

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**“EFECTO DE NIVELES Y COLORES DE COBERTURA EN LA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA
(*Hordeum vulgare L.*) CULTIVAR CENTENARIO BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO EN HUARAZ”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO**

PRESENTADA POR:

Bach. Pozo Espinoza, Rossell Hugo

ASESOR:

Dr. Camones Carrillo, Raymundo Peñaforte

Huaraz – Perú

2022



Índice

Acta de Aprobación de Tesis.....	ii
Acta de Sustentación de Tesis	iii
Índice	iv
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras	viii
Índice de Anexos	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
II. Marco Teórico	3
2.1. Antecedentes Bibliográficos	3
2.2. Bases Teóricas.....	5
2.2.1. Hidroponía	5
2.2.2. Forraje Hidropónico.....	5
2.2.3. Requerimientos Ambientales	8
2.2.4. Proceso Productivo del Forraje Hidropónico.....	9
2.2.5. Luz	12
2.2.6. Luz en Forraje Hidropónico.....	13
2.2.7. Intensidad de Luz.....	14
2.2.8. Medición de la Luz	14
2.2.9. Unidades Lux	14
2.2.10. Efectos de la Intensidad Luminosa	14

2.2.11.	Fotoreceptores.....	15
2.3.	Formulación de la Hipotesis.....	17
2.4.	Operacionalición De Variables	18
III.	Materiales y Métodos	19
3.1.	Materiales.....	19
3.1.1.	Material Biologico	19
3.1.2.	Materiales de Invernadero.....	19
3.1.3.	Equipos	20
3.1.4.	Materiales de Escritorio	20
3.2.	Métodos.....	20
3.2.1.	Tipo de Investigación.....	20
3.2.2.	Diseño de la Investigación	20
3.2.3.	Población y Muestra	23
3.2.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	23
3.2.5.	Técnicas de Procesamiento Y Analisis De Datos	24
3.2.6.	Parametros Evaluados	25
3.3.	Procedimiento de la Investigación	26
3.3.1.	Condiciones Climáticas	26
3.3.2.	Características del Agua de Riego	27
3.3.3.	Luz Visible.....	28
3.3.4.	Manejo del Experimento.....	28
3.3.5.	Evaluaciones	32
IV.	Resultados y Discusión.....	33
4.1.	Resultados	33
4.1.1.	Rendimiento de Biomasa Fresca.....	33
4.1.1.1.	Propiedades del Forraje Verde Hidroponico.....	34

4.1.2. Análisis Económico	38
4.2. Discusión.....	39
V. Conclusiones.....	42
VI. Recomendaciones	43
VII. Bibliografía	44
ANEXOS	50



Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de las variables en estudio.....	18
Tabla 2: Valores de evaluación de calidad de semillas de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).	19
Tabla 3: Factores e interacciones en estudio.	21
Tabla 4: Tratamientos de la investigación.....	21
Tabla 5: Análisis de varianza generalizado para un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3x2 (Vásquez, 2013).....	25
Tabla 6: Resultado e interpretación de análisis de agua de riego (UNASAM, 2019).....	27
Tabla 7: Medias de registro de luz visible (lux) durante el experimento.	28
Tabla 8: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha).....	33
Tabla 9: Prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha) según colores.....	33
Tabla 10: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha).....	35
Tabla 11: Análisis de varianza para contenido de cenizas (%)	36
Tabla 12: Análisis de varianza para contenido de proteína cruda (%)	37
Tabla 13: Análisis económico de los tratamientos en estudio.....	39
Tabla 14: Datos de contenido de materia seca.....	50
Tabla 15: Datos de contenido de cenizas.....	50
Tabla 16: Datos de rendimiento.....	51
Tabla 17: Reporte de termohigrómetro del invernadero.....	54
Tabla 18: Análisis económico del tratamiento 1.	59
Tabla 19: Análisis: económico del tratamiento 2.	60
Tabla 20: Análisis económico del tratamiento 3.	61
Tabla 21: Análisis económico del tratamiento 4.	62
Tabla 22: Análisis económico del tratamiento 5.	63
Tabla 23: Análisis económico del tratamiento 6.	64
Tabla 24: Registro evaluación de luz visible según tratamientos.....	65

Índice de Figuras

Figura 1: Unidad de Experimental.	22
Figura 2: Unidad de análisis y muestra	22
Figura 3: Croquis del área experimental.	23
Figura 4: Semillas de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) usadas en el experimento.	29
Figura 5: Siembra de las semillas en fase oscura	30
Figura 6: Crecimiento de las semillas de cebada en fase luminosa.....	31
Figura 7: Lavado del forraje verde hidropónico.....	31
Figura 8: Cosecha del forraje verde hidropónico del experimento.	32
Figura 9: Preparación de muestras para laboratorio.	32
Figura 10: Medias para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha).....	34
Figura 11: Medias para materia seca (%) según color, nivel de sombra y tratamientos. ...	35
Figura 12: Medias para contenido de cenizas (%) según color, nivel de sombra y tratamientos.	36
Figura 13: Medias para contenido de proteína cruda (%) según color y nivel de sombra.	37
Figura 14: Medias para contenido de proteína cruda (%) según tratamientos.	38
Figura 15: Resultados de análisis de contenido de proteína cruda.	52
Figura 16: Resultados de análisis de agua usado en el experimento.	53
Figura 17: Siembra de forraje verde hidropónico.....	55
Figura 18: Vista del módulo de producción de forraje verde hidropónico.....	55
Figura 19: Forraje verde hidropónico en inicio de fase luminosa.	56
Figura 20: Medición de intensidad lumínica con luxómetro.....	56
Figura 21: Visita del patrocinador y presidente del jurado de tesis.	57
Figura 22: Forraje cosechado previa a la evaluación.	57
Figura 23: Obtención de muestras para análisis en laboratorio.....	58
Figura 24: Muestras para ser analizadas en laboratorio.	58

Índice de Anexos

Anexo 1: Base de datos de parámetros evaluados.....	50
Anexo 2: Panel fotográfico.	55
Anexo 3: Análisis económico según tratamientos.	59
Anexo 5: Evaluación de luz visible.....	65

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes niveles y colores de cobertura en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de invernadero en Huaraz, se desarrolló la presente investigación, mediante un experimento, con diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial de 2X3, contando con seis tratamientos y tres bloques. Disponiendo un total de 18 unidades experimentales. Se estudiaron tres colores de sombra (negro, verde y rojo) y dos niveles de sombra por cada color (50% y 80%). Los parámetros evaluados fueron rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha), contenido de materia seca (%), cenizas (%), proteína cruda (%) y la rentabilidad económica de cada tratamiento.

Se determina que el nivel de cobertura de 50% genera un mayor rendimiento con 229.154 Ton/ha, mientras que el color de cobertura verde permite un mayor rendimiento significativo con 236.954 Ton/ha, seguido de la cobertura roja con 226.216 Ton/ha. El tratamiento de cobertura verde con 50% es el que mayor rendimiento genera con un valor de 24.28 Ton/ha. Por otro lado, se evidencia que un nivel de sombra al 50% genera un mayor contenido de materia seca con 10.36%, mientras que un nivel de sombra al 80% genera un mayor contenido de cenizas y proteína cruda con 4.356 % y 11.253 %, respectivamente. Puntualmente, se observa que el color verde genera un mayor contenido de materia seca, cenizas y proteína cruda con valores de 10.424 %, 4.613% y 11.356 % respectivamente.

El tratamiento con cobertura verde al 50% genera mayor contenido de materia seca con 11.13%, mientras que el tratamiento verde al 80% genera mayor contenido de cenizas con 5.05%, el tratamiento negro al 80% genera un mayor contenido de proteína cruda con 11.434%, seguido por el tratamiento verde al 50% con 11.427%. Todos los tratamientos en estudio tienen una rentabilidad positiva superior al 18.5%, siendo el tratamiento 3, correspondiente a la cobertura verde con 50%, el que genera mayor rentabilidad con 25.1%.

Palabras clave: Forraje, hidropónico, colores, niveles, sombra.

Abstract

With the objective of evaluating the effect of different levels and colors of coverage in the production of hydroponic green forage of barley (*Hordeum vulgare* L.) under greenhouse conditions in Huaraz, the present investigation was designed, through an experiment, with a block design. completely randomized (DBCA), with a 2X3 factorial arrangement, with six treatments and three blocks per treatment. Arrange for the case with a total of 18 experimental units. Three shade colors (black, green, and red) and two shade levels for each color (50% and 80%) were studied. The parameters evaluated were fresh biomass yield (Ton/ha), dry matter content (%), ashes (%), crude protein (%) and the economic profitability of each treatment.

It is determined that the 50% coverage level generates a higher yield with 229,154 Ton/ha, while the green coverage color allows a significant higher yield with 236,954 Ton/ha, followed by the red coverage with 226,216 Ton/ha. The green cover treatment with 50% is the one that generates the highest yield with a value of 24.28 Ton/ha. On the other hand, it is evident that a shade level of 50% generates a higher dry matter content with 10.36%, while a shade level of 80% generates a higher content of ashes and crude protein with 4.356% and 11.253%, respectively. Specifically, it is observed that the green color generates a higher content of dry matter, ashes and crude protein with values of 10.424%, 4.613% and 11.356% respectively.

The 50% green cover treatment generates a higher dry matter content with 11.13%, while the 80% green treatment generates a higher ash content with 5.05%, the 80% black treatment generates a higher crude protein content with 11.434 %, followed by the green treatment at 50% with 11.427%. All the treatments under study have a positive return of more than 18.5%, being treatment 3, corresponding to the green cover with 50%, the one that generates the highest return with 25.1%.

Keywords: Forage, hydroponic, colors, levels, shade.

I. Introducción

Las inclemencias climáticas hacen que el alimento escasee en épocas invernales, o que sea necesario suplementar al ganado en épocas críticas de manejo. En este contexto, la producción de forraje verde hidropónico, es una alternativa tecnológica de amplio uso y difusión mundial (Birgi, Gargaglione, y Utrilla, 2018). Entre las ventajas que presenta el forraje hidropónico, se puede decir que permite un suministro constante durante todo el año, se pueden emplear terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades (Mooney, 2002).

En la región, diversos proyectos de apoyo a los productores, ejecutados por entidades estatales, han venido transfiriendo esta tecnología a pequeños productores. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se logra los rendimientos esperados, debido a la falta de conocimiento técnico de los requerimientos y procesos. Por ello se considera necesaria la realización de diversos trabajos de investigación tendientes a la generación de un paquete tecnológico acorde a las condiciones ambientales de las distintas regiones y a las condiciones socioeconómicas de los pequeños y medianos productores (Sánchez, Moreno, Contreras, & Morales, 2013); donde generalmente realizan esta práctica en ausencia de invernaderos. Por tanto, conviene estudiar los efectos de la usencia o presencia de luz en la producción de forraje hidropónico.

Al respecto Juárez y otros (2013), indican que en ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, y, en consecuencia, en el rendimiento final. En términos generales, un invernadero con cubierta plástica que proporcione 50 % de sombreo es suficiente para la producción de forraje hidropónico. Por otro lado, Lenin (2017), afirma que la producción de forraje hidropónico en condiciones deficientes de iluminación, se puede justificar debido a que las variaciones ambientales que se producen durante todo el año, obligan a realizar el cultivo de forraje hidropónico en lugares protegidos, aunado a los problemas de suministro eléctrico; problemática que se hace más evidente ante la corta duración del ciclo productivo.

Considerando lo anterior, se planteó el desarrollo de la presente tesis que tuvo como objetivo, determinar el efecto de los niveles y colores de cobertura en rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo invernadero, con el fin de lograr mejoras productivas de esta tecnología.

Por otro lado, con la investigación se contribuye al desarrollo de paquetes tecnológicos en la producción de forraje verde hidropónico en el Callejón de Huaylas, aportando conocimientos teóricos y prácticos referentes a esta tecnología, que actualmente viene siendo mal aplicada por los pequeños productores de la zona.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes niveles y colores de cobertura en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de invernadero en Huaraz

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz, de acuerdo a los niveles y colores de cobertura.
- Comparar los efectos de los niveles y colores de cobertura en la calidad nutricional de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz.
- Analizar la rentabilidad económica de cada uno de los tratamientos.

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes Bibliográficos

Rivera, y otros (2010) llevaron a cabo un experimento, con el objetivo de evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas preparadas con fertilizante líquido comercial: Nitrofoska® (A) y Quimifol ® (B) y tres métodos de cultivo: papel absorbente (P), malla (M) y malla-papel (MP) en la producción de forraje verde hidropónico de maíz, *Zea mays* L., bajo condiciones de iluminación natural deficiente. Los resultados permiten concluir que, en condiciones de iluminación natural deficiente, el método P fue más eficiente en la producción de forraje hidropónico de cebada.

Birgi, Gargaglione, y Utrilla (2018), evaluaron la productividad y la calidad del forraje verde hidropónico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*): Mariana INTA y Josefina INTA, que crecieron en dos niveles diferentes de luz. Los resultados de este estudio indican que la producción de forraje hidropónico con cebada sería factible de realizar en Patagonia Austral, dado los valores promisorios de rendimiento y calidad nutricional del alimento obtenido. Asimismo, el forraje hidropónico se produce satisfactoriamente en niveles inferiores de luz, con lo cual este tipo de producción puede ser secundaria o acompañante de otro cultivo hidropónico hortícola.

Arellano (2017) al evaluar el efecto de los diferentes porcentajes de sombreo (radiación fotosintéticamente activa) de tres mallas sombra (gris, cristal y negra) y una película plástica, sobre el desarrollo vegetativo y calidad del fruto de tomate tipo bola Híbrido llamado “Horus”. Obtuvo resultados que indicaron que las tres mallas sombran y la película plástica redujeron la radiación y modificaron la temperatura al interior de los túneles. En cuanto al número total de frutos por planta, la cubierta blanca y el plástico transparente obtuvieron los mayores números; correspondiéndose estos con los mayores rendimientos obtenidos en este trabajo de investigación. También se obtienen las mayores calidades de frutos en estos dos tratamientos.

Ayala, y otros, (2011) evaluaron la fotoselectividad de mallas negras, aluminadas, grises, azules, rojas y perladas, cada una con 50 y 30% de sombra, a través de la radiación total (350 a 1050 nm), radiación fotosintéticamente activa (400 a 700 nm), luz azul (400 a 500 nm), luz roja (600 a 700 nm) y luz roja lejana (700 a 800 nm) que transmitieron; así como el efecto que ocasionaron en el crecimiento y producción de frutos en plantas de tomate (*Solanum lycopersicon*) cultivadas en invernadero. Los resultados indican que las mallas de colores alteraron la cantidad y calidad de luz transmitida sobre las plantas de tomate. No obstante, ninguna de las propiedades fotométricas medidas en las mallas pareció particularmente destacable, sino que posiblemente fue la asociación de todas esas propiedades la que influyó para que las plantas de tomate que crecieron bajo la malla perla con 30% de sombra presentaran tallos más gruesos y menos largos, menor área foliar específica, uno de los mayores contenidos de clorofila foliar, el mayor rendimiento y la mejor calidad de tomate. De acuerdo con los resultados obtenidos, las mallas de color perla con 30 a 50% de sombra constituyen una alternativa para mejorar el cultivo de tomate de invernadero, ya que incrementaron significativamente los rendimientos totales (28.1%) y exportable (48.4%), comparados con los respectivos rendimientos promedio obtenidos con las mallas negras y aluminadas con los mismos porcentajes de sombra, habitualmente utilizadas por los productores de tomate de invernadero.

Pando (2018) evaluó los efectos que causa la implementación de tres niveles de sombra sobre la producción en nardo (*Polianthes tuberosa* L). Utilizó un Diseño Bloques Completamente al Azar y se estudiaron 4 tratamientos con 3 repeticiones. Las variables que se analizaron fueron: La curva de producción del cultivo, la productividad del cultivo, correlación de variables de calidad de la inflorescencia en respuesta a la intensidad luminosa recibida, duración de la flor en el florero, máxima de irradiación y temperatura. Los resultados que se obtuvieron fueron: Mayor longitud de espigas en el T4-0% sin sombra con un valor de 31,53 cm, mayor diámetro T3-35% de sombra con un valor de 3,9 cm, mayor longitud fue el T1-75% de sombra con un valor 119,23 cm y longevidad de la flor el T3-35 % de sombra con un valor 11,86 días de vida en florero, con respecto al T2-50% no se obtuvieron resultados significativos. Respecto al efecto de la luz, con o sin sombra, existe correlación para longitud de espiga con un valor de $r^2= 0,026$, longitud de tallo con un valor de $r^2= 0,026$ y días de vida de la flor en el florero con un valor $r^2= 0,18$ esta respuesta es favorable para *P. tuberosa*, mientras para número de espigas y diámetro de tallo no hubo correlación. Se concluye la longitud de tallo, vida de la flor en el florero,



número de espigas están influenciadas por el efecto que causo, con los distintos niveles de sombra en el cultivo de nardos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Hidroponía

La palabra hidroponía se ha derivado de la palabra griega, "Hydros" que significa "agua" y "Ponic" que significa "trabajando". La hidroponía es una técnica en la cual el cultivo de plantas / cultivos en agua sin suelo, generalmente en condiciones controladas / ambiente. El agua y los nutrientes de las plantas son esenciales para el crecimiento de las plantas, que es incorporado (Ramteke, Doneria, & Gendkey, 2019).

