

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



**“DETERMINACIÓN DEL PERIODO ÓPTIMO DE COSECHA DEL
FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)
CULTIVAR CENTENARIO EN RUMICHUCO - HUARAZ A 3075 m.s.n.m.”**

PRESENTADA POR:

Bach. PITER FERNANDO RAMIREZ ACUÑA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PATROCINADOR:

Dr. RAYMUNDO PEÑAFORTE CAMONES CARRILLO

Huaraz, Perú

2020

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

DEDICATORIA

A todas las personas que contribuyeron a la realización de esta meta y en especial a mi familia por ser un aliciente día a día para ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Deseo mencionar a las personas que me guiaron y ayudaron a crecer como persona y en el ámbito académico. Por ello reciban mi más sincero agradecimiento:

- Mi alma mater: la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, y todos los catedráticos que formaron parte de mi formación profesional.
- Todos mis familiares y amigos. quienes me inspiraron, guiaron, motivaron a ser cada día mejor.

I. INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
I. INDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
II. RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
III. INTRODUCCIÓN	1
3.1. JUSTIFICACIÓN	2
3.2. OBJETIVO GENERAL.....	2
3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1. ANTECEDENTES	4
4.2. BASES TEÓRICAS	5
4.2.1. HIDROPONÍA	5
4.2.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	5
4.2.3. CONDICIONES DEL CULTIVO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	6
4.2.4. CEBADA COMO FORRAJE	8
4.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	14
5.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	14
5.3. MATERIALES	16
5.3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	16
5.3.2. MATERIALES DEL CENTRO HIDRÓPONICO	16

5.3.3.	INSTALACIONES	16
5.3.4.	INSUMOS	16
5.3.5.	EQUIPOS	17
5.3.6.	MATERIALES DE ESCRITORIO.....	17
5.4.	MÉTODOS	17
5.4.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	17
5.4.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
5.4.3.	DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	18
5.4.4.	PLAN DE MUESTREO.....	18
5.4.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
5.4.6.	HIPÓTESIS	20
5.4.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	21
5.4.8.	POBLACIÓN Y MUESTRA	22
5.4.9.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	22
5.4.10.	PROCEDIMIENTO	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
6.1.	RESULTADOS	27
6.1.1.	RENDIMIENTO	27
6.1.2.	ÍNDICE CONVERSIÓN BIOMASA FORRAJE/SEMILLA.....	28
6.1.3.	PROTEÍNA TOTAL	29
6.1.4.	MATERIA SECA EN EL TALLO	31
6.1.5.	MATERIA SECA DE LA RAÍZ.....	32
6.1.6.	MATERIA SECA TOTAL DEL FORRAJE	33
6.1.7.	CENIZAS EN EL TALLO.....	35
6.1.8.	CENIZAS EN LA RAÍZ	36
6.1.9.	CENIZA TOTAL DEL FORRAJE	37
6.1.10.	RENTABILIDAD	39

6.2.	DISCUSIÓN	39
VII.	CONCLUSIONES.....	42
VIII.	RECOMENDACIONES	43
IX.	BIBLIOGRAFÍA	44
X.	ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición bromatológica de forraje verde hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivar Centenario	11
Tabla 2: Resultado e interpretación de análisis de agua de riego.....	15
Tabla 3: Análisis de varianza generalizado de regresión	20
Tabla 4: Análisis varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y rendimiento (Ton/Ha).....	27
Tabla 5: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal entre periodo de cosecha y conversión de biomasa de forraje/semilla	28
Tabla 6: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de proteína total (%)	30
Tabla 7: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de materia seca en el tallo (%).	31
Tabla 8: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de materia seca en la raíz (%).	32
Tabla 9: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y contenido de materia seca total de la planta (%).	34
Tabla 10: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de cenizas en el tallo (%).	35
Tabla 11: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y contenido de cenizas en la raíz (%).	36
Tabla 12: Análisis de regresión lineal y varianza (ANOVA) entre periodo de cosecha y contenido de cenizas en la planta (%).	38
Tabla 13: Análisis de rentabilidad del forraje según periodos de cosecha.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de riego nebulizado en el cultivo de forraje verde hidropónico de cebada.	7
Figura 2: Unidad de Estudio - Bandeja de producción con forraje verde hidropónico.	18
Figura 3: Selección y evaluación de la semilla a usar en el experimento.	24
Figura 4: Lavado de la semilla luego de la desinfección con lejía.	24
Figura 5: Remojo de la semilla por un periodo de 12 horas.	24
Figura 6: Inicio pre germinación de las semillas en coladores bajo oscuridad.	25
Figura 7: Semillas en crecimiento en fase oscura.	25
Figura 8: Forraje en crecimiento en fase luminosa.	26
Figura 9: Evaluación del forraje verde hidropónico en la cosecha.	26
Figura 10: Modelo lineal y polinómico para el rendimiento de forraje verde hidropónico.	28
Figura 11: Modelo lineal y polinómico para el índice de conversión de biomasa del forraje/ semilla.	29
Figura 12: Modelo lineal y polinómico para el contenido de proteína total.	30
Figura 13: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en el tallo.	31
Figura 14: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en la raíz.	33
Figura 15: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia total en el forraje. ...	34
Figura 16: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en el tallo.	35
Figura 17: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en la raíz.	37
Figura 18: Modelo lineal y polinómico para el contenido de ceniza total en la planta.	38
Figura 1: Sistema de riego nebulizado en el cultivo de forraje verde hidropónico de cebada.	7
Figura 2: Unidad de Estudio - Bandeja de producción con forraje verde hidropónico.	18
Figura 3: Selección y evaluación de la semilla a usar en el experimento.	24
Figura 4: Lavado de la semilla luego de la desinfección con lejía.	24
Figura 5: Remojo de la semilla por un periodo de 12 horas.	24

Figura 6: Inicio pre germinación de las semillas en coladores bajo oscuridad.	25
Figura 7: Semillas en crecimiento en fase oscura.....	25
Figura 8: Forraje en crecimiento en fase luminosa.....	26
Figura 9: Evaluación del forraje verde hidropónico en la cosecha.....	26
Figura 10: Modelo lineal y polinómico para el rendimiento de forraje verde hidropónico.	28
Figura 11: Modelo lineal y polinómico para el índice de conversión de biomasa del forraje/ semilla.....	29
Figura 12: Modelo lineal y polinómico para el contenido de proteína total.....	30
Figura 13: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en el tallo.	31
Figura 14: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en la raíz.	33
Figura 15: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia total en el forraje. ...	34
Figura 16: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en el tallo.	35
Figura 17: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en la raíz.	37
Figura 18: Modelo lineal y polinómico para el contenido de ceniza total en la planta.	38
Figura 19: Acondicionamiento del área experimental.....	52
Figura 20: Evaluación de las semillas	52
Figura 21: Visita del patrocinador y jurado de tesis.....	53
Figura 22: Inspección del patrocinador.	53
Figura 23: Evaluación de rendimiento.	54
Figura 24: Forraje logrado en el experimento	54
Figura 25: Obtención de muestras para análisis de laboratorio.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados de evaluación en laboratorio	49
Anexo 2: Panel fotográfico.....	52
Anexo 3: Matriz de datos de rendimiento.	56
Anexo 4: Datos meteorológicos del invernadero.	57
Anexo 5: Datos de análisis de varianza de regresión para rendimiento.	58
Anexo 6: Datos de análisis de varianza de regresión para índice de conversión de biomasa/semilla.	59
Anexo 7: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de proteína total.....	60
Anexo 8: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca en la raíz.	61
Anexo 9: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca en el tallo.	62
Anexo 10: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca total en la planta.	63
Anexo 11: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas en la raíz.	64
Anexo 12: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas en el tallo.	65
Anexo 13: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas total en la planta.	66
Anexo 14: Análisis económico de los tratamientos en estudio	67
Anexo 15: Ficha técnica de soluciones hidropónicas la molina	73

II. RESUMEN

La presente investigación, se realizó con el objetivo de determinar el período óptimo de cosecha de forraje verde hidropónico de cebada centenaria en Rumichuco, distrito y provincia de Huaraz del departamento de Ancash. El experimento se llevó a cabo, bajo el marco de la hidroponía en condiciones de invernadero, durante el período del 22 de agosto al 11 de setiembre de 2019.

