíz (cm)

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	TRATAMIENTO	MUESTRA	LARGO DE RAIZ (cm)		
				REP 1	REP 2	REP 3
a 1 (CAPUCHONA)	b 0	T1	1	7.0	7.9	10.4
		T1	2	12.2	6.0	8.7
		T1	3	14.2	12.5	10.0
	b 1	T2	1	7.9	7.0	12.1
		T2	2	12.1	13.9	8.7
		T2	3	9.4	9.1	10.7
	b 2	T3	1	11.1	15.0	10.9
		T3	2	5.0	8.2	14.5
		T3	3	8.7	13.5	12.4
	b 3	T4	1	13.3	13.9	10.1
		T4	2	12.2	7.8	12.0
		T4	3	14.0	12.0	11.9
a 2 (CRIOLLA)	b 0	T5	1	11.7	7.0	10.1
		T5	2	12.5	14.1	11.0
		T5	3	11.0	13.2	9.0
	b 1	T6	1	14.0	11.1	13.5
		T6	2	12.0	10.5	12.1
		T6	3	11.1	10.0	12.0
	b 2	T7	1	13.0	14.0	13.2
		T7	2	14.0	13.0	14.2
		T7	3	14.5	12.0	15.1
	b 3	T8	1	15.1	15.0	13.0
		T8	2	14.0	14.1	14.0
		T8	3	13.5	13.0	15.7

Anexo 9. Registro de número de raicillas

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	TRATAMIENTO	MUESTRA	NUMERO DE RAICILLAS		
				REP 1	REP 2	REP 3
a 1 (CAPUCHONA)	b 0	T1	1	7	7	5
		T1	2	6	7	7
		T1	3	6	6	7
	b 1	T2	1	6	5	6
		T2	2	5	7	6
		T2	3	7	7	6
	b 2	T3	1	5	6	7
		T3	2	7	6	7
		T3	3	6	7	5
	b 3	T4	1	6	7	7
		T4	2	6	6	7
		T4	3	7	6	6
a 2 (CRIOLLA)	b 0	T5	1	5	7	6
		T5	2	6	6	6
		T5	3	6	6	7
	b 1	T6	1	6	6	7
		T6	2	5	7	6
		T6	3	5	6	6
	b 2	T7	1	6	6	7
		T7	2	6	5	6
		T7	3	6	6	6
	b 3	T8	1	7	7	6
		T8	2	6	6	6
		T8	3	5	6	7

Anexo 10. Datos de Temperatura obtenidos durante la investigación en °C.

TEMPERATURA (°C): MAXIMA, MINIMA Y PROMEDIO (MES AGOSTO-2023)

DIA	TEMPERATURA °C		TEMPERATURA PROMEDIO °C
	T° MINIMA	T° MAXIMA	
1	1	29	15.0
2	2	30	16.0
3	-1	31	15.0
4	1	29	15.0
5	2	34	18.0
6	3	36	19.5
7	-1	27	13.0
8	2	25	13.5
9	3	26	14.5
10	-1	30	14.5
11	-1	32	15.5
12	2	33	17.5
13	2	28	15.0
14	-3	32	14.5
15	-3	30	13.5
16	-5	29	13.0

Anexo 11. Datos de Humedad Relativa (°H); obtenidos durante la investigación.

HUMEDAD (°H): (Mes Agosto – 2023)

DIA	HUMEDAD RELATIVA		PROMEDIO % HR
	% HR MINIMA	% HR MAXIMA	
1	65	75	70.0
2	68	70	69.0
3	70	74	72.0
4	71	78	74.5
5	70	77	73.5
6	72	75	73.5
7	75	80	77.5
8	78	81	79.5
9	70	78	74.0
10	60	72	66.0
11	60	73	66.5
12	65	70	67.5
13	68	72	70.0
14	70	78	74.0
15	65	73	69.0
16	70	76	73.0

Anexo 12. Armado del estante de soporte para las bandejas.



Anexo 13. Pesado, quita de impurezas, desinfección con hipoclorito de sodio y remojo de semilla por 24 horas



Anexo 14. Desinfección de bandejas y siembra de semilla en cada bandeja



Anexo 15. Puesto en cámara oscura para acelerar la germinación de las semillas



Anexo 16. Germinación y crecimiento de la cebada





Anexo 17. Crecimiento de FVH



Anexo 18. Cosecha de FVH