La hidroponía permite que, en diversos medios se generen elevados y constantes volúmenes de forraje hidropónico, produciendo alimento a la mitad del costo convencional de forrajes cultivados a campo abierto. Suministrada a diferentes animales, representa una dieta completa que incluye carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas, cuando es suministrada en su totalidad (Campêlo, y otros, 2007).

2.2.2. Forraje Hidropónico

En la práctica, el Forraje Verde Hidropónico (Forraje Hidropónico) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas, y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo (FAO, 2001).

La producción de Forraje Verde Hidropónico, es una metodología alternativa y revolucionaria de producción de forraje en las cuales se considere el ahorro de agua, altos rendimientos por m² ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente es de particular importancia (López, Bernardo, & Rodríguez, 2009).

Aunque existen diferentes modalidades de producción de forraje hidropónico, la técnica básica consiste en germinar semillas de cereales a altas densidades de siembra, con el pro-pósito de obtener un forraje de 20 a 30 cm en un periodo de 8 a 12 días. El forraje se produce en charolas colocadas en estantes a distintos niveles a las que se les suministra una solución nutritiva diluida mediante algún tipo de riego. En casi todos los diseños

comerciales, las unidades de producción son construcciones cerradas, generalmente con luz artificial, en donde se busca mantener temperatura de 18 a 25 °C, buena ventilación y humedad relativa entre 65 y 70 % (Resh, 2001).

Uso del Forraje Hidropónico. Su uso se destina para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves (Herrera, Depablos, López, Benezrra, & Ríos, 2007).

El forraje hidropónico ha sido utilizado en varias especies de animales (cabras, conejos, vacas, cuyes, etc.), y su principal carencia, como dieta básica, estriba en su bajo contenido de materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no sólo son fáciles de encontrar, sino que también son baratos (Mora, 2009).

Ventajas del Forraje Hidropónico. El forraje hidropónico ofrece una serie de ventajas, como producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y exhiben una rápida recuperación de la inversión (Müller, y otros, 2005).

Entre las ventajas que presenta el forraje hidropónico, se puede decir que: permite un suministro constante durante todo el año, se pueden emplear terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades (Mooney, 2002).

Esta técnica puede ser utilizada para producir forraje en períodos muy cortos (7-10 días) y se ha demostrado que es eficiente tanto financiera como ambientalmente. Es estima que, con esta técnica, los costos de los insumos agrícolas son al menos 10 veces más bajos que en condiciones de campo. La producción de Forraje Verde Hidropónico, tiene un uso elevado de agua. Sin embargo, la eficiencia es una gran ventaja de esta técnica que ahorra alrededor del 95-97% de la usada agua en comparación con la agricultura convencional con un pequeño pedazo de tierra (Ajmi, Salih, Kadim, & Othman, 2009).

Los sistemas de producción hidropónica representan una alternativa más para el cultivo rápido y simple de forraje durante las épocas adversas (Vargas, 2008).

Además, el forraje se puede producir sin preparación del suelo, eliminación constante de malezas, cercas, pérdida postcosecha y por día requisito. También hay más ventajas como la producción de forraje libre de antibióticos, hormonas, herbicidas o pesticidas, sin daños por insectos que conduce a un bajo requerimiento de mantenimiento (Naik, Dhuri, Swain, & Singh, 2013).

Por lo tanto, esta tecnología es una técnica agrícola importante, actualmente utilizado en muchos países (Tudor, Darcy, Smith, & Shallcross, 2003).

Desventajas del Forraje Hidropónico. Las principales desventajas de producción de forraje hidropónico, de acuerdo a Juárez y otros (2013) son las siguientes:

Desinformación y falta de capacitación. Es frecuente que en la producción de forraje hidropónico se debe considerar la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, condiciones de luz, temperatura, humedad relativa, entre otros. Asimismo, la producción de FORRAJE HIDROPONICO es una actividad continua y exigente en cuidados diariamente, por lo que la falta de conocimientos e información pueden representar desventajas para los productores.

Costos de instalación. Requiere un costo de instalación inicial, de acuerdo a la tecnología que se va usar variaran los precios.

Bajo contenido de materia seca. En general, el forraje hidropónico tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado.

Limitantes. Los sistemas de producción de forraje hidropónico son altamente productivos, sin embargo, por su origen, principalmente Europa, Canadá y Estados Unidos, son muy costosos, pues han sido diseñados para funcionar bajo las condiciones extremas de frío que se dan en esos países. Por ello se considera necesaria la realización de diversos trabajos de investigación tendientes a la generación de un paquete tecnológico acorde a las condiciones ambientales de las distintas regiones y a las condiciones socioeconómicas de los pequeños y medianos productores (Sánchez, Moreno, Contreras, & Morales, 2013).

Se puede considera una limitante para el crecimiento del forraje verde hidropónico, la necesidad de que la temperatura más apropiado este entre 20 y 28 °C, humedad relativa no inferior a 90 %, esto se obtendrá en un invernadero, además se deben evitar los

encharcamientos dentro de los contenedores y se requiere circulación de aire dentro del cuarto de producción (Mandonado, Álvarez, Acevedo, & Ríos, 2013).

2.2.3. Requerimientos Ambientales

Luz. Por otra parte, entre los factores climáticos, la luz es un elemento básico para el crecimiento de las plantas, ya que, promueve la síntesis de compuestos nutricionales como las vitaminas, las cuales son de vital importancia en la nutrición animal (FAO, 2001).

En ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, por lo que la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal, y en consecuencia, en el rendimiento final. En términos generales, un invernadero con cubierta plástica que proporcione 50 % de sombreo es suficiente para la producción de forraje hidropónico (Juárez, y otros, 2013).

Nutrientes. Es agua preparada con soluciones nutritivas que aporta los minerales necesarios para un óptimo crecimiento del forraje y así ofrecerle características como alta palatabilidad y buena digestibilidad (Camacho, 2013).

Por otro lado, el suministro de elementos esenciales en la producción de forraje verde hidropónico se realiza a través de una solución nutritiva (Mandonado, Álvarez, Acevedo, & Ríos, 2013).

Instalaciones. El forraje verde hidropónico necesita condiciones de crecimiento adecuadas para un mejor forraje, la germinación de granos con corto período de tiempo en cuartos de cultivo especiales (Sneath & McIntosh, 2003).

Dentro de las ventajas más destacables del uso de invernaderos en la producción agrícola se encuentran: mayor cantidad de producciones por año, ahorro de agua de riego, mejor control de plagas y enfermedades, disminuye el ciclo vegetativo de las plantas y existen menos riesgos catastróficos (Cermeño, 2005).

Agua. El agua requerida para la producción de forraje hidropónico es menor debido a las actividades de reciclaje de agua. Por lo tanto, se produce 1 kg de forraje hidropónico en 7 días con 1,5 litros (si se reutiliza el agua) o 3 litros (si no se reutiliza el agua). El agua que no se reutiliza puede utilizarse para el jardín cerca de la unidad de producción. Para la

producción de alrededor de 600 kg de forraje hidropónico, solo una persona es suficiente (Rivera, y otros, 2010).

La técnica del forraje hidropónico emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros de agua para promover un kg de materia seca de forraje hidropónico (considerando un 25% de materia seca del forraje hidropónico), cantidad notablemente menor a los (635, 521, 505, 372 y 271) litros de agua/kg. de materia seca de la avena, cebada, trigo, maíz y sorgo, respectivamente, sembrados a campo abierto (Romero, Córdova, & Hernández, 2009).

2.2.4. Proceso Productivo del Forraje Hidropónico

La hidroponía del forraje, consiste en el cultivo de granos de cereales con la humedad y los nutrientes necesarios y ausencia de medio de crecimiento sólido. El brote germinado y desarrollo y la masa de la raíz se cosechan y se alimenta a los animales. La germinación es una respuesta para el suministro humedad y nutrientes y producen un brote verde de forraje de 200 a 300 mm de largo con raíces entrelazadas dentro de 7 a 10 días. Pueden ser diferentes granos de cereal Utilizado para la producción de forraje con variados cambios químicos y estructurales a lo largo de los procesos de crecimiento. La activación de la enzima se encuentra necesaria para la hidrólisis de nutrientes a sus formas más simples (Dung, Godwin, & Nolan, 2010). En general el proceso de producción del forraje hidropónico, consiste las siguientes etapas:

Selección de semilla. La selección de la semilla de cultivo se realiza dependiendo de diferentes factores económicos, ambientales y por las potenciales características de la especie. Es aconsejable utilizar semillas endémicas del lugar de producción que ya estén adaptadas a las condiciones ambientales del lugar de cultivo con el objetivo de mejorar el comportamiento de la planta y el rendimiento, así como a reducir los posibles costos requeridos para adaptar el ambiente a especies extrañas o exóticas (Osnayo, 2014).

Para realizar una adecuada selección del tipo de semilla hay que tener en cuenta las condiciones ambientales del lugar de producción de forraje hidropónico, puesto que se debe escoger una semilla que se adapte a las condiciones tanto climáticas como de altitud del lugar, para de esta forma utilizar menor cantidad de energía en generar un ambiente adecuado para el crecimiento del forraje (Murcia & Chacón, 2018).

Hidratación. La hidratación de la semilla comienza el proceso de germinación, iniciando importantes rutas metabólicas. Una vez deshidratada, la semilla se coloca en una especie de estasis, que permanece hasta que se produce la rehidratación.

Este método ofrece muchas ventajas para el agricultor, incluida la facilidad de uso, la preparación de la semilla se puede realizar en cualquier momento, el uso más eficiente de nutrientes y la reducción de residuos (como el exceso de nutrientes que no se absorbe no se tira por el desagüe) (Masauskas, Masauskiene, Repsiene, & Skuodiene, 2008).

Las instalaciones para la producción de germinados de grano pueden ser desde materiales muy sencillos y económicos, hasta construcciones de invernaderos formales (Carballo, 2005).

Luego de un adecuado lavado se procede a realizar un remojo de las semillas en agua desclorada, con el fin de activar las semillas y estimular la germinación, este proceso dura 24 horas que se dividen en dos remojos de 12 horas, separados por un periodo de 1 hora para escurrirlas y orearlas. Los procesos de pre-germinación y germinación aseguran un crecimiento inicial vigoroso del forraje hidropónico debido a que sobre las bandejas de cultivo se utilizan semillas anteriormente activadas y por lo tanto la etapa de crecimiento estará más estimulada (ONU, 2001).

Pre-germinación. Esta etapa consiste sumergir completamente las semillas por un periodo no mayor a 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se divide en 2 periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se sacan para escurrirlas durante 1 hora. Después, se sumergen nuevamente por 12 horas, para finalmente escurrirlas por última vez. Mediante este fácil proceso se induce la rápida germinación de la semilla. Esta pre-germinación asegura un crecimiento inicial uniforme del forraje hidropónico. Cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas (Juárez, y otros, 2013).

Otra técnica consiste en humedecer la semilla durante 24 horas luego se escurre el agua y se deja en reposo durante 48 horas en los recipientes (Orjuela, 2015).

Fase Oscura. Se recomienda que las bandejas de cultivo se deben mantener en oscuridad para estimular la germinación del forraje hidropónico, aunque este proceso no es obligatorio hará que se acelere el proceso de germinación, durante este periodo las semillas

deben ser regadas con agua desclorada, teniendo en cuenta que no deben aplicarse más de $0.5L/m^2$ al día, esta cantidad de riego irá aumentando a medida que los requerimientos del cultivo vayan a su vez aumentando. El riego de las bandejas debe realizarse a través de micro-aspersores, nebulizadores o pulverizadores de mano (ONU, 2001).

El tercer o cuarto día de sembradas las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue, pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del tercero o cuarto día, se inicia el riego con solución nutritiva y se exponen las bandejas a una iluminación bien distribuida, pero nunca directa de luz solar. Una exposición directa a la luz del sol puede traer consecuencias negativas (aumento de la evapotranspiración, endurecimiento y quemaduras de las hojas). Cuando la producción de forraje hidropónico se localiza en recintos cerrados y/o aislados de la luz solar (piezas cerradas, galpones viejos sin muchas ventanas, casa abandonada, etc (Meza, 2005).

La semilla de forraje hidropónico necesita estar en oscuridad para que germine después de un mínimo de luz 2800 y hasta 40000 luxes. Pudiéndose utilizar plástico blanco- lechoso 30%. La malla de sombra ideal a utilizar es con una sombra entre 50% y 70%, ya que esta, al estar colocada en el material mencionado proporciona una sombra entre el 25% y 35% (Lenin, 2017).

Crecimiento. Se puede definir el crecimiento como la síntesis del material vegetal (biomasa), que normalmente viene acompañada de un cambio de forma y un aumento irreversible de la masa del organismo, aumento de la longitud o de los diámetros del cuerpo del vegetal y su aumento en peso, el crecimiento de las diferentes partes de la planta suele determinarse por la altura, el área foliar o el peso seco, en relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de vida (Carballo, 2005).

Cosecha. La cosecha del forraje hidropónico comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas (Juárez, y otros, 2013).

La cosecha del forraje hidropónico se debe recoger entre los 15 y 18 días de crecimiento o cuando alcance los 25 cm de altura como máximo, si se deja el forraje hidropónico más tiempo sin cosechar se tendrán pérdidas de proteína en el producto, por lo

que la calidad de este se irá deteriorando. Se han encontrado resultados de rendimientos de entre 12 a 18 kg de forraje por cada kg de semilla plantado con una altura promedio de 30 cm de forraje vivo medido desde el inicio del tallo (ONU, 2001).

2.2.5. Luz

Lanoue, Evangelos, y Grodzinski (2014), manifiestan que el sol ha sido la única fuente de luz para la producción de plantas durante milenios. Los avances tecnológicos y los cambios en las estrategias de crecimiento han hecho que la iluminación artificial sea una parte importante de la producción en ambientes controlados como fuentes de luz únicas y complementarias. Más recientemente, los diodos emisores de luz han llegado a la vanguardia de las tecnologías de iluminación artificial, en parte debido a su bajo consumo de energía en comparación con las fuentes tradicionales, como las lámparas de sodio de alta presión. Además, los diodos emisores de luz tienen la capacidad de administrar luz específica de longitud de onda y tienen una cara de luz de baja emisión de calor ideal para proximidad iluminación.

La luz es un elemento que se necesita para el crecimiento de las plantas facilitando la síntesis de compuestos nutricionales como las vitaminas esenciales para la nutrición en los animales (Orjuela, 2015).

Importancia de la luz en las plantas. La luz es un elemento básico para el crecimiento de las plantas, ya que, promueve la síntesis de compuestos nutricionales como las vitaminas, las cuales son de vital importancia en la nutrición animal. La producción de forraje hidropónico en condiciones deficientes de iluminación, se puede justificar debido a que las variaciones ambientales que se producen durante todo el año, obligan a realizar el cultivo de forraje hidropónico en lugares protegidos, aunado a los problemas de suministro eléctrico; problemática que se hace más evidente ante la corta duración del ciclo productivo (Lenin, 2017).

Proceso fisiológico de asimilación de luz. La luz representa uno de los factores más heterogéneos, espacial y temporalmente, de entre los que afectan a las plantas. La luz, por su naturaleza energética, representa además un factor de riesgo añadido en las plantas que la requieren para el proceso fotosintético. Mientras mantienen unos pigmentos como principales responsables de la absorción energética (clorofilas) también han desarrollado otros mecanismos en los que se ven involucrados pigmentos accesorios para disipar de

forma no dañina el exceso de energía absorbida en caso necesario. La acción individual o conjunta de diferentes factores de estrés ambiental unidos a la acción de la luz solar puede poner a prueba la capacidad de resistencia y adaptación de las plantas a un medio determinado (Manrique, 2013).