En la ejecución del experimento, se aplicó en Diseño Completamente al Azar, consignándose cuatro repeticiones para cada día de cosecha, por lo que se utilizó un total de 40 unidades experimentales, constituidas por bandejas forrajeras de 28 cm x 55 cm x 6 cm cada una.

Dentro de este trabajo, se evaluó el rendimiento (Ton/Ha) del forraje verde, índice de conversión en biomasa de forraje, proteína total, materia seca y cenizas del forraje en 10 periodos de cosecha (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 días después de la siembra).

Los resultados obtenidos en el presente experimento indican que el periodo óptimo de cosecha se encuentra entre los 15 a 17 días después de la siembra, debido a que durante este periodo se logra un mayor contenido de proteína cruda, ceniza, así como un mayor rendimiento e índice de conversión del forraje verde de cebada centenaria.

Palabras claves: periodo de cosecha, forraje verde hidropónico, cebada.

ABSTRACT

The present research, at the level of undergraduate thesis, was carried out with the objective of determining the optimal harvest period of hydroponic green fodder of centennial barley in Rumichuco, district and province of Huaraz in the department of Ancash. The experiment was carried out, under the framework of hydroponics in greenhouse conditions, during the period from August 22 to September 11, 2019.

In the execution of the experiment, no distorting element of the results was found, so it was applied in Completely Random Design, with four repetitions for each harvest day, so a total of 40 experimental units were used, formed by forage trays of 28 cm x 55 cm x 6 cm each.

Within this work, we evaluated the yield (Ton/Ha) of green fodder, conversion rate into forage biomass, such as offered/seed, total protein, dry matter and forage ash in 10 harvesting periods (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 and 20 days after sowing).

The results obtained in this experiment, indicate that the optimal harvest period is between 15 to 17 days after planting, because during this period a higher crude protein content is achieved, ash, as well as a higher yield and conversion rate of green centennial barley fodder.

Keywords: harvest period, hydroponic green forage, barley.

III. INTRODUCCIÓN

Casi dos millones de personas mueren al año por falta de agua, es probable que en 15 años la mitad de la población mundial viva en áreas en las que no habrá suficiente agua para todos (BBC, 2015). En el Perú más de dos millones de hectáreas dependen de la lluvia, especialmente la papa, trigo, cebada y maíz (Andina, 2015).

Bajo condiciones de escasez de agua en la época seca, la falta de alimento obliga a buscar otras alternativas de producción, en el cual, haciendo uso de la técnica de la hidroponía, se puede obtener forraje verde hidropónico (FVH), que puede ser una opción apropiada para pequeños ganaderos (Abarca, Aguirre, Carrasco, Mora y Silva, 2018)

La tecnología de producción de forraje verde hidropónico, a nivel nacional surge como alternativa prometedora. A nivel local la cebada cultivar Centenario es la especie con mayor rendimiento de biomasa fresca, además de presentar una mayor conversión de semilla a forraje fresco (Romero, 2017).

Para lograr paquetes tecnológicos en la producción de forraje verde hidropónico, es importante investigar aspectos relacionados a la fertilización, sanidad, así como conocer el periodo óptimo de cosecha, sin descuidar indicadores cualitativos y cuantitativos relacionados a la producción.

Respecto a los días de cosecha, se considera 3 días para la germinación y 10 días para el desarrollo del forraje, totalizando un periodo de 13 días desde la siembra hasta la cosecha, con una altura promedio de 15 a 20 cm (Sanchez, 2015). Por otro lado, el forraje verde hidropónico a los 15 días, se encuentra en condiciones de ser cosechado y en condiciones para ser entregado a los animales (Abarca et al., 2018).

Diversos autores sostienen que, el periodo de cosecha se fundamenta en parámetros externos del forraje, como es la altura lograda por el forraje; sin embargo, este no es indicador suficiente de una buena calidad nutritiva del forraje cosechado. Por tanto, con la presente tesis se determinará el tipo de relación existente entre el periodo de cosecha y la calidad nutritiva del forraje.

3.1. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó, para determinar la relación existente entre el periodo de cosecha y la calidad nutritiva en la producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada cultivar Centenario, bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de:

- Aportar alternativa tecnológica ecológica y sostenible en la producción rentable de pastos y forrajes en las zonas de baja disponibilidad de terrenos para el cultivo extensivo de pastos.
- Posibilitar a los agricultores y productores pecuarios, para que produzcan pasto verde donde existe limitantes en la disponibilidad de agua.
- Aportar nuevos conocimientos sobre la fenología de pasto verde hidropónico en condiciones de invernadero, a fin de ampliar las interrogantes y posibilitar futuras investigaciones.

3.2. OBJETIVO GENERAL

Determinar el periodo óptimo de cosecha del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario, en Rumichuco, Huaraz, bajo condiciones de invernadero.

3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el periodo de cosecha, donde se obtenga el mayor contenido de proteína total en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario.
- Identificar el periodo de cosecha, en el que se obtenga el mayor contenido de materia seca en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario.

- Determinar el periodo de cosecha, en el que se obtenga el mayor contenido de cenizas en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario.
- Determinar el período de cosecha, en el que se obtenga mayor rentabilidad en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. ANTECEDENTES

Condori (2015), evaluó tres periodos de cosecha en la variedad Criolla y la variedad IBTA-80 de cebada para la producción de FVH. Los periodos de cosecha fueron a los 15, 20 y 25 días después de la siembra, este factor se estudió con el fin de determinar el periodo de mayor productividad. En la variedad IBTA-80, se obtuvieron mayores valores de índices productivos, tales como precocidad en la germinación y emergencia, rendimiento de FVH y relación de conversión de semilla a forraje; sin embargo, la variedad Criolla presentó mayores valores productivos en altura de planta y porcentaje de materia seca; y, de acuerdo a los parámetros productivos obtenidos en la investigación, el mejor período de cosecha fue a los 20 días, tomándose en cuenta que la infraestructura y la localidad donde se realizó esta investigación, permitió su factibilidad, debido a que se obtienen mayores ganancias en relación a la variedad IBTA-80 (semilla certificada), con la que no se obtuvieron ganancias. En consecuencia, el mejor B/C es de 1,64, el cual se obtuvo con el tratamiento 2, que es FVH de cebada de la variedad Criolla producido a los 20 días.

Zagal et al. (2016), refiere que, en la producción de forraje hidropónico de maíz los mayores valores fueron en el día 13: altura media de 30.45 ± 4.5 cm, un rendimiento 2.5335 Kg y un 80.5 % de germinación. Además, concluyen que es factible la producción de forraje verde hidropónico de maíz en charolas de cartón con riego cada 24 horas.