Los ejemplares de una misma especie que crecen a pleno sol son claramente diferentes de los que crecen a la sombra debido a la plasticidad fenotípica que muestran todas las plantas. Tradicionalmente se ha pensado que la estrategia de tolerancia de sombra de las distintas especies se apoyaría en los mismos rasgos que se observan en los ejemplares de sombra cuando se los compara con los de la iluminación: hojas delgadas, mayor superficie foliar por unidad de biomasa, poca biomasa en raíces y una tasa de respiración baja. Sin embargo las especies tolerantes de sombra muestran a veces los rasgos contrarios, sobre todo en la fase de plántula (Valladares, Aranda, & Sánchez, 2004).

Los factores climáticos más importantes para el crecimiento de las plantas son la luz y la temperatura, diversos estudios han demostrado que existe un rango de intensidad de luz en el cual prospera y crece mejor una determinada especie, dando como resultado diferentes comportamientos en el patrón de crecimiento de las especies en su etapa juvenil y adulta (Nájera & Bermejo, 2000).

2.2.6. Luz en Forraje Hidropónico

La luz suministra alimento y energía a las plantas por medio de la fotosíntesis y hace que todo florezca. Es una parte fundamental de toda la vida sobre la tierra (Torres & Lopez, 2016).

La luz ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano. Sin luz, ya sea natural o artificial, la mayoría de las plantas no podrían crecer ni reproducirse, la fotosíntesis no tendría lugar sin la energía absorbida de la luz solar y no habría oxígeno suficiente para que continúen viviendo (Lajas, Maillo, Perez, & Lizarazu, 2013).

Para que se dé un correcto desarrollo de la planta, es importante proporcionar una adecuada iluminación, ya sea mediante luz natural (no debe ser el sol directamente) o

artificial, lo mismo que una humedad superior al 85% y una temperatura cercana a los 21°C. No está de más decir, que la estructura donde estarán los estantes con las bandejas, debe ser un lugar cerrado, puede ser con cedazo, para evitar la entrada de pájaros u otras aves (Eliozone, 2005).

2.2.7. Intensidad de Luz

La radiación fotosintéticamente activa (PAR por sus siglas en inglés), que es la luz con una longitud de onda entre 400 a 700 nm también es la luz que la gente percibe con los ojos. Al incrementar la energía en el rango PAR se incrementa la fotosíntesis en las plantas (el proceso metabólico más importante). Cada especie de cultivo tiene una intensidad de luz óptima que maximiza la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Cuando no existe suficiente luz, el crecimiento y la calidad del cultivo declina; y si la luz es excesiva, la foto-síntesis y el crecimiento no incrementan, solo los costos de mantener este tipo de iluminación (Torres & Lopez, 2016).

2.2.8. Medición de la Luz

Las unidades más comunes para medir la luz son pie-candela (Estados Unidos) y lux (Europa). Es importante para los productores comprender las limitaciones de estas unidades. Ambas unidades proveen una intensidad de luz instantánea en el momento en que se está tomando la medición, así esta única medición no representaría con precisión la cantidad de luz que las plantas reciben durante el día ya que los niveles naturales de luz cambian continuamente (Torres & Lopez, 2016).

2.2.9. Unidades Lux

Para medir la luz visible que percibimos los humanos se utilizan como unidades el lumen o el lux. Pero esta luz no da ninguna información sobre lo que absorben las plantas en realidad, puesto que mide la intensidad de la luz en la zona media del espectro, no en la que es importante para la fotosíntesis (Urrestarazu, Burés, & Kotiranta, 2018).

2.2.10. Efectos de la Intensidad Luminosa

La cantidad de luz solar que recibe una planta se puede dividir en tres categorías diferentes: calidad, cantidad y duración. La calidad de la luz describe las diferentes longitudes de onda de luz que la planta es capaz de absorber. La cantidad describe la

intensidad de la luz solar que la planta absorbe. Finalmente, la duración describe el tiempo que la planta puede estar absorbiendo luz solar. Cada una tiene un efecto distinto sobre la cantidad luz solar total que recibe una planta y por lo tanto tiene un efecto observable en el crecimiento de la misma (Torres & Lopez, 2016).

La luz es probablemente el factor ambiental más complejo y variable que actúa sobre las plantas, desempeñando un papel crucial al proporcionar energía para la fotosíntesis y actuar como estímulo para el crecimiento y desarrollo. La fotomorfogénesis (crecimiento y desarrollo vegetal dependiente de la luz) abarca el conjunto de procesos mediante los cuales las plantas, adquieren información de la calidad, cantidad, dirección y foto-periodicidad de la luz ambiental que controla su crecimiento y diferenciación. En las hojas la luz tiene un efecto importante sobre las estomas que es independiente de la fotosíntesis. Es factible que la luz actúe sobre las células del mesófilo, las cuales envían algún mensaje a las células oclusivas, o puede ser que el foto receptor se encuentre en las células oclusivas mismas (Rodríguez & Lazo, 2008).

2.2.11. Fotoreceptores

Los fotorreceptores son moléculas o complejos moleculares capaces de: activarse por fotones de determinadas longitudes de onda; gatillar vías de transducción de señales y por esta vía, dotar a los organismos de la capacidad para responder a los estímulos lumínicos. Las plantas superiores también han desarrollado fotorreceptores, que les permiten el monitoreo de su entorno a través de la detección de longitudes de ondas específicas. Por ejemplo, la familia de fotorreceptores llamadas “fitocromos” es capaz de detectar radiación en el rango rojo/rojo lejano (600-750 nm). Los fotorreceptores de la familia de los Criptocromos y Fototropinas son capaces de detectar la radiación en el rango UV-A/ azul (320-500nm) (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

Fitocromos. Son proteínas solubles y constituidas por dos subunidades idénticas de unos 1200 aminoácidos y 125 kilodalton de masa molecular. (Martínez, Monte, & Ruiz, 2022). El Fitocromo purificado es una proteína de color azul. La forma Pr de fitocromo, es capaz de absorber la radiación roja. Esta forma Pr es convertida, por luz roja, a la forma Pfr, proteína de color azul verdoso, capaz de absorber luz roja lejana y volver a la forma Pr. Esta inter-conversión entre formas Pr y Pfr depende básicamente de la proporción de luz roja respecto de la roja lejana (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

Los fitocromos son unos pigmentos vegetales que controlan diferentes aspectos del desarrollo e informan a las plantas de los cambios operados en el entorno para optimizar su crecimiento os fitocromos intervienen en el ciclo biológico de la planta, desde la germinación a la floración y tuberización, pasando por la desetiola ción de las plántulas y el alarga miento de tallo y entrenudos. S (Martínez, Monte, & Ruiz, 2022).

Criptocromos. Son una familia de flavoproteínas que actúan como fotorreceptores de luz UV-A/azul. Se han caracterizado dos criptocromos (CRY1 y CRY2) que participan en distintos procesos regulados por luz azul. En plantas jóvenes, Cry2 se expresa en altos niveles en los primordios de la raíz y el tallo y presenta baja expresión en hipocotilo, raíz y cotiledones. Asimismo, Cry1 manifiesta una fuerte expresión en prácticamente todos los tejidos aéreos y está ausente en raíces. Dicha expresión es regulada por el reloj circadiano de la planta (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011)..

Intracelularmente, Cry2 se acumula continuamente en el núcleo y es bastante inestable frente a la luz, siendo degradado por el proteosoma. Por el contrario, Cry1 se encuentra en el núcleo sólo en condiciones de oscuridad, y posee mayor estabilidad frente a la luz. Recientes investigaciones han mostrado la capacidad de los criptocromos para interactuar con la cromatina en el núcleo a través de su extremo carboxilo terminal, el cual actúa como un dominio de interacción proteína-proteína (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

Fototropinas. También son una familia de flavoproteínas que actúan como fotorreceptores de luz UV-A/azul. Estas proteínas están asociadas al cromóforo Flavina Mononucleótido (FMN) (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

Se han encontrado dos clases de fototropinas, llamadas phot1 y phot2; la primera participa en el movimiento de los cloroplastos bajo condiciones de luz tenue, en la inhibición rápida del crecimiento del hipocótilo y en la respuesta fototrópica de la planta a bajas tasas de luz, también regula la entrada de calcio a través de membrana plasmática desde el apoplasto. Asimismo, participa en la apertura estomatal en respuesta a la luz azul, aunque el tratamiento prolongado con esta clase de luz provoca una baja en la expresión del gen, que se expresa además en el gancho apical en las células en alargamiento y en división y en la zona de alargamiento de la raíz (Sakamoto y Briggs, 2002 ; citado en Raya, 2003). En arroz, phot1 se produce en coleótilos y un poco en hojas, mientras que phot2 se expresa mucho en hojas y poco en coleótilos (Kasahara et al., 2002; citado en

Raya, 2003). La fototropina phot2, participa en el fototropismo a tasas de luz medias y altas y en el movimiento de los cloroplastos para eludir altas intensidades luminosas (Babourina et al., 2002; citado en Raya, 2003).

En ausencia de phot1, la planta es incapaz de generar una respuesta fototrópica frente a bajas intensidades luminosas, mientras que en ausencia de phot2, la planta presenta una respuesta fototrópica normal. Sin embargo, en ausencia de ambas fototropinas, la planta es incapaz de generar respuesta fototrópica bajo cualquier intensidad luminosa. Estos resultados permitieron concluir que phot1 participa en respuesta frente a baja intensidad luminosa, mientras Phot2 participa en la respuesta a altas intensidades luminosas (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

2.3. Formulación de la Hipotesis

Para el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

- $H_0: \alpha_i = 0 (i = 1, \dots, a) \rightarrow$ Los niveles y colores de cobertura, no generó efectos significativos en la producción de forraje hidropónico de cebada bajo invernadero en Huaraz.
- $H_a: \alpha_i \neq 0 \rightarrow$ Al menos un nivel y color de cobertura, generó efectos significativos en la producción de forraje hidropónico de cebada bajo invernadero en Huaraz.

2.4. Operacionalización De Variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables en estudio.

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador
Independiente	Cobertura	Niveles de cobertura	50% sombra 80% sombra
		Color de cobertura	Negro Verde Rojo
		Rendimiento del forraje hidropónico	Kg/Ha
		Rentabilidad económica	Beneficio/costo
Dependiente	Calidad Nutritiva	Contenido de cenizas	Porcentaje
		Contenido de materia seca	Porcentaje
		Contenido de proteína	Porcentaje

III. Materiales y Métodos

3.1. Materiales

3.1.1. *Material Biológico*

El principal material experimental vegetal fue 64.8 Kg de semillas de cebada (*Hordeum vulgare L.*) cultivar Centenario Las semillas previas al uso en el ensayo fueron evaluadas y cumplen las características figuradas en la siguiente tabla.

Tabla 2: *Valores de evaluación de calidad de semillas de cebada (Hordeum vulgare L.).*

Especie	Cebada Centenario
Geminación	88.0%
Pureza	98.0%
Valor de Uso	86.2%

3.1.2. *Materiales de Invernadero*

- 108 bandejas de forraje verde hidropónico de 0.28 m x 0.55 m x 0.06 m
- 10 m² Malla Rashell Negro 50% sombra
- 10 m² Malla Rashell Negro 80% sombra
- 10 m² Malla Rashell Verde 50% sombra
- 10 m² Malla Rashell Verde 80% sombra
- 10 m² Malla Rashell Rojo 50% sombra
- 10 m² Malla Rashell Rojo 80% sombra
- 1 Set de señalización
- 0.5 Litro de Lejía
- 1.0 Juego de Solución Hidroponía
- 1 Unidad de soluciones calibradores CE/pH.

3.1.3. Equipos

- 1 pHmetro
- 1 Conductivimetro
- 1 Balanza de precisión.
- 1 luxometro.

3.1.4. Materiales de Escritorio

- 2 Libretas de apunte
- 4 Lapiceros
- 2 Lápices
- 1 millar de Papel bond
- 1 Calculadora

3.2. Métodos

3.2.1. Tipo de Investigación

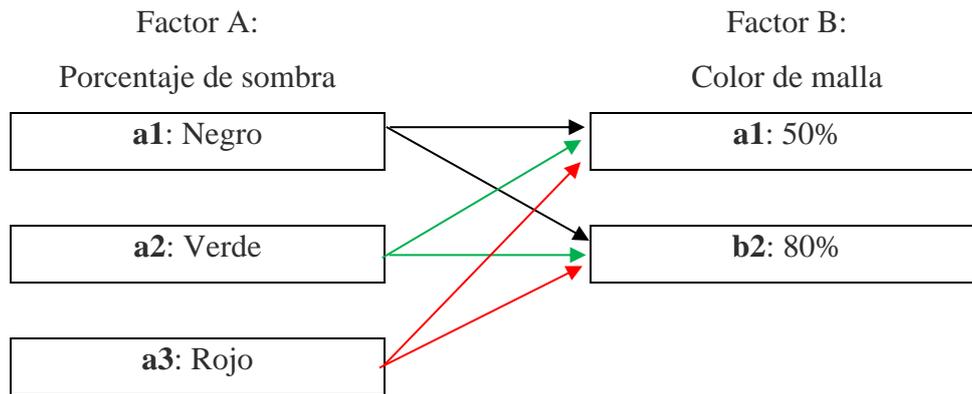
La investigación por la orientación fue aplicada, ya que los resultados del trabajo permiten hacer las recomendaciones del nivel de cobertura adecuado o la cantidad de luz necesaria, según color, para la producción del forraje hidropónico de cebada. Al existir la manipulación intencional y controlada por el investigador de las variables, resulta además ser una investigación experimental.

3.2.2. Diseño de la Investigación

En el desarrollo de la investigación se realizó un experimento, con diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial de 2X3, obteniendo seis tratamientos y tres bloques por tratamiento. Contando para el caso con un total de 18 unidades experimentales.

Factores. Se estudiaron los siguientes factores:

Tabla 3: Factores e interacciones en estudio.



Tratamientos. Los tratamientos en estudio se describen a continuación:

Tabla 4: Tratamientos de la investigación.

Tratamiento 1:	Color de malla Negro	con sombra al 50%
Tratamiento 2:	Color de malla Negro	con sombra al 80%
Tratamiento 3:	Color de malla Verde	con sombra al 50%
Tratamiento 4:	Color de malla Verde	con sombra al 80%
Tratamiento 5:	Color de malla Rojo	con sombra al 50%
Tratamiento 6:	Color de malla Rojo	con sombra al 80%

Diseño de la Unidad Experimental.

Ancho: 0.84 m

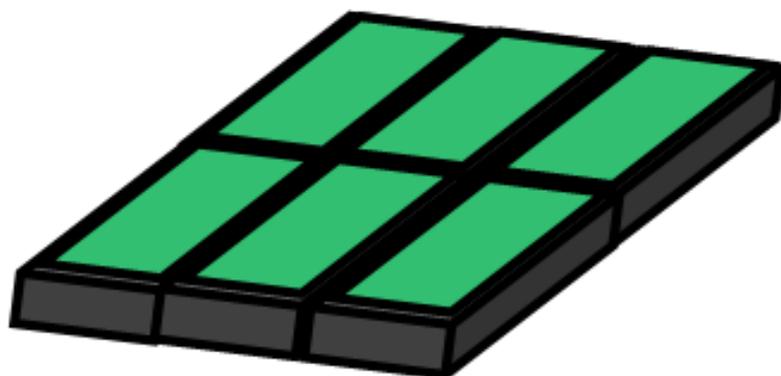
Largo: 1.10 m

Alto: 0.06 m

Área total: 0.924 m²

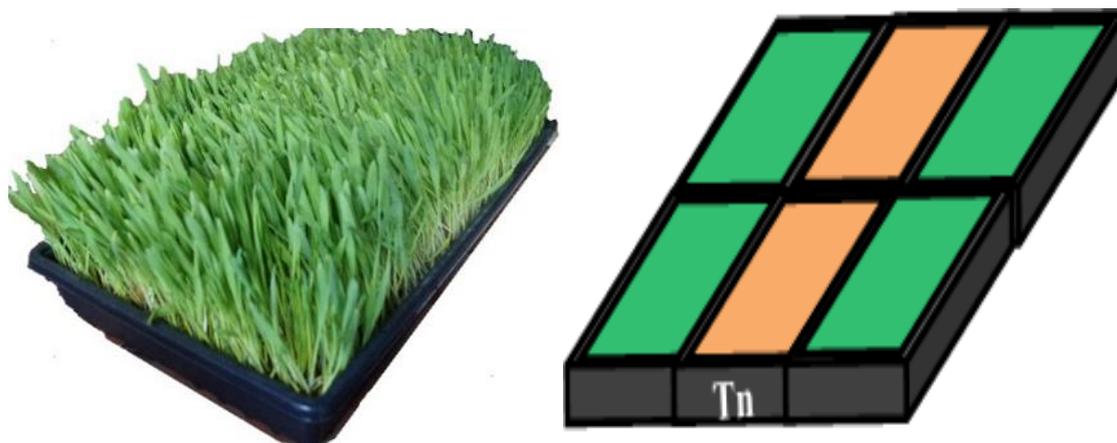
Dosis siembra: 500 g de semilla/bandeja.

Figura 1: *Unidad de Experimental conformado por seis bandejas de producción con forraje hidropónico sembrado.*



Unidad de Analisis y Muestra. La unidad de análisis estaba conformada por el forraje verde hidropónico de cebada producido en una bandeja, mientras que la unidad de muestreo está conformada por dos bandejas centrales de cada unidad experimental, donde se realizaron las evaluaciones y se obtuvo las muestras para los análisis de laboratorio.

Figura 2: *Unidad de análisis y muestra .*



Diseño del Experimento.

Repeticiones: 03

Tratamientos: 06

Total, unidades experimentales: 18

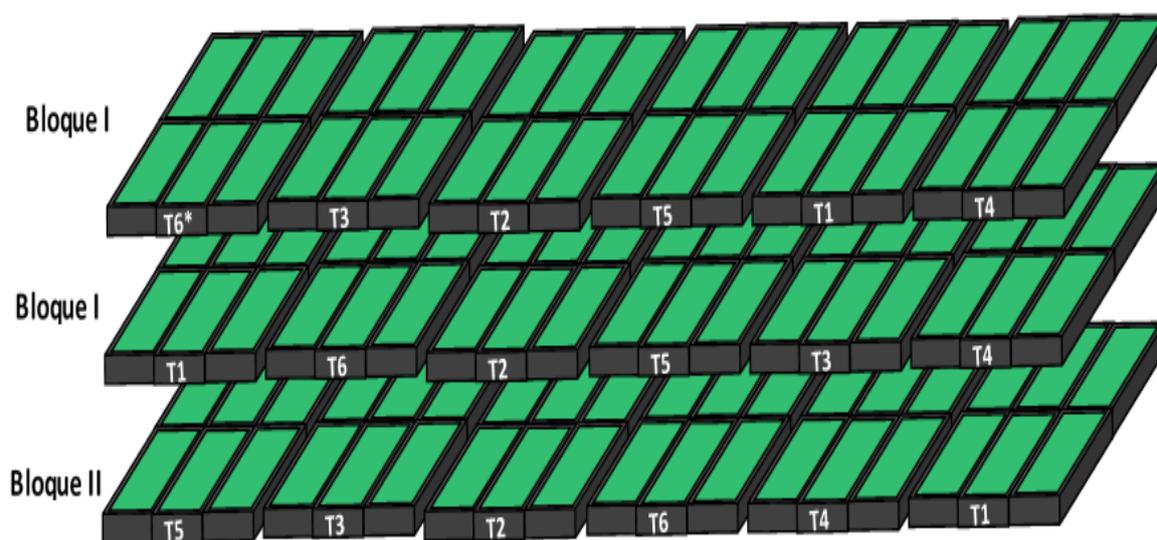
Ancho: 1.10 m

Largo: 5.04 m

Área Total: 5.54 m²

Distribución del Experimento.

Figura 3: Croquis del área experimental.



*Código tratamiento.

3.2.3. Población y Muestra

La población estuvo constituida por las 108 bandejas forrajeras, agrupadas en 18 unidades experimentales (06 bandejas por unidad experimental. La muestra estuvo representada por las 02 bandejas centrales de cada unidad experimental, que fue un total de 36 bandejas.

3.2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Como técnicas para la obtención de datos se desarrolló las siguientes acciones:

- (1) Recopilación documental: consistió en la revisión de bibliografía referida al tema e investigaciones realizadas anteriormente, para ello se usó una laptop, USB y hojas de apuntes, todo lo anterior permitió obtener la información vinculada a la investigación.
- (2) Entrevista: mediante esta técnica, se recopiló los aportes de los profesionales conocedores del tema.
- (3) Recopilación de datos en campo: Se realizaron las siguientes actividades para la recopilación de datos: observación, medición y registro.

Para lo anterior se usaron los siguientes instrumentos: balanza de precisión, cuaderno de apuntes y equipos de laboratorio como (estufa, incinerador y equipos Kjendal). Se evaluaron la calidad, nutritiva, rendimiento de biomasa y la rentabilidad económica de cada tratamiento.

3.2.5. *Técnicas de Procesamiento Y Analisis De Datos*

Para las observaciones experimentales se realizó el análisis de varianza (ANVA), mediante el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en arreglo factorial de 3x2, con un nivel significancia de 5%. Para comparar las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan, con un margen de error de 5%.

El modelo aditivo lineal adecuado al experimento es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

μ : Efecto de la media general.

β_i : Efecto de la i-ésima repetición.

α_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor A (Color de cobertura).

β_k : Efecto de k-ésimo nivel del factor B (Nivel de cobertura).

$(\alpha\beta)_{jk}$: Efecto de interacción del j-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B.

ξ_{ijk} : Efecto del error experimental.

Tabla 5: Análisis de varianza generalizado para un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3x2 (Vásquez, 2013).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fcal
Bloque	r-1	$\frac{\sum_{i=1}^r Y_{i..}^2}{ab} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$\frac{SC_{Rep.}}{r-1}$	$\frac{CM_{Rep.}}{CM_{error}}$
Tratamiento	ab-1	$\frac{\sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y_{.jk}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$\frac{SC_{Tratam.}}{ab-1}$	$\frac{CM_{Tratam.}}{CM_{error}}$
A	a-1	$\frac{\sum_{j=1}^a Y_{.j.}^2}{br} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$\frac{SC_S}{a-1}$	$\frac{CM_{(A)}}{CM_{error}}$
B	b-1	$\frac{\sum_{k=1}^b Y_{..k}^2}{ar} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$\frac{SC_b}{b-1}$	$\frac{CM_{(B)}}{CM_{error}}$
AxB	(a-1)(b-1)	$SC_{Tratam.} - SC_a - SC_b$	$\frac{SC_{SO}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{CM_{(AXB)}}{CM_{error}}$
Error	ab(r-1)	$SC_{TOTAL} - SC_{Tratam.} - SC_{Rep.}$	$\frac{SC_{error}}{ab(r-1)}$	
TOTAL	abr-1	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abr}$		

3.2.6. *Parametros Evaluados*

Rendimiento de Biomasa Fresca. El rendimiento se determinó al finalizar el oreo del forraje, registrando el peso del forraje fresco o peso del forraje tal como ofrecido (TCO). Se expresó el rendimiento obtenido por unidad de área (Ton/ha).

Propiedades del forraje verde hidropónico. Como indicadores de las propiedades del forraje verde hidropónico se evaluaron los siguientes parámetros:

Materia seca. Esta variable se evaluó para determinar el peso de la biomasa del forraje, para lo cual se llevó a laboratorio muestras de 100 g por cada unidad experimental de forraje fresco, se sometió al secado en estufa a 110 °C por 48 horas. La determinación de materia seca se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el de humedad hallada.

Cenizas totales. La determinación del porcentaje de cenizas se realizó con el método gravimétrico, mediante la incineración, en una mufla, de las muestras secas a 400°C durante una hora. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100$$

Donde:

m2: masa en gramos de la cápsula con las cenizas

m1: masa en gramos de la cápsula con la muestra

m0: masa en gramos de la cápsula vacía

Proteína cruda. Del forraje deshidratado se sacaron muestras 20 g que se enviaron al laboratorio para su respectivo análisis. El contenido de proteína cruda se determinó indirectamente a partir de la cantidad de nitrógeno orgánico presente en el forraje. La cantidad de nitrógeno orgánico se obtuvo mediante el método Kjeldahl. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio ANOBA LAB S.A.C. Se empleó la siguiente relación.

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \% N_{org} \times 6.25$$

Análisis Económico. Los indicadores del análisis económico considerados son el rendimiento de biomasa fresca (P), costo total (CT), índice de rentabilidad (IR) y el punto de equilibrio (PE). Los índices de rentabilidad obtenidos fueron calculados mediante la cantidad producida (Q), el Precio Unitario (PU), y el Beneficio (B). Empleando para ello la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{B}{CT} \times 100 = \frac{QXP}{CT} \times 100$$

3.3. Procedimiento de la Investigación

3.3.1. Condiciones Climáticas

Entre el 26 de febrero de 2020 al 13 de marzo de 2020, la temperatura promedio fue 20.07 °C, mientras que la máxima fue 48.8 °C y la temperatura mínima de 5.1 °C. La humedad relativa promedio fue 39.2 %.

3.3.2. Características del Agua de Riego

Tabla 6: Resultado e interpretación de análisis de agua de riego (UNASAM, 2019)..

ANALISIS FISICO-QUIMICO					
Catión/ Anión	Símbolo	ppm		meq/L	
Cationes					
Calcium	Ca	23.00	ppm	1.15	meq/L
Magnesium	Mg	4.80	ppm	0.40	meq/L
Sodium	Na	0.23	ppm	0.01	meq/L
Potassium	K	2.34	ppm	0.06	meq/L
SUMA		30.37	ppm	1.62	meq/L
Aniones					
Anión	Símbolo	ppm		meq/L	
Carbonatos	CO3	0.0	ppm	0.000	meq/L
Bicarbonatos	HCO3	0.0	ppm	0.000	meq/L
Cloruros	Cl	27.0	ppm	0.760	meq/L
Sulfatos	SO4	1.9	ppm	0.040	meq/L
SUMA		28.900	ppm	0.80	meq/L
Otros Indicadores					
Conductividad eléctrica CE x 10 ⁶		0.14 mS/cm = dS/m			
pH		6.09			
RAS		0.01			
Boro		0.00 ppm			
Nota.- 10.000 ppm = 1%					
CONCLUSIONES					
Parámetro	Valor	U.M.	Calificación		
PORCENTAJE DE CARBONATOS Y BICARBONATOS	0.00%	%	apta		
SUMA DE CATIONES	0.80	meq/L	-		
SUMA DE ANIONES	0.80	meq/L	-		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	0.14	µs/cm	EXCELENTE		
TDS	89.6	mg/L	BAJO		
RAS	0.01				
SALINIDAD EFECTIVA (S.E.)	1.580	mg/L	BUENA		
SALINIDAD POTENCIAL (S.P.)	0.780	meq/L	BUENA		
CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR)	-1.550	meq/L	BUENA		
DUREZA DEL AGUA	7.766	°F	DULCE		
CONTENIDO DE BORO	Cero	meq/L	Aceptable		
CLASIFICACION RIVERSIDE (RAS Y CE)		C1-S1			
Así: El agua es IDEAL para el riego, presentando bajo riesgo de salinidad y sodicidad.					

3.3.3. Luz Visible

Tabla 7: Medias de registro de luz visible (lux) durante el experimento.

Variable		Bloque			Promedio			
		I	II	III	Tratamiento	Color	Sombra	
T1: Negro 50%	Negro	50%	218.5	150.5	177.5	182.12	102.47	210.73
T2 Negro 80%		80%	32.5	17.4	18.6	22.82		
T3 Verde 50%	Verde	50%	303.0	246.5	236.9	262.15	185.18	91.09
T4 Verde 80%		80%	129.2	113.2	82.3	108.21		
T5 Rojo 50%	Rojo	50%	162.3	189.2	212.3	187.91	165.07	91.09
T6 Rojo 80%		80%	169.9	124.3	132.5	142.23		
Promedio			169.20	140.17	143.34	150.91	150.91	150.91

En la **Tabla 7**, se presenta las medias del registro de luz visible durante el periodo de ejecución. Nótese, que la mayor intensidad lumínica se presenta en el tratamiento 3 con 262.15 lux, mientras que la menor luz visible se presenta en las unidades experimentales del tratamiento 2 con 22.82 lux. De igual forma el color verde tiene mayor luz visible con 185.18 lux, de igual forma la sombra al 50% tiene mayor luz visible con 210.73 lux. A nivel del bloques, el bloque 1 es el que mayor luz visible tiene con 169.20 lux.

3.3.4. Manejo del Experimento

Selección de semilla. Durante la producción del forraje verde hidropónico de cebada, la semilla es el principal insumo que asegura una adecuada producción y los rendimientos esperados. Para ello se realizó la selección de las semillas, considerando los siguientes aspectos:

- Se utilizó semillas de buena calidad, es decir las semillas tuvieron al menos un 98% de germinación, así como una buena calidad física, superior a 88%.q
- La semilla fue procedente de la región Ancash, adaptada a las condiciones locales y de probada germinación y rendimiento.

Figura 4: Semillas de cebada (*Hordeum vulgare L.*) usadas en el experimento.



Lavado de la semilla. Las semillas de cebada, se lavaron y desinfectaron con una solución de lejía comercial (hipoclorito de sodio) al 1% (10 mililitros de lejía / litro de agua). Se remojo la semilla durante tres minutos en la solución preparada. Luego enjaguo rigurosamente por cinco veces hasta que el olor de la lejía se mínima.

Remojo de las semillas. Se sumergió las semillas en agua limpia por un período de 24 horas para lograr una completa imbibición, a las doce horas de iniciado se removió las semillas para oxigenarlas.

Germinación. Esta labor inicia al escurrir el agua y luego orear las semillas húmedas. Se dejó las semillas en un colador cubierta de la luz por un periodo de 48 horas. A las 24 horas de iniciado el proceso se volvió humedecer la semilla para evitar que se deshidrate y disminuya su germinación.

Siembra y crecimiento en fase oscura. Pasado las 48 horas de la etapa anterior, se realizó la siembra en las bandejas. Las semillas en esta etapa en su mayoría presentaron las radículas visibles. Se tuvo cuidado de distribuir bien las semillas en las bandejas con una altura no superior a 1 cm y sin dañar las raicillas. Durante esta etapa se inició a los riegos utilizando solo agua cinco veces al día con riegos de un minuto. Las semillas

permanecieron en esta fase por cuatro días. El anaquel fue completamente oscuro, para ello se cubrió totalmente con plásticos de color negro para evitar el paso de la luz.

Figura 5: *Siembra de las semillas en fase oscura.*



Crecimiento en fase luminosa. Al término de la fase oscura se trasladó las bandejas a los anaqueles destinados para el experimento, de acuerdo al diseño experimente. Las plantas en esta área permanecieron hasta que alcancen una altura total de 20 cm (colchón de raíces y tallo).

En esta etapa los riegos fueron cinco veces al día con una duración de un minuto por riego. Para el riego se empleó una solución nutritiva a base la Solución Hidropónica la Molina a media dosis (2.5 ml de la Solución A y 1 ml de la Solución B por litro de agua).

En general cada bandeja consumió 0.392 litros de agua por día, tanto en el anaquel oscuro como en el anaquel a luz natural, registrando un consumo promedio de 4.312 litros de agua durante el riego.

Figura 6: *Crecimiento de las semillas de cebada en fase luminosa.*



Lavado. Los dos últimos días del proceso de producción, se regaron las bandejas únicamente con agua, para limpiar los residuos de las sales presentes en la solución nutritiva.

Figura 7: *Lavado del forraje verde hidropónico.*



Cosecha y oreo. La cosecha se realizó al finalizar todas las etapas productivas, cuando el forraje alcanzó una altura promedio total de 20 cm. Se retiraron las bandejas del anaquel de producción a crecimiento a luz natural y se colocó el forraje de manera tal que el agua escurra, dejándolo así por un periodo de 24 horas. Finalizado el proceso anterior, se pesó el forraje y se consideró la masa tal como ofrecido (TCO).