Salas et al. (2010), concluyó que, el tipo de fertilización y los días a cosecha afectan el rendimiento y la calidad nutricional del forraje hidropónico de maíz. Según dicho autor, el híbrido AN447 superó al criollo en el contenido de proteína cruda y fibra ácido detergente. El mayor rendimiento en peso fresco, contenido de materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, se obtuvo a los 16 días de cosecha.

Romero (2017), sostiene que la cebada Centenario es la especie que mayor rendimiento ha obtenido con 10.38 Kg/m^2 , presentando una mayor conversión de semilla a forraje fresco, con un valor de 4.5; además de ser la especie con mayor rentabilidad

económica de 15%; de igual manera, presenta un menor costo por Kg de materia seca y de proteína cruda. Finalmente recomienda desarrollar investigaciones orientadas a mejorar el rendimiento, así como el contenido de proteína cruda en la producción de forraje verde hidropónico de cebada.

4.2. BASES TEÓRICAS

4.2.1. HIDROPONÍA

El término hidroponía, tiene su origen en las palabras griegas “hydro”, que significa agua, y “ponos”, que significa trabajo. Tradicionalmente se ha entendido como el cultivo de plantas en soluciones nutritivas, que contiene todos los elementos minerales necesarios, para el desarrollo y producción de plantas (Abarca et al., 2018).

La hidroponía es una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo o tierra; obteniéndose cultivos de excelente calidad y sanidad, y se asegura el uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y elevada productividad de la planta (Rodríguez, Chang, Paqui y Orosco, 2016).

4.2.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El forraje verde hidropónico consiste en la germinación de semillas de especies poáceas y fabáceas que pueden ser utilizadas como forrajeras, entre ellas, trigo, avena, centeno, cebada, maíz, alfalfa, entre otras. El método, es bastante antiguo, pues se remonta a la época de griegos y romanos, que hacían germinar la semilla para alimentar su ganado (Abarca et al., 2018).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El forraje verde hidropónico o “*green fodder hydroponics*” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (FAO, 2001).

La técnica de producción de forraje verde hidropónico, ofrece numerosas e interesantes ventajas desde el punto de vista económico, sobre todo en cuanto al espacio de cultivo, la mano de obra, los gastos operacionales, la calidad del alimento, la obtención del mismo en

tiempo de sequía y una visible reducción en la reducción producción-costos (Rodríguez, 2006).

4.2.3. CONDICIONES DEL CULTIVO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Para el adecuado desarrollo del cultivo de forraje verde hidropónico, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones ambientales:

- a) **Temperatura:** Los forrajes deben estar a una temperatura que no sobrepase los 30 °C ni sea inferior a los 12 °C. La humedad debe mantenerse alrededor del 90 % (Sanchez, 2015).
- b) La **luminosidad** es un punto muy importante a tener en cuenta al tratarse de producción vegetal, siendo cultivo hidropónico, sin sustratos para desarrollos radiculares. La incidencia de los rayos solares son dañinos, entonces, la producción se realiza en sombras inicialmente, pero no en la oscuridad absoluta (Sanchez, 2015). En cuanto a la iluminación que debe recibir el forraje será suministrada una vez que se pongan verdes los primeros pastos, esto sucede aproximadamente a los 5 días de la germinación. Se requiere de un mínimo de luz de 2800 a 40000 luxes, con este rango lumínico se garantiza evitar daños al forraje y lograr la producción esperada (Agriculturers, 2014).
- c) **Humedad,** el rango óptimo de la humedad relativa oscila entre 60 y 80%; con una humedad relativa mayor al porcentaje mencionado, existe riesgo que proliferen enfermedades por hongos, una humedad inferior supone una amenaza de deshidratación (Agriculturers, 2014).

CICLO PRODUCTIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

De acuerdo a múltiples autores, el proceso de producción del forraje verde hidropónico comprende básicamente las siguientes etapas.

- a) **Selección:** en esta etapa se recomienda emplear semilla de alta calidad, adaptada a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento (Intagri, 2014).
- b) **Desinfección:** La desinfección de las semillas, tiene como principal objetivo disminuir o anular la proliferación de hongos durante el crecimiento del forraje. Para ello, una forma sencilla y económica de desinfectar la semilla posterior a la etapa de pre-

germinación, es sumergir la semilla en una solución de hipoclorito de sodio (Cloro) al 1%, es decir, 10 ml de cloro en 1 litro de agua limpia, y por un tiempo no mayor a los 2 minutos, debido a que un tiempo mayor podría dañar la viabilidad de la semilla y consecuentemente disminuir la germinación y rendimiento (Abarca, Aguirre, Carrasco, Mora, & Silva, 2018).

- c) **Pre-germinación:** esta etapa consiste en que, a las 12 horas de estar remojadas en agua, las semillas deben ser escurrirlas durante 1 hora y luego sumergirlas nuevamente 12 horas. Este mecanismo induce la rápida germinación de la semilla (Intagri, 2014).
- d) **Germinación:** esta etapa comprende en retirar del agua las semillas, luego mantener las semillas bajo sombra en un costal oscuro para favorecer la germinación y el crecimiento inicial. Una vez detectada la germinación de las semillas se retira del costal y se procede a sembrar (Intagri, 2014).
- e) **Siembra:** consiste en colocar las semillas en las bandejas, para ello se debe usar densidad de siembra 3.25 Kg/m^2 . Se debe distribuir una delgada capa de semillas germinadas, la cual no debe ser mayor a 1.5 cm de altura o espesor (Intagri, 2014).
- f) **Riego:** El riego de las bandejas de crecimiento del FVH puede realizarse a través de microaspersores, nebulizadores o con una bomba aspersor portátil (mochila de mano). Se deben dar riegos de 3 a 5 veces en el transcurso del día, con una duración menor a 2 minutos (Intagri, 2014).

Figura 1: Sistema de riego nebulizado en el cultivo de forraje verde hidropónico.



g) Fertilización con solución nutritiva: la fertilización se debe iniciar al aparecer las primeras hojas, al quinto día después de la siembra, esta actividad consiste en aplicar riegos con solución nutritiva. La cantidad de nutrientes a aplicar estará en función al análisis del agua. Los nutrientes también pueden ser variables en función de la dureza del agua (Intagri, 2014).

4.2.4. CEBADA COMO FORRAJE

TAXONOMÍA

De acuerdo al portal Integrated Taxonomix Information System (2020), la cebada presenta la siguiente clasificación taxonomica.

Reino:	Plantae; planta, vegetal, plantas
Subreino:	Viridiplantae; plantas verdes
Infrareino:	Streptophyta; plantas terrestres
Superdivisión:	Embryophyta
División:	Traqueofitas; plantas vasculares, traqueofitas
Subdivisión:	Espermatofitina; espermatofitos, plantas con semillas,
Clase:	Magnoliopsida
Superorden:	Lilianaes; monocotiledóneas, monocotiledóneas.
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae; gramíneas, gramíneas
Género:	<i>Hordeum</i> L.; cebada
Especies	<i>Hordeum vulgare</i> L.; cebada común, cebada.

CEBADA CENTENARIO

La cebada Centenario, es una variedad lograda por la Universidad Nacional Agraria La Molina con el respaldo del Organismo Internacional de Energía Atómica y la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Para su obtención se aplicó una técnica que irradia las semillas para inducir cambios. Los rayos gama aceleraron el proceso evolucionario de los cambios espontáneos que ocurren en la naturaleza. La capacidad natural de las plantas para evolucionar toma normalmente millones de años. Las semillas de cebada irradiadas fueron sembradas en la Universidad La Molina en Lima. Los investigadores, liderados por la profesora Gómez-Pando, seleccionaron las mejores plantas y plantaron sus semillas. Este proceso de selección continuó siete años hasta que finalmente, en 2006, nació el Centenario, una nueva cepa de cebada, la mejor que ha tenido Perú hasta ahora. Esta variedad destaca por producir más grano que cualquier otra variedad y es rico en proteína. Por otro lado, centenario también es resistente a las enfermedades y tolera las temperaturas extremas que son comunes en los Andes (ONU, 2020).

IMPORTANCIA DE LA CEBADA COMO FORRAJE

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los cereales forrajeros que se utiliza en muchas partes del mundo para la alimentación en sistemas ganaderos de producción de carne y leche. Además debido a su alto rendimiento, la cebada es utilizada para compensar las deficiencias de los forrajes perennes cuyo rendimiento es muy bajo, como consecuencia de las condiciones climáticas que se presentan en invierno e inicios de primavera (Keles, Coskun, y Koc, 2013).

La cebada, a diferencia de otras gramíneas, tiene la ventaja de ser más vigorosa, resistente a la sequía, salinidad y puede cultivarse en suelos marginales (López-Castañeda y Richards, 1994). Este cultivo presenta rápido desarrollo, por lo cual produce forraje y grano en menor tiempo, en comparación con otros cultivos del mismo ciclo, además presenta buena calidad forrajera dependiendo de la etapa de desarrollo en que se realice el corte (Colín-Rico et al, 2007).

En una producción convencional a campo abierto, la radiación interceptada y el índice de área foliar (IAF) pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte, siempre y cuando no existan daños en la producción de forraje por factores climáticos adversos. El momento óptimo de corte a campo abierto, generalmente se da a los 70 días

después de la siembra con valores de radiación interceptada de 94, 95 y 91%, IAF de 7, 5 y 3 y alturas planta de 88, 82 y 59 cm. La etapa óptima de desarrollo para corte de forraje verde o henificado en cebada es la etapa de elongación del tallo, debido a que en esta etapa se registra la mayor cantidad de hojas e IAF. Así mismo, desde el punto de vista de rendimiento total se recomienda cosechar en el inicio del estado masoso del grano que es cuando se tiene la mayor cantidad de forraje y grano (García, et al., 2017).

CEBADA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO

A los ocho días, en forraje verde hidropónico de cebada se logra una producción de 158.33 Ton/Ha y el costo del kg de FVH fue de \$ 1,09 (Romero, Córdova, & Hernández, 2009).

Similarmente en la misma especie, con un ciclo de producción de ocho días. Con una densidad de siembra 3.5 kg/m², se logran rendimientos de 32.8 kg/m² y relación de conversión de 1:9.3 (Sánchez, et al., 2013).

En la producción de forraje hidropónico de cebada se recomienda un tratamiento inicial de 12 horas de imbibición de la semilla, con una densidad de siembra recomendada de 2 a 3 Kg/m² secas al aire. Además, el proceso hidropónico implica una pérdida progresiva de fitomasa hasta los 15 días respecto al material sembrado, independiente del uso de fertilizantes y de la dosis de semilla. Sin embargo, existe un incremento importante en el contenido de proteína, que aumenta a medida que el periodo de fertilización con solución nutritiva en la planta es más largo. En el sistema de producción de forraje en condiciones de hidroponía puede ser una alternativa importante para el productor. Controlando en forma simple algunas condiciones ambientales (luz-temperatura), cosechando en un lapso no mayor a 10-12 días (Niquez, 1988).

En condiciones locales, los periodos de producción de forraje verde hidropónico son diferentes entre especies; siendo el trigo alianza el que presentó un periodo de producción de 15 días, seguido de la Cebada Centenario con 16 días (Romero, 2017).

CALIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA

El forraje verde hidropónico es rico en vitaminas A y E, contiene carotenoides, y además, importantes cantidades de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa (Aguirre, Abarca, Mora, Silva, & Olguín, 2014). En el

caso de forraje hidropónico de trigo se puede lograr 17% de materia seca, 24% de proteína y 78% de digestibilidad de la materia seca (Gibelli, Real, y Zilio, Sf).

Tabla 1: Composición bromatológica de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) cultivar Centenario

Indicador	U.M.	Cantidad
Proteína Cruda	%	16.50
Humedad	%	84
Cenizas	%	4.99

Fuente: Romero (2017)

Otro criterio comúnmente utilizado para determinar la calidad del forraje es la **digestibilidad**. En las paredes celulares de los vegetales existe una fracción digerible y otra no digerible. El contenido de FDA (Fibra detergente ácido) es una cuantificación de la fracción indigerible. En el FVH la FDA varía con el tiempo de cosecha, observándose valores menores en la etapa inicial y valores mayores en la etapa final. Este comportamiento es similar a otras plantas forrajeras en las cuales se ha reportado que conforme la planta madura, su contenido de FDA aumenta, y la ingestión y digestibilidad se reduce (Van Soest et al., 1978; citado por López, Murillo y Rodríguez 2009).

PERIODO DE COSECHA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

En la producción del forraje verde hidropónico, el proceso de germinación dura 3 días y el desarrollo del forraje, 10 días, totalizando 13 días para su cosecha, con una altura promedio de 15 a 20 cm (Sanchez, 2015).

Cuando el forraje haya alcanzado una altura superior a los 20 cm, que se alcanza aproximadamente en 15 días, se encuentra en condiciones de ser cosechado y en condiciones para ser entregado a los animales. El forraje no requiere de cortes, la entrega a los animales es total incluyendo las raíces, pues la masa vegetativa queda dispuesta como un bloque, el cual es de fácil entrega (Abarca, et al., 2018).

Estimaciones relacionadas con las características fermentativas y energéticas del forraje verde hidropónico de trigo, a 10 días de cosecha le confieren a éste un valor nutritivo superior, lo cual podría traducirse en mejores rendimientos productivos al utilizarlo como suplemento en la alimentación animal (Herrera, y otros, 2010).

4.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Proteína cruda:** También llamada proteína bruta, se refiere al porcentaje de proteína que contiene un alimento después de haberlo sometido al análisis químico proximal o al análisis bromatológico, en particular la proteína suele ser determinada a través del método de Kjeldahl (NutriciónAnimalMX, 2017).
- **Fibra Detergente Neutro (FDN, en inglés NDF):** Es una medición de la hemicelulosa, celulosa y lignina representando toda la parte fibrosa del forraje. Estos 3 compuestos representan las paredes celulares de los forrajes y se denominan en general como “carbohidratos estructurales”. El contenido de FDN de las dietas o forrajes se correlaciona en forma negativa con el consumo de alimento. Vale decir, FDN en exceso va a determinar un menor consumo de alimento por parte del animal. El mejor ejemplo es la paja de trigo. Este forraje contiene elevadas cantidades de FDN y su aporte en exceso va a limitar el consumo de materia seca por parte del animal (Meléndez, 2015).
- **Fibra Detergente Ácido (FDA, en inglés ADF):** Es la cuantificación de la celulosa y la lignina. A medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado (Meléndez, 2015).
- **Poaceae:** Planta monocotiledónea, de tallos cilíndricos, huecos, con nudos llenos, hojas alternas y largas, con Flores en espiga y granos secos. Ejemplo de ellas son la Caña de azúcar, el Bambú, Maíz, Sorgo, Avena y Cebada (EcuRed, 2018) .
- **Fabaceae:** Es una familia del orden fabales de distribución cosmopolita con aproximadamente 730 géneros y unas 19.400 especies, lo que la convierte en la tercera familia con mayor riqueza de especies después de las compuestas (Asteraceae) y las orquídeas (Orchidaceae) (EcuRed, 2018)
- **Humedad Relativa:** o "RH", mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida a una temperatura dada (International, 2018).
- **Índice de área foliar (IAF):** El índice de área foliar (IAF) es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo

expresado en m² y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m². El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Intagri, 2016).