Figura 8: *Cosecha del forraje verde hidropónico del experimento.*



3.3.5. *Evaluaciones*

Figura 9: *Preparación de muestras para laboratorio.*



Las evaluaciones se realizaron de acuerdo al planteamiento de los parámetros evaluados. Tanto al término de la ejecución del experimento como en el laboratorio.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Resultados

4.1.1. Rendimiento de Biomasa Fresca

Tabla 8: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	2	44.68806	22.34403	0.28	Ns	4.10
Tratamiento	5	854.57526	170.91505	2.13	Ns	3.33
A	2	678.19731	339.09866	4.23	*	4.10
B	1	6.78586	6.78586	0.08	Ns	4.96
AxB	2	169.59208	84.79604	1.06	Ns	4.10
Error	10	801.67625	80.16762			
Total	17	1700.93957	100.05527			
C.V. = 3.92%		F.C. = 940146.96		Media = 228.54		

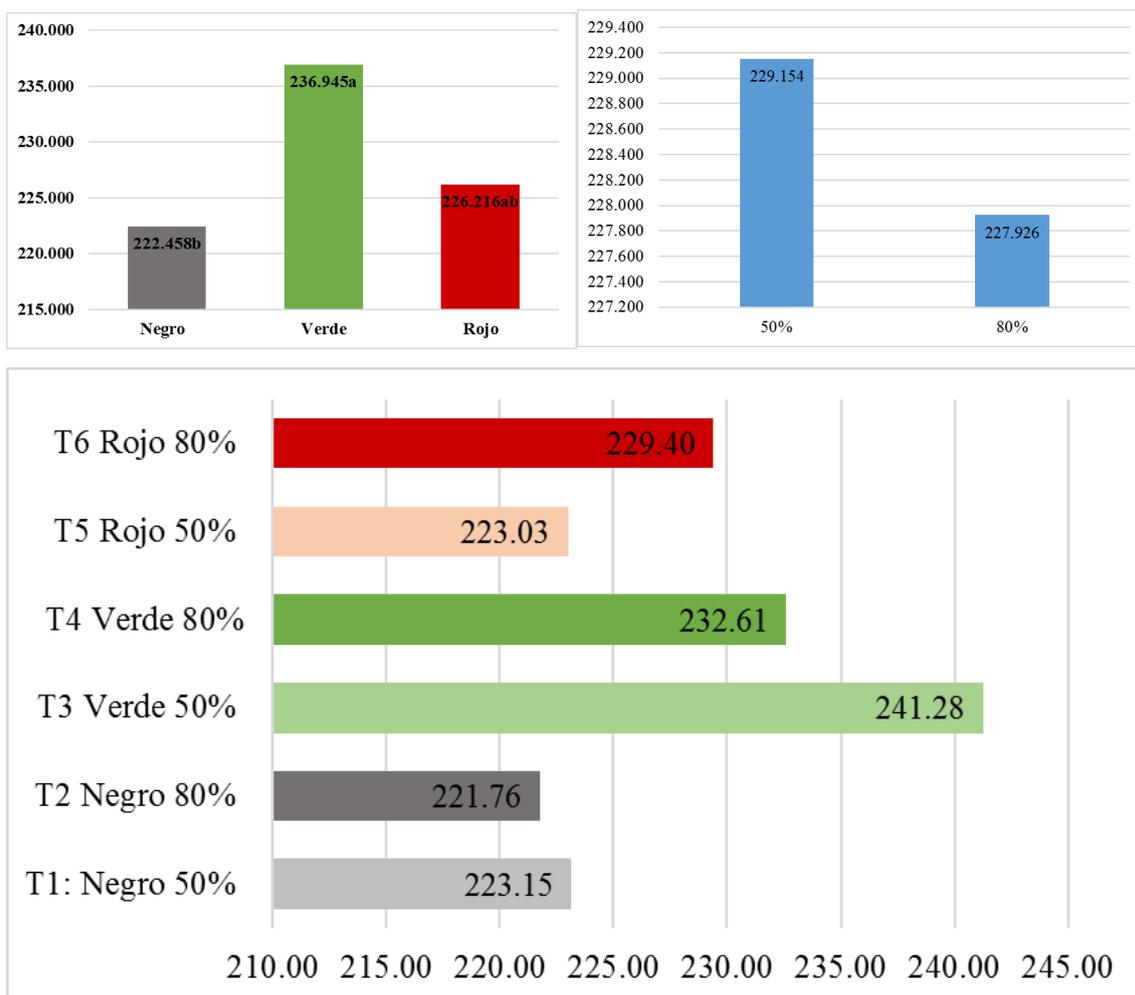
Como se observa en la **Tabla 8**, no existen diferencias estadísticas significativas para la fuente de variación bloque, tratamiento, factor nivel de cobertura e interacción. Por otro lado, si existen efectos estadísticos significativos para el factor color de cobertura. El coeficiente de variabilidad es de 3.92%, lo cual otorga confiabilidad a los datos evaluados.

Tabla 9: Prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha) según colores.

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrup.
1º	Verde	236.94	8	a
2º	Rojo	226.22	8	ab
3º	Negro	222.46	8	b

La **Tabla 9** muestra los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan, el cual corrobora la existencia de diferencias estadísticas significativas para el factor color de cobertura. Se puede observar que el color verde tiene significativamente un mayor rendimiento con 236.94 Ton/ha, seguido por el color rojo con 226.22 Ton/ha, finalmente el color negro tiene menor rendimiento con 222.46 Ton/ha.

Figura 10: Medias para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha) según color, nivel de sombra y tratamientos.



La **Figura 10**, presenta los promedios de los rendimientos de biomasa fresca (Ton/ha) según color, nivel de sombra y tratamientos. Se destaca que el color verde tiene mayor rendimiento con 236.945 Ton/ha. Semejantemente, el nivel de sombra al 50% presenta mayor rendimiento con 229.154 Ton/ha. El tratamiento 3, correspondiente al color verde con 50% de sombra presenta un mayor rendimiento con 241.28 Ton/ha, destacando entre todos.

4.1.1.1. Propiedades del Forraje Verde Hidroponico

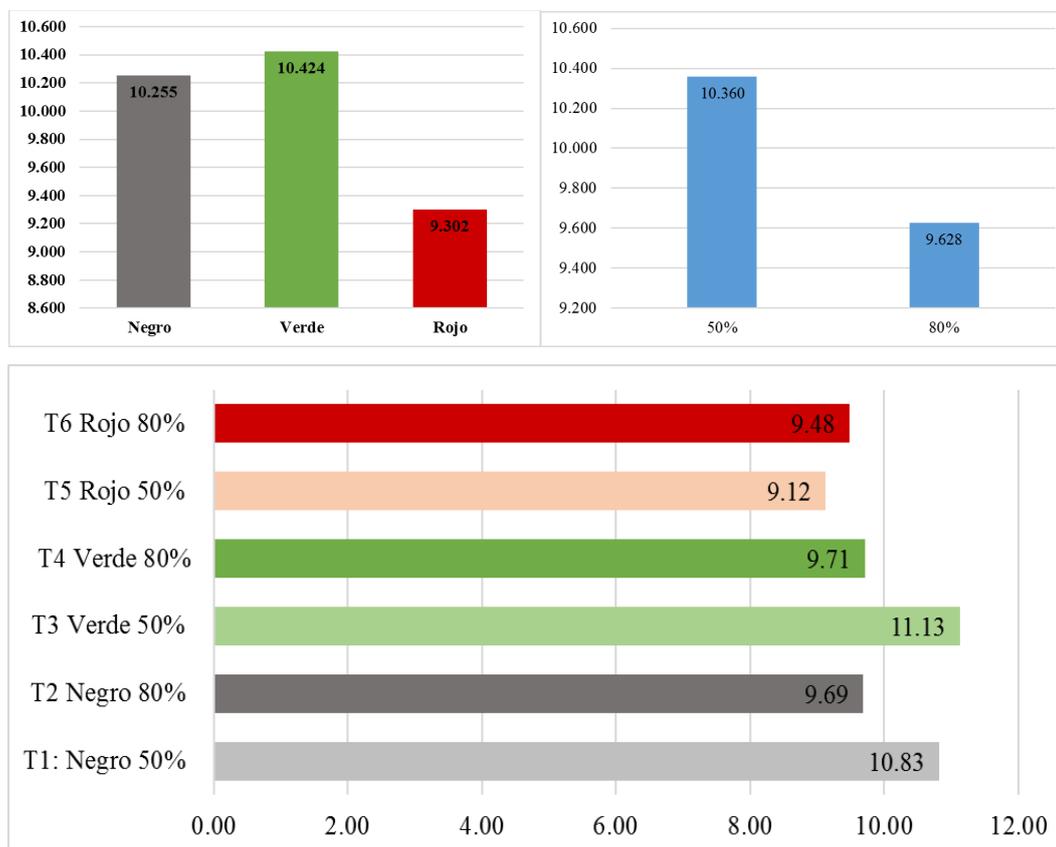
Materia Seca. Como se observa en la **Tabla 10**, no existen diferencias estadísticas significativas del contenido de materia seca (%) para las fuentes de variación bloque, tratamiento, color, nivel de cobertura e interacción. El coeficiente de variabilidad es de 11.05 %, lo cual otorga confiabilidad a los datos evaluados.

Tabla 10: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/ha)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	2	2.60189	1.30095	1.07	Ns	4.10
Tratamiento	5	9.56622	1.91324	1.57	Ns	3.33
A	2	4.39495	2.19747	1.80	Ns	4.10
B	1	2.41044	2.41044	1.98	Ns	4.96
AxB	2	2.76084	1.38042	1.13	Ns	4.10
Error	10	12.20365	1.22036			
Total	17	24.37176	1.43363			
C.V. = 11.05%		F.C. = 1797.687		Media = 9.99		

La **Figura 11**, muestra los promedios del contenido de materia seca (%) según color, nivel de sombra y tratamientos. Se destaca que el color verde tiene mayor contenido de materia seca con 10.424 %, el nivel de sombra de 50% tiene mayor contenido de materia seca con 10.36% y el tratamiento 3 genera un mayor contenido de materia seca con 11.13%.

Figura 11: Medias para materia seca (%) según color, nivel de sombra y tratamientos.

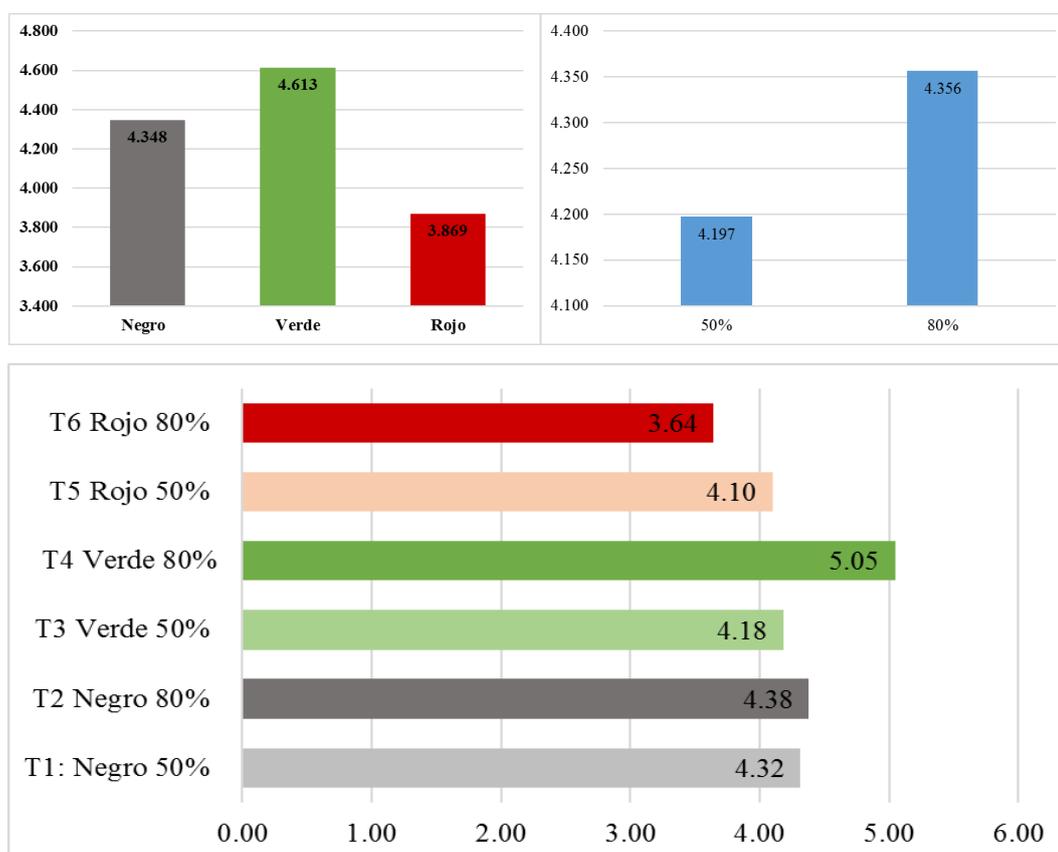


Cenizas. Como se observa en la **Tabla 11**, no hay diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación bloque, tratamiento, color, nivel de cobertura e interacción. El coeficiente de variabilidad es de 22.15%, lo cual otorga confiabilidad a los datos evaluados.

Tabla 11: Análisis de varianza para contenido de cenizas (%)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F
Bloque	2	0.99164	0.49582	0.55	Ns	4.10
Tratamiento	5	3.15217	0.63043	0.70	Ns	3.33
A	2	1.70775	0.85388	0.95	Ns	4.10
B	1	0.11413	0.11413	0.13	Ns	4.96
AxB	2	1.33029	0.66514	0.74	Ns	4.10
Error	10	8.97711	0.89771			
Total	17	13.12092	0.77182			
C.V. = 22.15%		F.C. = 329.238		Media = 4.28		

Figura 12: Medias para contenido de cenizas (%) según color, nivel de sombra y tratamientos.



En la **Figura 12**, se presenta los promedios del contenido de cenizas (%) según color, nivel de sombra y tratamientos. Se destaca que el color verde tiene mayor contenido de cenizas con 4.613 %, el nivel de sombra de 80% tiene mayor contenido de cenizas con 4.356 % y el tratamiento 4, correspondiente al color verde con 80% sombra, genera un mayor contenido de cenizas con 5.05 %.

Proteína cruda. Como se presenta en la Tabla 12, no existen diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación bloque, tratamiento, color, nivel de cobertura e interacción. El coeficiente de variabilidad es de 5.83%, lo cual otorga confiabilidad a los datos evaluados.

Tabla 12: Análisis de varianza para contenido de proteína cruda (%)

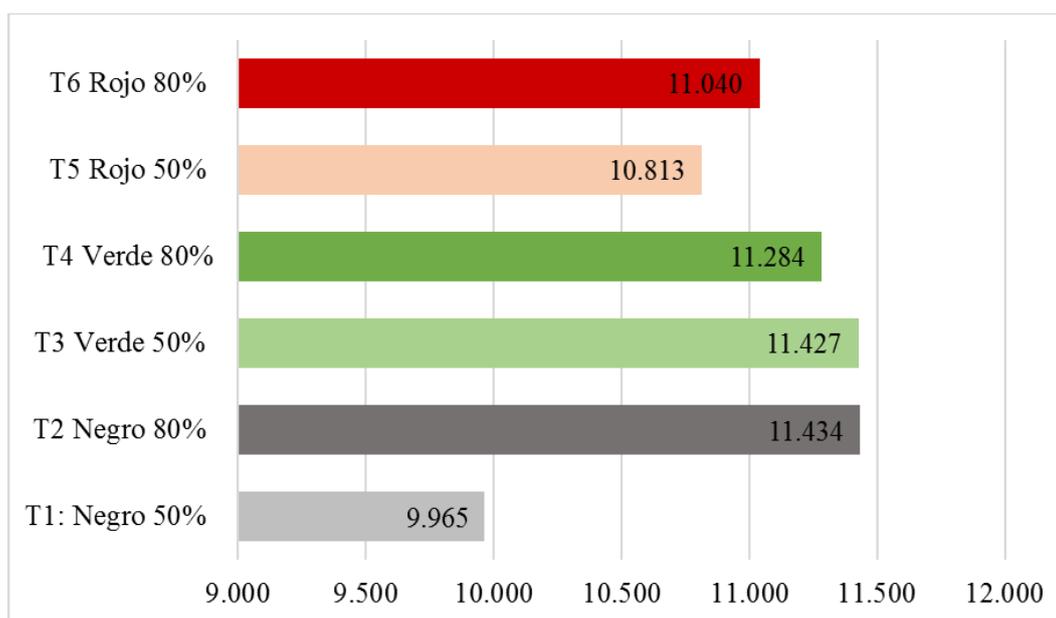
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F
Bloque	2	1.71997	0.85999	2.09	Ns	4.10
Tratamiento	5	4.67683	0.93537	2.28	Ns	3.33
A	2	1.33319	0.66660	1.62	Ns	4.10
B	1	1.20668	1.20668	2.94	Ns	4.96
AxB	2	2.13696	1.06848	2.60	Ns	4.10
Error	10	4.10703	0.41070			
Total	17	10.50383	0.61787			
C.V. = 5.83%		F.C. = 2175.548		Media = 10.99		

La **Figura 13**, presenta los promedios del contenido de proteína cruda (%), se destaca que el color verde genera mayor contenido de proteína cruda con 11.356 %. De igual forma, el nivel de sombra de 80% genera un mayor contenido de proteína cruda con 11.253%.

Figura 13: Medias para contenido de proteína cruda (%) según color y nivel de sombra.