- **Biomasa Tal Como Ofrecido (TCO):** Es la cantidad de forraje que ha quedado después de ser cosechado oreado por 24 horas, periodo donde hubo pérdida de la humedad superficial. El concepto es útil en la formulación de dietas para animales, ya que existe un periodo entre el corte del forraje y la dotación de los animales, donde hay pérdida de humedad.
- **Estado masoso:** o estado de masa blanda, la acumulación continúa de almidón en el endosperma, determina que el fluido interno alcance en este estado una consistencia pastosa. La corteza de la mazorca presenta un color rosado a rojo suave, producto del cambio de color que comienza a ocurrir en los elementos circundantes (lemma y pálea). Los granos en este estado presentan alrededor de un 60% de humedad y han acumulado cerca de la mitad de su peso seco total (PUCC, 2004).
- **Materia seca:** La materia seca es lo que queda cuando el agua (humedad) es eliminada del alimento. La importancia de este parámetro radica en el cálculo de raciones, debido a que el agua no contiene energía y la ingesta de energía es esencial para la producción de leche (Heguy, 2015).
- **Cenizas:** El contenido de ceniza se determina mediante la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo. Se expresa en porcentaje (g/100 g de muestra) (Heguy, 2015)..

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ÁREA EXPERIMENTAL

El invernadero experimental, tiene la siguiente ubicación política, administrativa y geográfica.

POLÍTICO ADMINISTRATIVA:

Departamento: Ancash

Provincia: Huaraz

Distrito: Huaraz

Localidad: Rumi chuco

GEOGRÁFICA:

Coordenada Este: 221375.33 m E

Coordenada Norte: 8942652.34 m S

Elevación: 3075 m.s.n.m.

5.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Entre el 22 de agosto al 11 de setiembre de 2019, la temperatura promedio fue 23.5°C, mientras que la máxima promedio fue 34.6°C y la temperatura mínima promedio de 12.4°C. La humedad relativa promedio fue 40.6 %. Es importante indicar, que este periodo comprende el periodo de ejecución experimental. La conductividad eléctrica del agua de riego varió entre 0.1 a 1.67 mS/cm (Frimets, 2019)

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

Tabla 2: Resultado e interpretación de análisis de agua de riego.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO					
Catión/ Anión	Símbolo	ppm		meq/L	
Cationes					
Calcium	Ca	32.00	ppm	1.60	meq/L
Magnesium	Mg	3.12	ppm	0.26	meq/L
Sodium	Na	0.23	ppm	0.01	meq/L
Potassium	K	1.95	ppm	0.05	meq/L
SUMA		37.30	ppm	1.92	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	50.8	ppm	1.430	meq/L
Sulfatos	SO4	7.7	ppm	0.160	meq/L
SUMA		58.445	ppm	1.59	meq/L
Otros Indicadores					
Conductividad eléctrica CE x 10 ⁶		0.09 mS/cm = dS/m			
pH		6.62			
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	1.59	meq/L	-		
SUMA DE ANIONES	1.59	meq/L	-		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	0.09	µs/cm	EXCELENTE		
TDS	57.6	mg/L	BAJO		
RAS	0.01				
SALINIDAD EFECTIVA (S.E.)	1.760	mg/L	BUENA		
SALINIDAD POTENCIAL (S.P.)	1.510	meq/L	BUENA		
CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR)	-1.860	meq/L	BUENA		
DUREZA DEL AGUA	9.310	°F	DULCE		
CONTENIDO DE BORO	Cero	meq/L	Aceptable		
CLASIFICACION RIVERSIDE (RAS Y CE)			C1-S1		

Fuente: Unasam (2017)

5.3. MATERIALES

5.3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL

El principal material experimental empleado fueron las semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario. Se usó en promedio 12 Kg de semilla, la cual fue adquirida a los productores locales.

5.3.2. MATERIALES DEL CENTRO HIDRÓPONICO

- 40 bandejas forrajeras de 0.28 m x 0.55m x 0.06m
- 04 tinas de 05 litros
- 04 baldes de 04 litros
- 01 escobilla
- 04 coladores
- 02 winchas
- Set de señalización

5.3.3. INSTALACIONES

- Invernadero de producción de forraje verde hidropónico.
- Módulo de producción de forraje verde Hidropónico
- Módulo de germinación hidropónica

5.3.4. INSUMOS

- 01 juego de solución hidropónica La Molina A y B.
- 01 litro de hipoclorito de sodio
- Agua
- 500 g de detergente
- 1 Kg de carbonato de calcio (cal)

5.3.5. EQUIPOS

- 01 termómetro ambiental
- 01 pHmetro
- 01 conductímetro
- 01 balanza de precisión
- 01 estufa eléctrica
- 01 mufla
- 01 computadora
- 01 cámara fotográfica digital

5.3.6. MATERIALES DE ESCRITORIO

- 02 libretas de apunte
- 04 lapiceros
- 04 lápices
- 02 millares de papel bond A4 de 80 gr.

5.4. MÉTODOS

5.4.1. TIPO DE ESTUDIO

La investigación es del tipo experimental, porque existió manipulación de la variable independiente. Es aplicada, porque los resultados del experimento son de utilidad para ampliar y difundir el paquete tecnológico de producción de forraje verde hidropónico de cebada en la serranía peruana.

5.4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro repeticiones. Contando para el caso con un total de 40 unidades experimentales, que serán las bandejas forrajeras cultivadas con forraje verde hidropónico de cebada cv centenario. Para correlacionar la variable independiente (periodo de cosecha) con las variables dependientes (materia seca, cenizas, proteína bruta, rendimiento e índice de conversión) se usaron los datos obtenidos en el análisis y medición del forraje cosechado a los 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 días después de la siembra.

5.4.3. DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad de experimental fue una bandeja de producción hidropónica con forraje verde hidropónico de cebada centenario, cuyas dimensiones son 55 cm de largo x 28 cm de ancho y 6 cm de altura y un peso aproximado de 250 g. El área de la bandeja corresponde a 0.154 m².

Figura 2: Unidad de Estudio - Bandeja de producción con forraje verde hidropónico.



5.4.4. PLAN DE MUESTREO

Para el muestreo se siguió el siguiente plan de muestreo:

		Días a la Cosecha									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BANDEJAS DEL EXPERIMENTO	1		1								
	2					1					
	3						1				
	4				1						
	5									1	
	6										1
	7			1							
	8	1									
	9						1				
	10								1		
	11						1				
	12		1								
	13				1						
	14										1
	15								1		
	16							1			
	17							1			
	18					1					
	19			1							
	20	1									
	21								1		
	22										1
	23							1			
	24					1					
	25		1								
	26				1						
	27	1									
	28			1							
	29									1	
	30									1	
	31								1		
	32	1									
	33							1			
	34		1								
	35				1						
	36						1				
	37										1
	38			1							
	39					1					
	40									1	
Total de muestras		4	4	4	4	4	4	4	4	4	

1. Total de bandejas del experimento: 40, todas tuvieron las mismas condiciones de humedad, temperatura, iluminación, etc. No hay diferencia de condiciones

2. Cada día se obtuvo cuatro muestras (cosecha), equivalente al diez por ciento (sector continuo) del cultivo contenido en cada bandeja (cuatro bandejas por día)

3. De cada bandeja, durante el experimento, se obtuvo cuatro muestras para el análisis de proteína, materia seca y cenizas.

4. De la mezcla de las cuatro muestras de cada día, solo 100 gramos se sometieron al análisis de materia seca y cenizas; y, 20 gramos de MS para proteínas

5.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico comprendió el análisis de regresión lineal simple para las observaciones, para determinar la relación y asociación entre la variable independiente y las variables dependientes se realizó el análisis de varianza (ANOVA) generalizado de regresión a un 95% de confianza

Tabla 3: Análisis de varianza generalizado de regresión

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc
Regresión	1	$b_1^2 \sum (X_i - \bar{x})^2$	$\frac{SC_{Regresión}}{1}$	$\frac{CM_{Regresión}}{CM_{Error}}$
Error	n-2=8	$\sum (Y_i - \bar{y})^2 - b_1^2 \sum (X_i - \bar{x})^2$	$\frac{SC_{Error}}{1}$	
TOTAL	n-1=9	$\sum (Y_i - \bar{y})^2$		

5.4.6. HIPÓTESIS

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

$H_0: \alpha_i = 0 (i = 1, \dots, a) \rightarrow$ El contenido de materia seca, cenizas, proteína total y producción de biomasa de forraje verde hidropónico de cebada cultivar Centenario; no depende del periodo de cosecha.

$H_a: \alpha_i \neq 0 \rightarrow$ El contenido de materia seca, cenizas, proteína total y producción de biomasa de forraje verde hidropónico de cebada cultivar Centenario; depende del periodo de cosecha.

Prueba de F

Si $F_c < F_{0.05}$, se acepta la H_0 (las variables calidad nutritiva y producción son independientes del periodo de cosecha).

Si $F_c > F_{0.05}$, se rechaza la H_0 y acepta la H_a (las variables calidad nutritiva y producción son dependientes del periodo de cosecha).

5.4.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador
Independiente	Periodo de cosecha (días)	Tiempo de la cosecha (días después de la siembra)	• 11 dds*
			• 12 dds
			• 13 dds
			• 14 dds
			• 15 dds
			• 16 dds
			• 17 dds
			• 18 dds
			• 19 dds
• 20 dds			
Dependiente	Rendimiento de biomasa fresca en forraje verde hidropónico	<ul style="list-style-type: none"> • Producción por área • Índice conversión de biomasa forraje/semilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Ton/Ha • Adimensional
	Calidad nutritiva en forraje verde hidropónico	<ul style="list-style-type: none"> • Proteína bruta • Materia seca del forraje • Materia seca del tallo • Materia seca de raíz • Cenizas de del forraje • Cenizas del tallo • Cenizas de la raíz 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje (%) • Porcentaje (%) • Porcentaje (%) • Porcentaje (%) • Porcentaje (%) • Porcentaje (%) • Porcentaje (%)

* Días después de la siembra

5.4.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población para determinar el rendimiento estuvo representada por toda la producción lograda en todo el ensayo que fue evaluada al final del proceso productivo; y la muestra estuvo representada por 100 gr de forraje de cada bandeja.

5.4.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos fueron la observación directa, las mediciones físicas y el pesado del forraje. Se usaron registros de una matriz de doble entrada, como se adjunta en los anexos.

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA (Ton/Ha)

El rendimiento se determinó en la cosecha, registrando el peso del forraje tal como ofrecido, es decir del forraje luego de 24 horas de oreo del forraje. Se expresó el rendimiento obtenido por unidad de área (Ton/ha).

CALIDAD NUTRITIVA

Se evaluaron los siguientes parámetros:

a) Materia seca: Esta variable se evaluó para determinar el contenido de la biomasa del forraje, tanto en el tallo como en raíces, para lo cual se llevó a laboratorio cuatro muestras (100g) de forraje tal como ofrecido (TCO) por cada periodo de cosecha y se sometió al secado. Por la diferencia de peso se obtuvo la cantidad de humedad perdida y la materia seca sobrante de la muestra, luego estos valores se expresaron en porcentaje. La determinación de materia seca se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el de humedad hallada.

b) Cenizas totales: La determinación del porcentaje de cenizas, tanto en el tallo como en raíces; se realizó mediante el método gravimétrico y 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

c) Proteína bruta: El contenido de proteína bruta se determinó indirectamente a partir de la cantidad de nitrógeno orgánico presente en el forraje. La cantidad de nitrógeno orgánico se determinó mediante el método Kjeldahl. Para calcular el valor porcentual de proteína se usó la siguiente relación.

$$\%Proteína\ Bruta = \%N_{org} \times 6.25$$

5.4.10. PROCEDIMIENTO

Para la ejecución del proyecto de investigación se dispuso de las instalaciones necesarias para la producción del forraje verde hidropónico (invernadero, cámara de crecimiento a oscura, cámara de crecimiento a luz directa); por lo tanto, para la siembra y producción se tuvo en cuenta las siguientes actividades:

Selección de semilla: Al ser la semilla es el insumo principal en la producción del forraje verde hidropónico, la adecuada selección permitió lograr los resultados esperados, se utilizaron semillas de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Se evaluó las semillas las cuales presentaron 96% de germinación, así como una buena calidad física.

Lavado de la semilla: Las semillas se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). Finalizado el lavado se procedió a un enjuague riguroso, de al menos cuatro pasadas, de las semillas con agua limpia.

Figura 3: Selección y evaluación de la semilla a usar en el experimento.



Figura 4: Lavado de la semilla luego de la desinfección con lejía.



Remojo de las semillas: Esta etapa consistió en sumergir las semillas completamente en agua limpia por un período de 24 horas para lograr una completa imbibición de las mismas. Este tiempo fue dividido en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se retiró y oreo (escurrirlas) las semillas durante 1 hora. Acto seguido se volvió a sumergir las semillas nuevamente por 12 horas.

Figura 5: Remojo de la semilla por un periodo de 12 horas.



Pre-germinación: Esta labor consistió en orear las semillas, quitándole completamente el agua mediante el uso de un colador. Luego se realizó el último lavado de la semilla. Se dejó las semillas en un costal oscuro protegido de la luz por un periodo de 24 horas, durante el cual empiezan a emerger las primeras raíces.

Siembra en fase oscura: Cuando transcurrieron 24 horas en el costal oscuro y bajo oscuridad, se procedió a sembrar las semillas en las bandejas, las semillas ya presentaron raíces así que hay que distribuirlas bien en las bandejas a una densidad de 500 g/bandeja de 55x28 cm, en esta etapa se dio inicio a los riegos utilizando solo agua los primeros cuatro días. Las semillas permanecieron en esta fase por cuatro días, cubiertas con plástico negro sin ser expuestas a la radiación solar.

Figura 6: Inicio pre germinación de las semillas en coladores bajo oscuridad.



Figura 7: Semillas en crecimiento en fase oscura.



Fase luminosa: Una vez terminada la fase oscura se retiró el plástico y se expuso las bandejas a la luz directa hasta que las plantas alcancen el periodo de evaluación según el diseño de la investigación. Se aplicaron riegos respectivos a cada unidad experimental de tres veces al día.

Figura 8: Forraje en crecimiento en fase luminosa.



Cosecha: se realizó diariamente en horas de la mañana, previo al riego inicial y de acuerdo con los tratamientos del ensayo.

Figura 9: Evaluación del forraje verde hidropónico en la cosecha.