Figura 14: Medias para contenido de proteína cruda (%) según tratamientos.



De igual forma la **Figura 14**, presenta los promedios del contenido de proteína cruda (%) según los tratamientos. Se denota que, el tratamiento 2, correspondiente al color negro con 80% sombra es el que mayor contenido de proteína genera con 11.434%, mientras que el menor contenido se presenta en el color negro con 50% de sombra con 9.965%.

4.1.2. Análisis Económico

Como se observa en la **Tabla 13**, todos los tratamientos en estudio tienen una rentabilidad positiva superior al 18.5%, siendo el tratamiento 3 (cobertura verde al 50%) el que genera mayor rentabilidad con 25.1%.

De igual forma, el tratamiento 3 es que genera un menor periodo de recupero de inversión con un periodo de 7.5 años, menor costo por Kg de materia seca y proteína cruda con S/ 6.73 y S/ 58.89 respectivamente. En general se puede afirmar que el tratamiento 3, es el que mejores beneficios económicos presenta, debido a la mayor rentabilidad, menor periodo de recupero de inversión y menor costo de materia seca y proteína cruda. Finalmente, se destaca que a pesar de las condiciones sanitarias a consecuencia del covid-19 y el incremento del precio de la semilla, la producción de forraje verde hidropónico sigue siendo una actividad rentable en la producción de forrajes.

Tabla 13: Análisis económico de los tratamientos en estudio.

INDICADOR	T1: Negro 50%	T2: Negro 80%	T3: Verde 50%	T4: Verde 80%	T5: Rojo 50%	T6: Rojo 80%
Costos Fijos Unitarios (m2)	S/.1.67	S/.1.68	S/.1.67	S/.1.68	S/.1.67	S/.1.68
Costos Variables Unitarios (m2)	S/.14.06	S/.14.06	S/.14.06	S/.14.06	S/.14.06	S/.14.06
Costos Total de Producción (m2)	S/.15.73	S/.15.74	S/.15.73	S/.15.74	S/.15.73	S/.15.74
	\$4.09	\$4.09	\$4.09	\$4.09	\$4.09	\$4.09
RENDIMIENTO (Kg FVH/m2)	19.43	19.30	21.00	20.25	19.41	19.97
COSTO/ Kg de Forraje TCO	S/.0.81	S/.0.82	S/.0.75	S/.0.78	S/.0.81	S/.0.79
Precio del producto sustituto (alfalfa)	S/.1.00	S/.1.00	S/.1.00	S/.1.00	S/.1.00	S/.1.00
INDICE DE RENTABILIDAD	19.0%	18.5%	25.1%	22.3%	19.0%	21.2%
PERIODO RECUPERO INVERSIÓN (años)	8.1	8.2	7.5	7.8	8.1	7.9
Rendimiento Anual (Kg/m2)	472.68	469.68	511.04	492.69	472.36	485.89
Rendimiento Anual de Forraje Fresco (ton/Ha)*	5459.47	5424.76	5902.47	5690.56	5455.81	5612.01
Contenido de Materia Seca	10.83%	9.69%	11.13%	9.71%	9.12%	9.48%
Rendimiento por Ha de Materia Seca (ton)	591.26	525.66	656.94	552.55	497.57	532.02
Costo de 1 Kg de Materia Seca	\$1.94	\$2.19	\$1.75	\$2.08	\$2.31	\$2.16
	S/.7.48	S/.8.41	S/.6.73	S/.8.01	S/.8.88	S/.8.31
Contenido de Proteína Cruda	9.97%	11.43%	11.43%	11.28%	10.81%	11.04%
Rendimiento por Ha de Proteína Cruda (ton)	58.92	60.10	75.07	62.35	53.80	58.73
Costo de 1 Kg Proteína Cruda	\$19.49	\$19.11	\$15.30	\$18.43	\$21.34	\$19.56
	S/.75.03	S/.73.59	S/.58.89	S/.70.94	S/.82.17	S/.75.31

4.2. Discusión

Como se detallo en los resultados, existen respuestas particulares según los niveles y colores de cobertura en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de invernadero en Huaraz.

Referente al rendimiento del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario, el nivel 50 % y colores de cobertura verde es el que mejor respuesta presenta. Puntualmente, el color verde a un 50% es el que mayores rendimientos genero. Se evidencia que el uso de una cobertura con sombra al 50% incrementa los rendimientos. Al respecto Rivera, y otros (2010) concuerdan con lo afirmado, los mismos manifiestan que en condiciones de iluminación natural deficiente es el más eficiente en la producción de forraje hidropónico de cebada.

En todos los tratamientos en estudio, los rendimientos obtenidos son superiores a los rendimientos reportados por Rosario (2018) y Romero (2017), quienes en condiciones locales obtuvieron un rendimiento de 105.4 Ton/ha y 119.37 Ton/ha respectivamente. De igual forma los rendimientos obtenidos por la cobertura verde al 80 % es de 232.61 Ton/ha y el color verde al 50% es de 241.28 Ton/ha, los cuales son superiores al logrado por Inga (2020) quien tuvo como mayor rendimiento 232,184 Ton/ha.

Semejantemente Birgi, Gargaglione, y Utrilla (2018), al evaluar la productividad y la calidad del forraje verde hidropónico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*), que crecieron en dos niveles diferentes de luz. Indican que la producción de forraje hidropónico con cebada sería factible de realizar en niveles inferiores de luz, permitiendo que este tipo de producción puede ser secundaria o acompañante de otro cultivo hidropónico hortícola.

Beneficios del uso de mallas en el cultivo de tomate son presentados por Ayala, y otros, (2011), quienes evaluaron la fotoselectividad de mallas negras, aluminadas, grises, azules, rojas y perladas, cada una con 50 y 30% de sombra. Los autores mencionan que las mallas de color perla con 30 a 50% de sombra constituyen una alternativa para mejorar el cultivo de tomate de invernadero, ya que incrementaron significativamente los rendimientos totales (28.1%) y la cantidad de producto exportable (48.4%), comparados con los respectivos rendimientos promedio obtenidos con las mallas negras y aluminadas.

Los efectos de los niveles de cobertura en la calidad nutricional de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario evidencian que, un nivel de sombra de 50% genera mayor contenido de materia seca con 10.36%, mientras que el mayor contenido de proteína cruda se logra con un color verde con 50% sombra con 11.13 %. Este resultado es superior al reportado por Inga (2020), quien como mayor contenido de materia seca reporta 10.636 %.

Se atribuye la respuesta positiva en el rendimiento y calidad de la cobertura color verde con sombra al 50% a la cantidad de luz visible de este material, debido a que los registros en este material presentan la mayor luz visible con un promedio de 262.15 lux, durante el periodo de ejecución.

Por otro lado se observa una respuesta particular de los niveles de sombra de 80%, debido a que benefician la mayor producción de cenizas con 4.356 %, puntualmente el color verde al 80 % genera un mayor contenido de cenizas con 5.05%. Estos valores son inferiores al reportado por Inga (2020), quien como mayor contenido de cenizas reporta un valor de 5.284 %. Extrañamente, se observa que la cobertura de color negro al 80% genera mayor contenido de proteína cruda con 11.253%, el cual es inferior al reportado por Inga (2020), quien reportó un contenido de proteína cruda equivalente a 14.24%.

Los resultados concuerdan con lo afirmado por Valladares, Aranda y Sánchez, (2004), quienes indican que las respuestas a las intensidades de luz se deben a la plasticidad fenotípica que muestran todas las plantas, donde los ejemplares de una misma especie que crecen a pleno sol son claramente diferentes de los que crecen a la sombra. Tradicionalmente se ha pensado que la estrategia de tolerancia de sombra de las distintas especies se apoyaría en los mismos rasgos que se observan en los ejemplares de sombra cuando se los compara con los de la iluminación: hojas delgadas, mayor superficie foliar por unidad de biomasa, poca biomasa en raíces y una tasa de respiración baja. Sin embargo las especies tolerantes de sombra muestran a veces los rasgos contrarios, sobre todo en la fase de plántula. Esta teoría queda evidenciado en la investigación, donde la cebada en las fases iniciales presenta una plasticidad fenotípica, es decir ante la exposición de una mayor cantidad de luz visible incrementa el contenido de biomasa y materia seca, contrariamente frente a una reducción de la luz visible se incrementa el contenido de cenizas y proteína cruda.

El incremento en el contenido de proteínas ante la disminución de luz visible (cobertura negra al 80%), se atribuye al incremento de la presencia de los Criptocromos (cry1 y cry2) y Fototropinas (phot1 y phot2), que son una familia de flavoproteínas que actúan como fotorreceptores de luz UV-A/azul. Particularmente el cry1 se encuentra en el núcleo sólo en condiciones de oscuridad, y posee mayor estabilidad frente a la luz. De igual forma phot1 participa en el movimiento de los cloroplastos bajo condiciones de luz tenue, en la inhibición rápida del crecimiento del hipocótilo y en la respuesta fototrópica de la planta a bajas tasas de luz (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011).

Por el contrario, ante condiciones de luz intensas, el cry2 se acumula en el núcleo y es bastante inestable frente a la luz, siendo degradado por el proteosoma (Meisel, Urbina, & Pinto, 2011). Mientras que, la fototropina phot2 participa en el fototropismo a tasas de luz medias y altas y en el movimiento de los cloroplastos para eludir altas intensidades luminosas (Babourina et al., 2002; citado en Raya, 2003). Entonces, se explica que el incremento de la proteína ante ausencia de luz, se debe al comportamiento de los fotorreceptores, donde ante una mayor presencia de luz hay ausencia de cry1 y phot1; además, la presencia de cry2 es inestable y susceptible a ser degradado por la presencia de luz, mientras que phot2 se presenta para eludir las intensidades altas de luz apoyando el movimiento de los cloroplastos.

V. Conclusiones

- Evaluado el efecto de diferentes niveles y colores de cobertura en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de invernadero en Huaraz. Evidenciamos que, el color verde genera un mayor rendimiento y calidad nutritiva del forraje, mientras que la cobertura al 50% permite un mayor rendimiento y contenido de materia seca, contrariamente, el uso de coberturas al 80% genera un mayor contenido de cenizas y proteína cruda.

- Determinado el rendimiento de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz. Denotamos que, el nivel de cobertura de 50% genera un mayor rendimiento con 229.154 Ton/ha, mientras que el color de cobertura verde permite un mayor rendimiento significativo con 236.954 Ton/ha, seguido de la cobertura roja con 226.216 Ton/ha. El tratamiento cobertura verde con 50% es el que mayor rendimiento genera con un valor de 241.28 Ton/ha.

- Comparado los efectos de los niveles de cobertura en la calidad nutricional de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz. Concluimos que, un nivel de sombra al 50% genera un mayor contenido de materia seca con 10.36%, mientras que un nivel de sombra al 80% genera un mayor contenido de cenizas y proteína cruda con 4.356 % y 11.253 %, respectivamente. El incremento del contenido de proteína cruda en el tratamiento negro al 80%, se atribuye a la presencia de las falvoproteínas criptocromo cry1 y fitocromo phy1.

- Analizado económicamente, todos los tratamientos en estudio tienen una rentabilidad positiva superior al 18.5%, siendo el Tratamiento 3, correspondiente a la cobertura verde al 50%, el que genera mayor rentabilidad con 25.1%.

VI. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de cobertura color verde al 50%, debido a que es el tratamiento que mayor rendimiento y calidad de forraje verde hidropónico de cebada genera. Además, este tratamiento presenta mayores beneficios económicos.
- En merito a la respuesta específica que puedan presentar los cultivos, se recomienda realizar estudios de colores y niveles de cobertura en diversos cultivos transitorios, hortalizas y frutales.

VII. Bibliografía

- Ajmi, A., Salih, A., Kadim, I., & Othman, Y. (2009). Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in gcc countries using tertiary treated sewage effluents. *Journal Phytology*, 1(5), 342-348. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Yahia_Othman/publication/268435695_Yield_and_water_use_efficiency_of_Barley_fodder_produced_under_hydroponic_system_in_GCC_countries_using_tertiary_treated_sewage_effluents/links/54a0b5ce0cf257a636021a69/Yield-and-wate
- Arellano, A. (2017). *Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate*. Santillo: Centro de investigación en Química Aplicada.
- Ayala, F., Zatarain, D., Valenzuela, M., Partida, L., Velasquez, T., & Osuna, J. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana*, 403-410.
- Birgi, J., Gargaglione, V., & Utrilla, V. (2018). El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*). *RIA*, 1(2), 17-25. Obtenido de <http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/birgi-castellano-4.pdf>
- Camacho, G. (2013). *Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de maíz, trigo y cebada en el Cantón Mocha provincia de Tungurahua*. Tungurahua: ESPE.
- Campêlo, J., Gomes, J., Silva, A., Carvalho, J., Coutinho, G., Oliveira, M., . . . Morais, L. (2007). Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. *Revista brasileira de zootecnia*, 32(2), 276-281.

- Carballo, C. (2005). *Manual de procedimientos para la producción de Forraje Verde Hidropónico*. Sinaloa: Ecoagro. Obtenido de <http://200.26.174.77/assets/repositorioPdfs/DO-AGN-CONALE-0037.pdf>
- Cermeño, Z. (2005). *Construcción de invernaderos*. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.
- Dung, D., Godwin, I., & Nolan, J. (2010). Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. *Journal of Animal, Veterinary Advances*, 9(19), 2485-2492.
- Eliozondo, J. (2005). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *Revista ECAG informa*, 32, 36-39. Obtenido de http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2005/72.pdf
- FAO. (2001). *Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico*. Santiago de Chile: Food and Agriculture Organization.
- Herrera, A., Depablos, L., López, R., Benezrra, M., & Ríos, L. (2007). Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. *Revista Científica FCV-LUZ*, 17(4), 372-379.
- Inga, J. (2020). *EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CULTIVAR CENTENARIO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN HUARAZ – ANCASH, 2019*. Huaraz: UNASAM.
- Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Cruz, E., Aguirre, J., . . . Ortiz, M. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente Nueva Epoca*, 4(13), 16-26.
- Lajas, I., Maillo, G., Perez, P., & Lizarazu, J. (2013). *Crecimiento de las plantas en diferentes condiciones*. Ciudad de Mexico: La Anunciata.
- Lanoue, J., Evangelos, L., & Grodzinski, B. (2014). Artificial lighting technologies for agricultural production. *Integral biotechnology*, 4, 818-832. Obtenido de sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444640468004687

- Lenin, F. (2017). *Efecto de la intensidad lumínica de diodos emisores de luz y del fotoperiodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (zea mays) y utilización de agua*. Trujillo: UNT.
- López, R., Bernardo, A., & Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126.
- Mandonado, R., Álvarez, E., Acevedo, D., & Ríos, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo serio horticultura*, 19(2), 211-223.
- Manrique, E. (2013). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Revista Ecosistemas*, 12(1), 50-56. Obtenido de <<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/250>>
- Martínez, J., Monte, E., & Ruiz, F. (2022). *Fisiología Vegetal*. Obtenido de Fitocromos y desarrollo vegetal: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fitocromos%20y%20desarrollo%20vegetal.pdf>
- Masauskas, V., Masauskiene, A., Repsiene, R., & Skuodiene, R. (2008). Phosphorus seed coating as starter fertilization for spring malting barley. *Plant Science*, 58(2), 124-131.
- Meisel, L., Urbina, D., & Pinto, M. (2011). Fotorreceptores y Respuestas de Plantas a Señales Lumínicas. En F. Squeo, & L. Cardemil, *Fisiología Vegetal* (págs. 1-10). La Serena: Ediciones Universidad de La Serena.
- Meza, Z. (2005). *Evaluación de variedades de maíz y densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico*. Nuevo León: UANN.
- Mooney, J. (2002). *Growing cattle feed hydroponically*. Australia: Nuttfield Farming Scholars Association.
- Mora, C. (2009). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (fvhm) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo*. San José: ITCR. Obtenido de <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2017/04/Evaluaci%C3%B3n-del-uso-de->

forraje-verde-hidrop%C3%B3nico-de-ma%C3%ADz-FVHM-sobre-la-producci%C3%B3n-de-leche-de-vacas-en-pastoreo.pdf

- Müller, L., Manfron, P., Santos, O., Medeiros, S., Haut, V., Dourado, D., . . . Bandeira, A. (2005). Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, *Zea mays* L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. *Zootecnia tropical*, 23(2), 105-119.
- Murcia, J., & Chacón, L. (2018). *Diseño de un sistema automático de cultivo hidropónico para forraje verde*. Bogota: UDLS.
- Naik, P., Dhuri, R., Swain, B., & Singh, N. (2013). Water management for green fodder production as livestock feed in Goa. *Abstracts of International Conference on 'Water Management for Climate Resilient Agriculture' held at Jalgaon* (págs. 126-127). India: Maharashtra.
- Nájera, F., & Bermejo, B. (2000). Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento en altura y producción de materia seca en plántulas de pinus ayacahuite var. veitchii. *Foresta Veracruzana*, 1(2), 25-30.
- ONU. (2001). *Manual técnico: Forraje verde hidropónico*. Santiago de Chile: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Orjuela, W. (2015). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de trigo como alternativa nutricional en la producción de leche del ganado bovino en Turmeque*. Tunja: UNAD.
- Osnayo, C. (2014). Production of green hydroponic forage of barley (*Hordeum vulgare*) using trout farm's effluent. *Revista complutense de ciencias veterinarias*, 214-218.
- Pando, J. (2018). *Efecto de distintos Niveles de sombra sobre la producción y calidad de flores de nardos Polianthes tuberosa L.* Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Ramteke, R., Doneria, R., & Gendkey, M. (2019). Hydroponic Techniques for Fodder Production. *Acta Scientific Nutritional Health*, 3(5), 127-132.
- Raya, J. (2003). El Fototropismo en Plantas. *ACTA UNIVERSITARIA*, 13(2), 47-62.

- Resh, H. (2001). *Cultivos hidropónicos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rivera, A., Moronta, M., Gónzales, M., Gónzales, D., Perdomo, D., García, D., & Hernández, G. (2010). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 33-41. Obtenido de <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000100005&lng=es&nrm=iso>
- Rodríguez, N., & Lazo, J. (2008). Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento del corocillo (*Cyperus rotundus* L.). *Revista UDO Agrícola*, 8(1), 52-60.
- Romero, J. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO DE CINCO ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO EN LA LOCALIDAD DE HUARAZ A 3070 m.s.n.m.* Huaraz: UNASAM.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (2009). Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 19(2), 11-19. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/416/41611810002.pdf>
- Rosario, R. (2018). “*Efecto de cinco densidades de siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en y sin asociacion con arveja (*Pisum sativum* l.) para producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero de Huaraz Ancash*”. Huaraz: UNASAM.
- Sánchez, F., Moreno, E., Contreras, E., & Morales, J. (2013). Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *revista chapingo serie horticultura*, 19(4), 35-43.
- Sneath, R., & McIntosh, F. (2003). *Review of hydroponic fodder production for beef cattle*. Queensland: Queensland Government, Department of Primary Industries, Dalby.
- Torres, A., & Lopez, R. (2016). Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. *Purdue Agriculture*, 2(1), 238-245.

- Tudor, G., Darcy, T., Smith, P., & Shallcross, F. (2003). The intake and live weight change of drought master steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder. *Agriculture and Veterinary Science*, 2, 24-30.
- UNASAM. (Agosto de 2019). Analisis de agua con fines de riego. Huaraz, Huaraz, Ancash: UNASAM.
- Urrestarazu, M., Burés, S., & Kotiranta, S. (2018). *Iluminación artificial en horticultura*. Valencia: Biblioteca Horticultura. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322821562_ILUMINACION_ARTIFICIAL_EN_HORTICULTURA
- Valladares, F., Aranda, I., & Sánchez, D. (2004). La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*, 8(10), 335-369.
- Vargas, C. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 233-240.
- Vásquez, V. (2013). *Experimentación Agrícola soluciones con SAS*. Cajamarca: CONCYTEC .

ANEXOS

Anexo 1: Base de datos de parámetros evaluados.

Tabla 14: Datos de contenido de materia seca.

BLOQUE	TRATAMIENTO	Peso Muestra TCO		Peso Muestra Seca (g)		Materia Seca (%)		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Media
BI	T1: Negro 50%	98.000	98.000	10.776	12.941	11.00%	13.21%	12.10%
BI	T2 Negro 80%	101.000	99.000	13.181	8.771	13.05%	8.86%	10.96%
BI	T3 Verde 50%	104.000	98.000	15.420	9.226	14.83%	9.41%	12.12%
BI	T4 Verde 80%	95.000	98.000	9.409	11.615	9.90%	11.85%	10.88%
BI	T5 Rojo 50%	100.000	99.000	7.410	7.662	7.41%	7.74%	7.57%
BI	T6 Rojo 80%	99.000	99.000	8.287	9.786	8.37%	9.88%	9.13%
BII	T1: Negro 50%	99	101	9.58	9.107	9.68%	9.02%	9.35%
BII	T2 Negro 80%	100	102	9.942	9.13	9.94%	8.95%	9.45%
BII	T3 Verde 50%	102	95	11.396	9.127	11.17%	9.61%	10.39%
BII	T4 Verde 80%	95	103	9.1	9.299	9.58%	9.03%	9.30%
BII	T5 Rojo 50%	101	102	9.168	9.919	9.08%	9.72%	9.40%
BII	T6 Rojo 80%	100	99	9.29	9.18	9.29%	9.27%	9.28%
BIII	T1: Negro 50%	97	99	11.079	10.53	11.42%	10.64%	11.03%
BIII	T2 Negro 80%	101	98	8.54	8.675	8.46%	8.85%	8.65%
BIII	T3 Verde 50%	101	99	12.454	9.355	12.33%	9.45%	10.89%
BIII	T4 Verde 80%	96	101	9.101	8.526	9.48%	8.44%	8.96%
BIII	T5 Rojo 50%	98	101	11.951	8.657	12.19%	8.57%	10.38%
BIII	T6 Rojo 80%	98	100	8.986	10.914	9.17%	10.91%	10.04%

Tabla 15: Datos de contenido de cenizas.

BLOQUE	TRATAMIENTO	Peso Muestra Seca (g)		Peso Cenizas (g)		Cenizas (%)		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Media
BI	T1: Negro 50%	8.484	7.156	0.189	0.257	2.23%	3.59%	2.91%
BI	T2 Negro 80%	4.592	4.422	0.191	0.244	4.16%	5.52%	4.84%
BI	T3 Verde 50%	4.499	6.012	0.232	0.273	5.16%	4.54%	4.85%
BI	T4 Verde 80%	4.430	4.685	0.321	0.243	7.25%	5.19%	6.22%
BI	T5 Rojo 50%	5.406	4.360	0.208	0.204	3.85%	4.68%	4.26%
BI	T6 Rojo 80%	4.368	5.335	0.235	0.182	5.38%	3.41%	4.40%
BII	T1: Negro 50%	5.272	4.68	0.199	0.231	3.77%	4.94%	4.36%
BII	T2 Negro 80%	6.103	6.634	0.23	0.288	3.77%	4.34%	4.05%
BII	T3 Verde 50%	5.055	4.228	0.212	0.14	4.19%	3.31%	3.75%
BII	T4 Verde 80%	5.267	4.307	0.248	0.243	4.71%	5.64%	5.18%
BII	T5 Rojo 50%	4.592	5.012	0.242	0.213	5.27%	4.25%	4.76%
BII	T6 Rojo 80%	5.979	4.045	0.127	0.187	2.12%	4.62%	3.37%
BIII	T1: Negro 50%	6.417	5.219	0.396	0.271	6.17%	5.19%	5.68%
BIII	T2 Negro 80%	3.745	3.742	0.19	0.128	5.07%	3.42%	4.25%
BIII	T3 Verde 50%	4.044	7.623	0.136	0.344	3.36%	4.51%	3.94%
BIII	T4 Verde 80%	5.826	4.497	0.24	0.152	4.12%	3.38%	3.75%
BIII	T5 Rojo 50%	6.405	5.186	0.175	0.197	2.73%	3.80%	3.27%
BIII	T6 Rojo 80%	4.568	4.826	0.118	0.18	2.58%	3.73%	3.16%

Tabla 16: Datos de rendimiento.

BLOQUE	TRATAMIENTO	Peso TCO (g)	Rendimiento TCO (kg/ha)	Índice TCO/Semilla
BI	T1: Negro 50%	2871	214.3928571	5.742
BI	T2 Negro 80%	2952	220.4415584	5.904
BI	T3 Verde 50%	3261	243.5162338	6.522
BI	T4 Verde 80%	3129	233.6590909	6.258
BI	T5 Rojo 50%	3142	234.6298701	6.284
BI	T6 Rojo 80%	3107	232.0162338	6.214
BII	T1: Negro 50%	2942	219.6948052	5.884
BII	T2 Negro 80%	3083	230.224026	6.166
BII	T3 Verde 50%	3285	245.3084416	6.57
BII	T4 Verde 80%	3185	237.8409091	6.37
BII	T5 Rojo 50%	2821	210.6590909	5.642
BII	T6 Rojo 80%	3126	233.4350649	6.252
BIII	T1: Negro 50%	3152	235.3766234	6.304
BIII	T2 Negro 80%	2874	214.6168831	5.748
BIII	T3 Verde 50%	3147	235.0032468	6.294
BIII	T4 Verde 80%	3031	226.3409091	6.062
BIII	T5 Rojo 50%	2997	223.8019481	5.994
BIII	T6 Rojo 80%	2983	222.7564935	5.966

Figura 15: Resultados de análisis de contenido de proteína cruda.

 INFORME DE ENSAYO IETV1174																									
INFORMACION GENERAL																									
CLIENTE	ROSSELL HUGO POZO ESPINOZA																								
DIRECCION	Calle los sauces N 102 - Barranca																								
ONI	40713742																								
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis de Nitrógeno Total																								
EMAIL	Rosell@pozo.espinosa																								
PROPIETARIO	TV211157 (Proteínas en Cebada)																								
LUGAR / ZONA	Barranca																								
CULTIVO	Cebada																								
FECHA DE MUESTREO	19/09/2021																								
FECHA DE INICIO	21/09/2021																								
FIN DE ENSAYO	29/09/2021																								
RESULTADO DE ANALISIS																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID Anoba</th> <th>TV211157</th> <th>TV211158</th> <th>TV211159</th> <th>TV211160</th> <th>TV211161</th> </tr> <tr> <th>ID Cliente</th> <td>Cobertura Verde 90%, Bloque 1</td> <td>Cobertura Verde 90%, Bloque 2 M_1</td> <td>Cobertura Verde 90%, Bloque 3 M_2</td> <td>Cobertura Verde 90%, Bloque 4 M_3</td> <td>Cobertura Verde 90%, Bloque 5 M_4</td> </tr> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>Unidades</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteinas</td> <td>%</td> <td>11.805</td> <td>10.823</td> <td>11.475</td> <td>11.418</td> </tr> </tbody> </table>		ID Anoba	TV211157	TV211158	TV211159	TV211160	TV211161	ID Cliente	Cobertura Verde 90%, Bloque 1	Cobertura Verde 90%, Bloque 2 M_1	Cobertura Verde 90%, Bloque 3 M_2	Cobertura Verde 90%, Bloque 4 M_3	Cobertura Verde 90%, Bloque 5 M_4	PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Proteinas	%	11.805	10.823	11.475	11.418
ID Anoba	TV211157	TV211158	TV211159	TV211160	TV211161																				
ID Cliente	Cobertura Verde 90%, Bloque 1	Cobertura Verde 90%, Bloque 2 M_1	Cobertura Verde 90%, Bloque 3 M_2	Cobertura Verde 90%, Bloque 4 M_3	Cobertura Verde 90%, Bloque 5 M_4																				
PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado																				
Proteinas	%	11.805	10.823	11.475	11.418																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID Anoba</th> <th>TV211162</th> <th>TV211163</th> <th>TV211164</th> <th>TV211165</th> <th>TV211166</th> </tr> <tr> <th>ID Cliente</th> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 6 M_1</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 7 M_2</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 8 M_3</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 9 M_4</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 10 M_5</td> </tr> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>Unidades</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteinas</td> <td>%</td> <td>10.901</td> <td>11.168</td> <td>11.5715</td> <td>10.383</td> </tr> </tbody> </table>		ID Anoba	TV211162	TV211163	TV211164	TV211165	TV211166	ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 6 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 7 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 8 M_3	Cobertura Negro 90%, Bloque 9 M_4	Cobertura Negro 90%, Bloque 10 M_5	PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Proteinas	%	10.901	11.168	11.5715	10.383
ID Anoba	TV211162	TV211163	TV211164	TV211165	TV211166																				
ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 6 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 7 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 8 M_3	Cobertura Negro 90%, Bloque 9 M_4	Cobertura Negro 90%, Bloque 10 M_5																				
PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado																				
Proteinas	%	10.901	11.168	11.5715	10.383																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID Anoba</th> <th>TV211167</th> <th>TV211168</th> <th>TV211169</th> <th>TV211170</th> <th>TV211171</th> </tr> <tr> <th>ID Cliente</th> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 11 M_1</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 12 M_2</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 13 M_3</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 14 M_4</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 15 M_5</td> </tr> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>Unidades</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteinas</td> <td>%</td> <td>11.326</td> <td>9.489</td> <td>10.801</td> <td>12.38</td> </tr> </tbody> </table>		ID Anoba	TV211167	TV211168	TV211169	TV211170	TV211171	ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 11 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 12 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 13 M_3	Cobertura Negro 90%, Bloque 14 M_4	Cobertura Negro 90%, Bloque 15 M_5	PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Proteinas	%	11.326	9.489	10.801	12.38
ID Anoba	TV211167	TV211168	TV211169	TV211170	TV211171																				
ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 11 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 12 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 13 M_3	Cobertura Negro 90%, Bloque 14 M_4	Cobertura Negro 90%, Bloque 15 M_5																				
PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado																				
Proteinas	%	11.326	9.489	10.801	12.38																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID Anoba</th> <th>TV211172</th> <th>TV211173</th> <th>TV211174</th> </tr> <tr> <th>ID Cliente</th> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 16 M_1</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 17 M_2</td> <td>Cobertura Negro 90%, Bloque 18 M_3</td> </tr> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>Unidades</th> <th>Resultado</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteinas</td> <td>%</td> <td>9.02</td> <td>10.801</td> </tr> </tbody> </table>		ID Anoba	TV211172	TV211173	TV211174	ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 16 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 17 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 18 M_3	PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado	Proteinas	%	9.02	10.801								
ID Anoba	TV211172	TV211173	TV211174																						
ID Cliente	Cobertura Negro 90%, Bloque 16 M_1	Cobertura Negro 90%, Bloque 17 M_2	Cobertura Negro 90%, Bloque 18 M_3																						
PARAMETRO	Unidades	Resultado	Resultado																						
Proteinas	%	9.02	10.801																						
ANEXO																									
PARAMETROS	UNIDAD	METODO	TECNICA																						
Proteinas	%	AOAC 2.062 Determinación de Proteinas por el Método Kjeldahl	Volumetrica																						
info@anoa.com.pe www.anoa.com.pe Jr. San Isidro Nro. 384 Urb. San Carlos - Lima 07		 																							

Figura 16: Resultados de análisis de agua usado en el experimento.