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. RESULTADOS

6.1.1. RENDIMIENTO

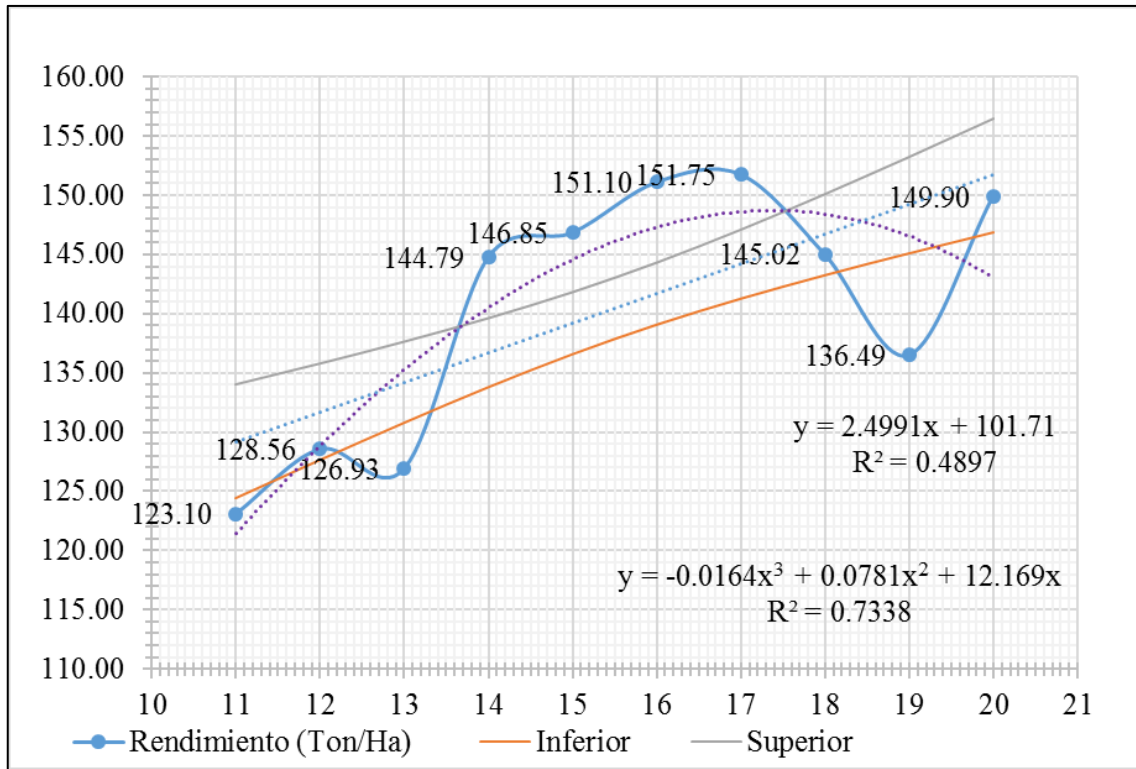
Tabla 4: Análisis varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y rendimiento (Ton/Ha).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	515.26	515.25980	7.68	5.32	*
Error	8	536.89	67.11094			
Total	9	1052.15				
$R^2 = 0.4897$		$r = 0.6998$		$S_{bl} = 0.81$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 2.77$		Máx Técnico = 17		

Como se observa en la Tabla 4:, luego del análisis de variancia de regresión lineal respectivo, se ha encontrado significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que el rendimiento del forraje verde hidropónico depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste regular, con un valor de 0.4897 de variación en el rendimiento explicada por el modelo. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de 0.6998, el cual es positivo, esto indica una asociación positiva entre variables, es decir a mayores periodos de cosecha mayores son los rendimientos.

En la Figura 10, se puede observar los rendimientos logrados en el ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que, al transcurrir los días el rendimiento va incrementándose, aunque a partir del día 17 existe una disminución del rendimiento. A partir del modelo polinómico generado con un ajuste de 0.7338, generado para calcular el máximo rendimiento, se calcula que el máximo rendimiento se generará a los 17 días.

Figura 10: Modelo lineal y polinómico para el rendimiento de forraje verde hidropónico.



6.1.2. ÍNDICE CONVERSIÓN BIOMASA FORRAJE/SEMILLA

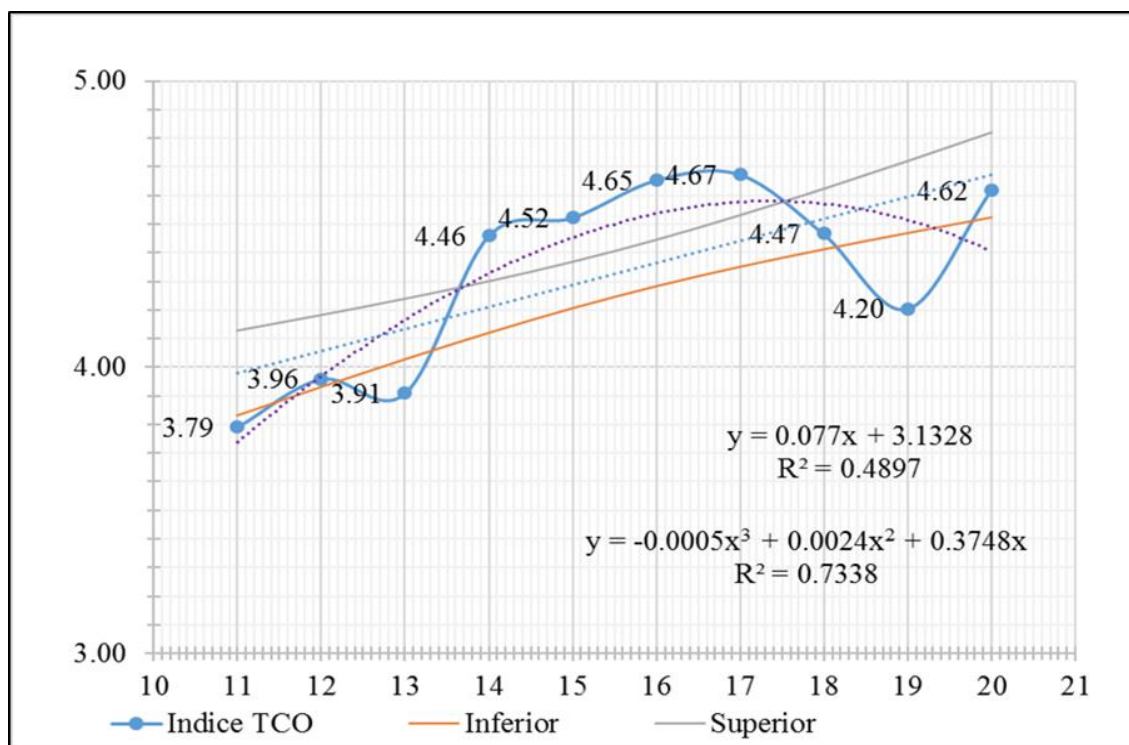
Tabla 5: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal entre periodo de cosecha y conversión de biomasa de forraje/semilla

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.49	0.48880	7.68	5.32	*
Error	8	0.51	0.06366			
Total	9	1.00				
$R^2 = 0.4897$		$r = 0.6998$		$S_{bl} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 2.77$		Máx Técnico= 17		

En la Tabla 5, se presenta el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el índice de conversión de biomasa del forraje/semilla. Se encuentra significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que el índice de conversión de biomasa del forraje/semilla depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste regular, con un valor de 0.4897 de variación del índice de conversión explicada por el modelo. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de 0.6998, el cual es positivo, esto indica una asociación

positiva entre variables, es decir a mayores periodos de cosecha mayores son los índices de conversión.