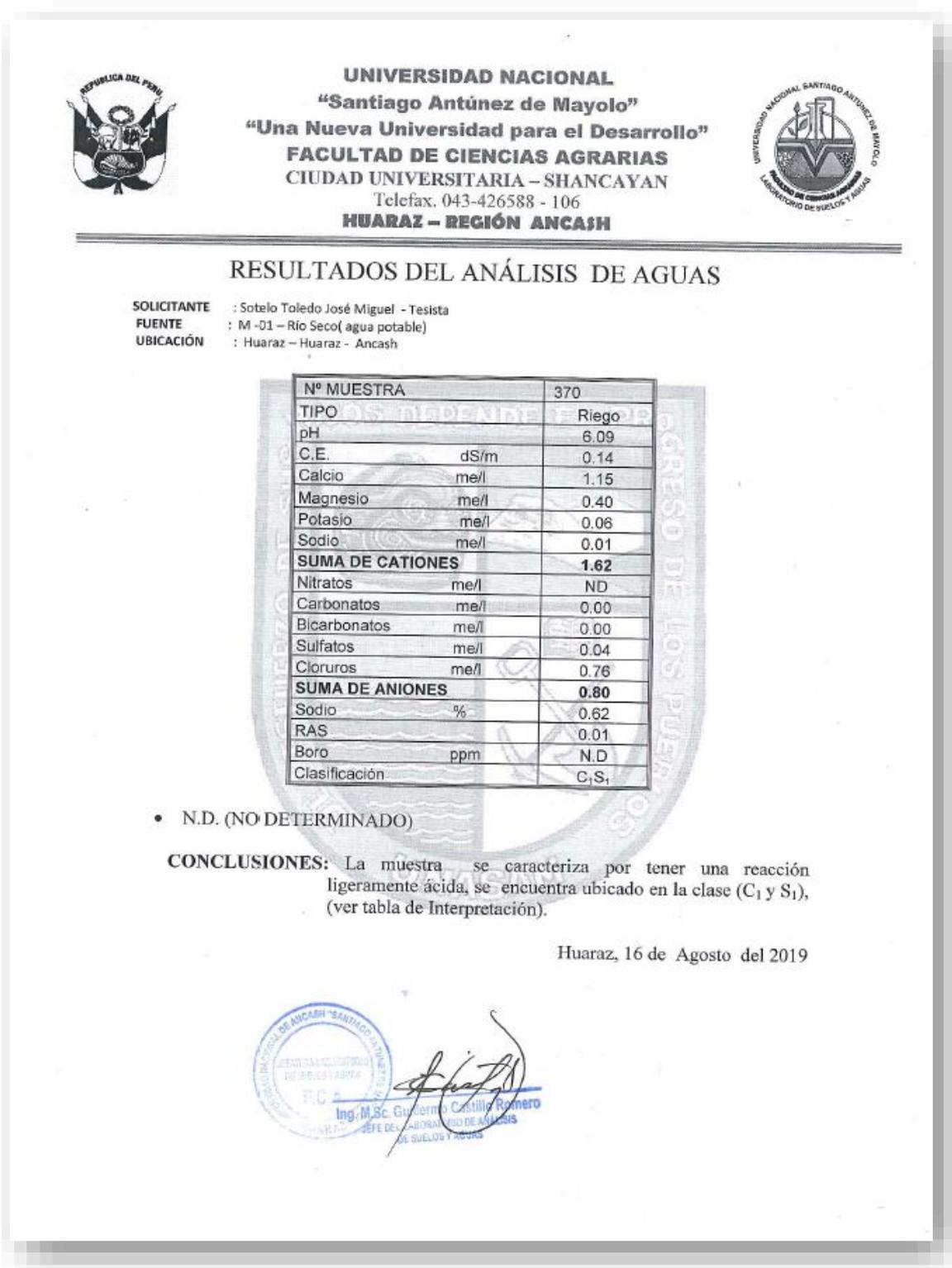


Tabla 17: Reporte de termohigrómetro del invernadero.

REPORTE TERMOHIDROMETRO 01 - INVERNADERO								
Elevación: 3070 m.s.n.m.			X: 221376.93 E			Y: 8942648.51 S		
Periodo: 26/02/2020 a 13/03/2020								
Día	T° Prom (°C)	T° max (°C)		T° Min (°C)		HR (%)		
		In	Out	In	Out	Max	Min	Promedio
18-Dic	24.0	41.3	35.8	9.7	9.3	94.6	18.4	56.5
19-Dic	26.2	41.4	37.7	14.4	11.1	94.8	26.2	60.5
20-Dic	22.6	41.1	37.6	5.8	6.0	23.5	10.5	17.0
21-Dic	22.5	38.2	33.2	8.9	9.8	95.6	14.4	55.0
22-Dic	26.1	46.5	36.8	10.6	10.6	87.5	9.5	48.5
23-Dic	25.6	48.8	33.3	10.2	10.0	91.4	9.6	50.5
24-Dic	21.5	42.1	29.9	6.8	7.3	11.9	10.1	11.0
25-Dic	15.7	31.8	16.9	7.4	6.7	15.6	10.4	13.0
26-Dic	15.6	28.8	13.9	9.6	10.2	13.7	9.7	11.7
27-Dic	18.4	34.2	23.2	8.4	7.8	21.1	16.9	19.0
28-Dic	21.2	41.8	27.5	7.8	7.6	35.5	10.5	23.0
29-Dic	18.1	31.6	22.4	9.3	8.9	99.4	9.6	54.5
30-Dic	19.3	39.6	24.8	6.3	6.6	99.3	9.7	54.5
31-Dic	18.5	37.7	25.9	5.1	5.1	95.3	11.7	53.5
1-Ene	14.9	30.4	18.8	5.3	5.1	77.6	29.4	53.5
2-Ene	21.1	43.2	29.4	5.6	6.2	80.6	10.4	45.5
Promedio	20.7	33.3		8.1		64.8	13.6	39.2
Maximo	26.2	48.8		14.4		99.4	29.4	60.5
Minimo	14.9	13.9		5.1		11.9	9.5	11.0

Anexo 2: Panel fotográfico.

Figura 17: *Siembra de forraje verde hidropónico.*



Figura 18: *Vista del módulo de producción de forraje verde hidropónico.*



Figura 19: *Forraje verde hidropónico en inicio de fase luminosa.*



Figura 20: *Medición de intensidad lumínica con luxómetro.*

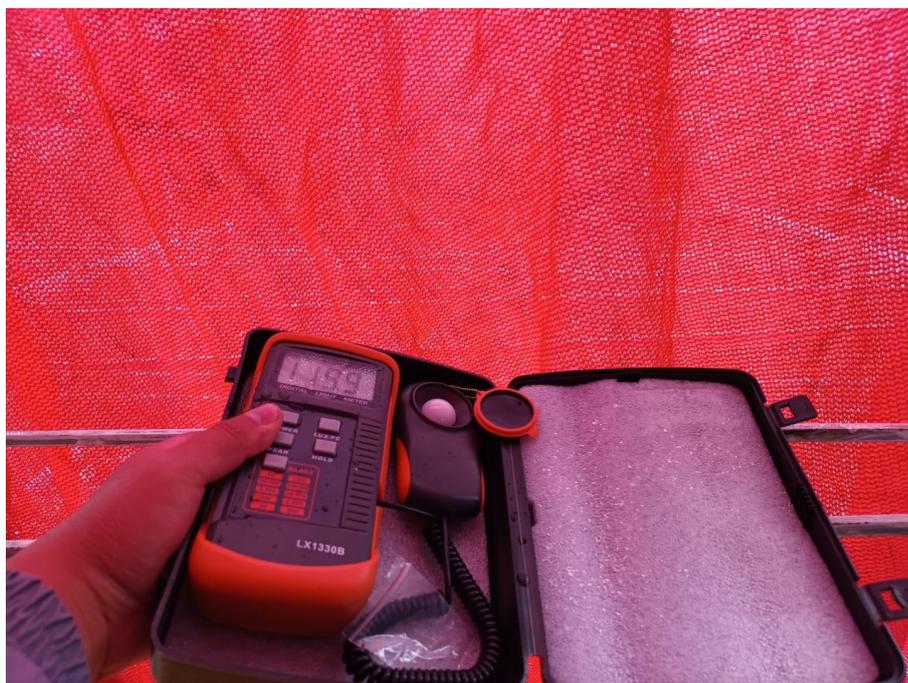


Figura 21: *Visita del patrocinador y presidente del jurado de tesis.*



Figura 22: *Forraje cosechado previa a la evaluación.*



Figura 23: *Obtención de muestras para análisis en laboratorio.*



Figura 24: *Muestras para ser analizadas en laboratorio.*



Anexo 3: Análisis económico según tratamientos.

Tabla 18: Análisis económico del tratamiento 1.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO							
T1: Negro 50%							
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Dosis siembra (Kg/m2)		3.250	
Ciclo productivo en invernadero (días)		15		Capacidad Productiva (Bandejas)		150	
Días de fertirriego (días)		13		Capacidad Productiva (m2)		23.1	
				Cosechas al año		24.3	
COSTOS FIJOS							
Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03 Malla rashell negro 50%	m2	20	S/. 1.13	S/. 22.50	5	S/. 0.18	S/. 0.01
1.04 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/. 1.67
COSTOS VARIABLES							
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2		
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13		
2.03 Agua		L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007		
2.04 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51		
2.05 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17		
2.06 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50		
2.07 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09		
Sub Total Costos Variables						S/. 13.39	
Imprevistos (5%)						S/. 0.67	
Total Costos Variables						S/. 14.06	
Costos Fijos Unitarios (m2)						S/. 1.67	
Costos Variables Unitarios (m2)						S/. 14.06	
Costos Totales						S/. 15.73	
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)						5.98	
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2						19.43	
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2						S/. 0.81	
Rendimiento Anual (Kg/m2)						472.68	
Rendimiento Anual (ton/Ha)*						5459.5	

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido a que se usan estanterias

Tabla 19: Análisis: económico del tratamiento 2.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO							
T2: Negro 80%				Dosis siembra (Kg/m2)		3.250	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55		Capacidad Productiva (Bandejas)		150		
Ciclo productivo en invernadero (días)	15		Capacidad Productiva (m2)		23.1		
Días de fertirriego (días)	13		Cosechas al año		24.3		
COSTOS FIJOS							
Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03 Malla rashell negro 80%	m2	20	S/. 2.25	S/. 45.00	5	S/. 0.37	S/. 0.02
1.04 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/. 1.68
COSTOS VARIABLES							
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2		
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13		
2.03 Agua		L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007		
2.04 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51		
2.05 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17		
2.06 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50		
2.07 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09		
Sub Total Costos Variables						S/. 13.39	
Imprevistos (5%)						S/. 0.67	
Total Costos Variables						S/. 14.06	
Costos Fijos Unitarios (m2)						S/. 1.68	
Costos Variables Unitarios (m2)						S/. 14.06	
Costos Totales						S/. 15.74	
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)						5.94	
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2						19.30	
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2						S/. 0.82	
Rendimiento Anual (Kg/m2)						469.68	
Rendimiento Anual (ton/Ha)*						5424.8	

Tabla 20: Análisis económico del tratamiento 3.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO								
T3: Verde 50%				Dosis siembra (Kg/m2)		3.250		
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Capacidad Productiva (Bandejas)		150		
Ciclo productivo en invernadero (días)		15		Capacidad Productiva (m2)		23.1		
Días de fertirriego (días)		13		Cosechas al año		24.3		
COSTOS FIJOS								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01	Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03	Malla rashell verde 50%	m2	20	S/. 1.25	S/. 25.00	5	S/. 0.21	S/. 0.01
1.04	Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05	Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06	Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos								S/. 1.67
COSTOS VARIABLES								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2			
2.01	Semilla Cebada	Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13			
2.03	Agua	L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007			
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51			
2.05	Lejia	L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17			
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50			
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09			
Sub Total Costos Variables						S/. 13.39		
Inprevistos (5%)						S/. 0.67		
Total Costos Variables						S/. 14.06		
Costos Fijos Unitarios (m2)						S/. 1.67		
Costos Variables Unitarios (m2)						S/. 14.06		
Costos Totales						S/. 15.73		
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)						6.46		
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2						21.00		
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2						S/. 0.75		
Rendimiento Anual (Kg/m2)						511.04		
Rendimiento Anual (ton/Ha)*						5902.5		

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido a que se usan estanterias

Tabla 21: Análisis económico del tratamiento 4.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO							
T4: Verde 80%				Dosis siembra (Kg/m2)		3.250	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55			Capacidad Productiva (Bandejas)		150	
Ciclo productivo en invernadero (días)	15			Capacidad Productiva (m2)		23.1	
Días de fertirriego (días)	13			Cosechas al año		24.3	
COSTOS FIJOS							
Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03 Malla rashell verde 80%	m2	20	S/. 2.50	S/. 50.00	5	S/. 0.41	S/. 0.02
1.04 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/. 1.68
COSTOS VARIABLES							
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2		
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13		
2.03 Agua		L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007		
2.04 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51		
2.05 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17		
2.06 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50		
2.07 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09		
Sub Total Costos Variables					S/. 13.39		
Inprevistos (5%)					S/. 0.67		
Total Costos Variables					S/. 14.06		
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 1.68		
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 14.06		
Costos Totales					S/. 15.74		
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					6.23		
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					20.25		
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.78		
Rendimiento Anual (Kg/m2)					492.69		
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					5690.6		

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido a que se usan estanterias

Tabla 22: Análisis económico del tratamiento 5.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO								
T5: Rojo 50%				Dosis siembra (Kg/m2)		3.250		
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Capacidad Productiva (Bandejas)		150		
Ciclo productivo en invernadero (días)		15		Capacidad Productiva (m2)		23.1		
Días de fertirriego (días)		13		Cosechas al año		24.3		
COSTOS FIJOS								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01	Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03	Malla rashell rojo 50%	m2	20	S/. 1.25	S/. 25.00	5	S/. 0.21	S/. 0.01
1.04	Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05	Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06	Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/.	1.67
COSTOS VARIABLES								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2			
2.01	Semilla Cebada	Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13			
2.03	Agua	L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007			
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51			
2.05	Lejia	L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17			
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50			
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09			
Sub Total Costos Variables							S/.	13.39
Inprevistos (5%)							S/.	0.67
Total Costos Variables							S/.	14.06
Costos Fijos Unitarios (m2)							S/.	1.67
Costos Variables Unitarios (m2)							S/.	14.06
Costos Totales							S/.	15.73
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)							5.97	
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2							19.41	
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2							S/.	0.81
Rendimiento Anual (Kg/m2)							472.36	
Rendimiento Anual (ton/Ha)*							5455.8	

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido a que se usan estanterias

Tabla 23: Análisis económico del tratamiento 6.

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO								
T6: Rojo 80%								
Consumo de agua (l/m ² /día)		2.55		Dosis siembra (Kg/m ²)		3.250		
Ciclo productivo en invernadero (días)		15		Capacidad Productiva (Bandejas)		150		
Días de fertirriego (días)		13		Capacidad Productiva (m ²)		23.1		
				Cosechas al año		24.3		
COSTOS FIJOS								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.84
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	20	S/. 11.83	S/. 0.49
1.03	Malla rashell rojo 80%	m ²	20	S/. 2.50	S/. 50.00	5	S/. 0.41	S/. 0.02
1.04	Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.05	Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.06	Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/.	1.68
COSTOS VARIABLES								
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2			
2.01	Semilla Cebada	Kg	3.25	S/. 2.5000	S/. 8.13			
2.03	Agua	L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007			
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51			
2.05	Lejia	L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17			
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.1000	S/. 45.00	S/. 4.50			
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09			
Sub Total Costos Variables					S/.	13.39		
Inprevistos (5%)					S/.	0.67		
Total Costos Variables					S/.	14.06		
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/.	1.68		
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/.	14.06		
Costos Totales					S/.	15.74		
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					6.14			
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m ²					19.97			
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m ²					S/.	0.79		
Rendimiento Anual (Kg/m ²)					485.89			
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					5612.0			

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido a que se usan estanterias

Anexo 4: Evaluación de luz visible.

Tabla 24: Registro evaluación de luz visible según tratamientos.

Fecha											PromedioL
3-Mar	4-Mar	5-Mar	6-Mar	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar	UX
151.0	145.0	155.0	149.0	152.0	153.0	148.0	155.0	151.0	146.0	150.0	150.5
17.0	21.0	14.0	20.0	15.0	20.0	14.0	19.0	21.0	13.0	17.0	17.4
245.0	248.0	243.0	244.0	243.0	251.0	245.0	245.0	249.0	251.0	248.0	246.5
110.0	113.0	116.0	113.0	111.0	113.0	118.0	114.0	111.0	111.0	115.0	113.2
190.0	183.0	193.0	192.0	193.0	193.0	191.0	183.0	185.0	190.0	188.0	189.2
121.3	128.3	122.3	121.3	120.3	127.3	126.3	121.3	129.3	125.3	124.3	124.3
177.0	180.0	173.0	179.0	181.0	180.0	176.0	178.0	177.0	173.0	178.0	177.5
15.0	25.0	21.0	22.0	17.0	16.0	17.0	17.0	19.0	16.0	20.0	18.6
238.0	233.0	239.0	234.0	236.0	237.0	235.0	238.0	243.0	235.0	238.0	236.9
82.0	86.0	82.0	87.0	77.0	85.0	77.0	77.0	87.0	83.0	82.0	82.3
208.0	215.0	211.0	209.0	212.0	211.0	212.0	213.0	214.0	217.0	213.0	212.3
135.7	135.7	134.7	126.7	128.7	134.7	126.7	135.7	132.7	135.7	130.7	132.5
217.0	215.0	219.0	218.0	217.0	223.0	215.0	217.0	222.0	221.0	219.0	218.5
30.0	35.0	34.0	35.0	28.0	28.0	34.0	36.0	28.0	37.0	32.0	32.5
300.0	303.0	302.0	302.0	308.0	300.0	304.0	300.0	305.0	306.0	303.0	303.0
125.0	132.0	132.0	132.0	125.0	133.0	128.0	130.0	126.0	129.0	129.0	129.2
161.0	162.0	166.0	160.0	166.0	166.0	162.0	159.0	165.0	157.0	161.0	162.3
165.5	166.5	168.5	167.5	172.5	175.5	175.5	170.5	170.5	165.5	170.5	169.9