Figura 11: Modelo lineal y polinómico para el índice de conversión de biomasa del forraje/ semilla.



En la Figura 11, se puede observar los valores del ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que, al transcurrir los días el índice también va incrementándose, aunque a partir del día 17 existe una caída del índice. A partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.7338, generado para calcular el máximo índice, se calcula que el máximo índice de conversión de biomasa de forraje/semilla, se generará a los 17 días.

6.1.3. PROTEÍNA TOTAL

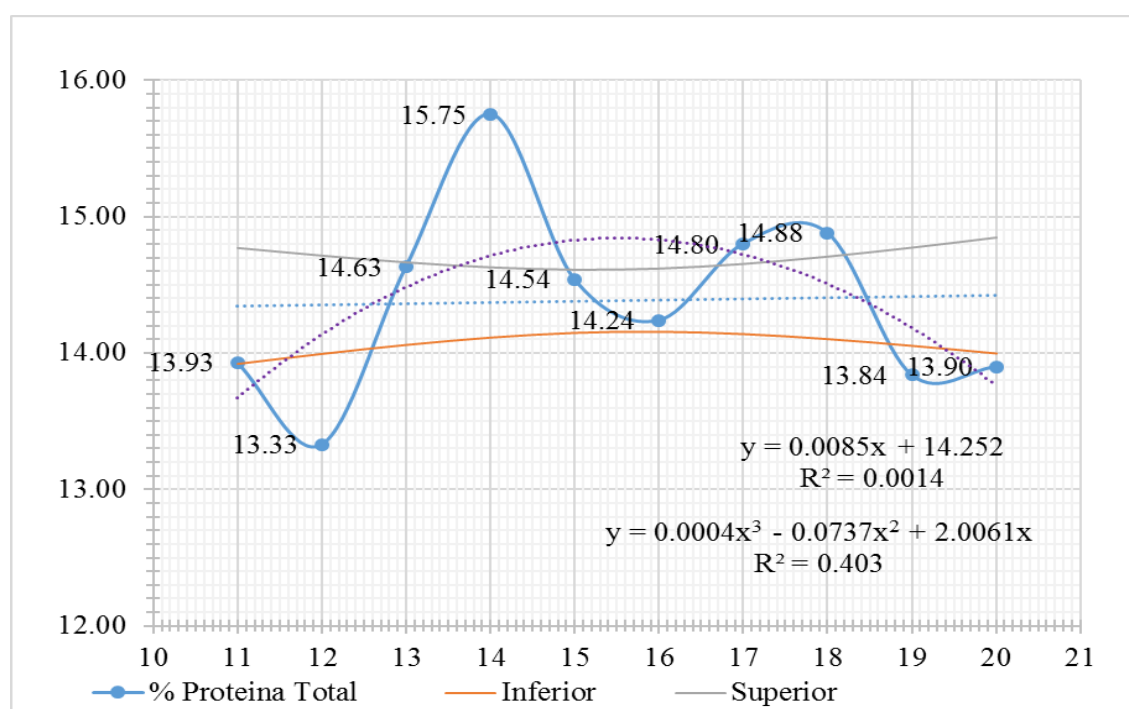
En la Tabla 6 se muestra el análisis de varianza de regresión lineal entre el periodo de cosecha y contenido de proteína total en el forraje verde hidropónico. Se observa que no hay significancia para el modelo de regresión; en base a lo anterior se puede afirmar que el contenido de proteína total no depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste pobre, con un valor de 0.0014 de la variación del contenido de proteína total explicada por el modelo. Por otro lado, el

coeficiente de correlación (r) es de 0.0374, el cual es bajo, esto indica una baja asociación entre variables, es decir a mayores periodos de cosecha el contenido de proteína total se mantiene prácticamente constante.

Tabla 6: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de proteína total (%)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.01	0.00594	0.01	5.32	NS
Error	8	4.23	0.52899			
Total	9	4.24				
$R^2 = 0.0014$		$r = 0.0374$		$S_{bl} = 0.01$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.11$		Máx Técnico= 16		

Figura 12: Modelo lineal y polinómico para el contenido de proteína total.



En la Figura 12, se presenta los valores de contenido de proteína total, logrados en el ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se observa que, al transcurrir los días el contenido de proteína total también va incrementándose ligeramente, con un pico máximo a los 14 días. A partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.403,

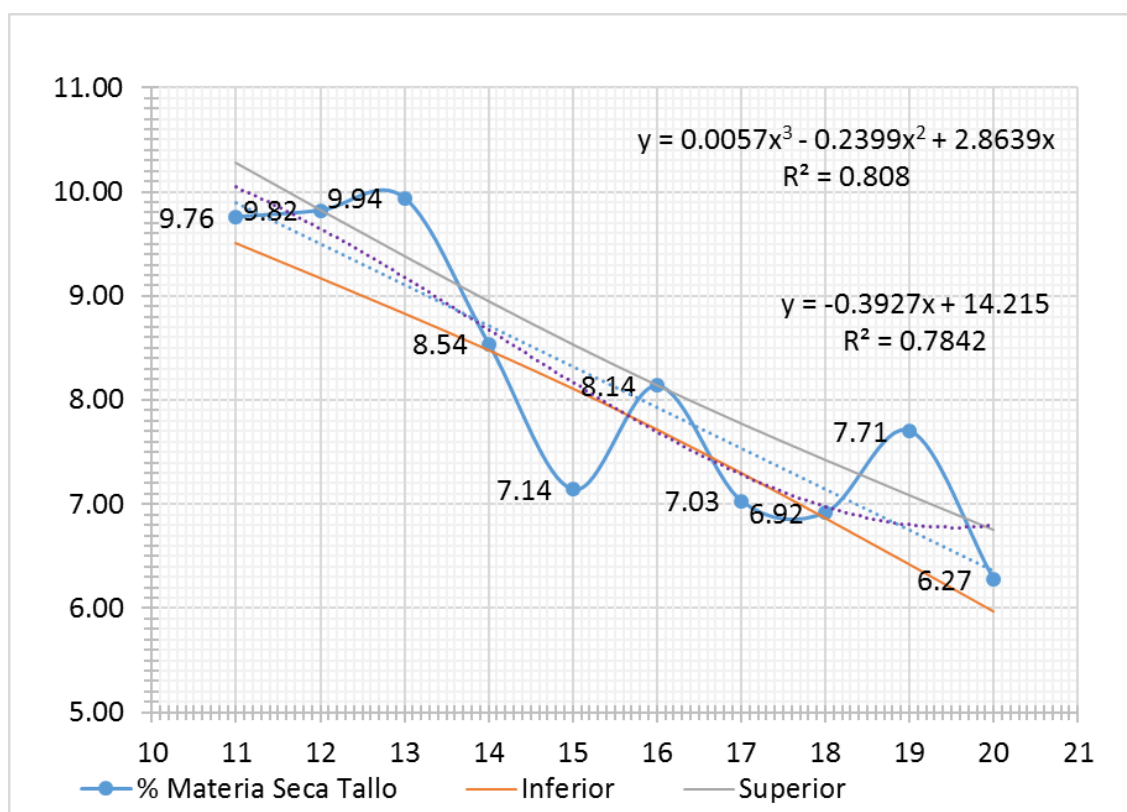
el cual se ha generado para calcular el máximo contenido de proteína, se calcula que el máximo contenido de proteína total se generará a los 16 días.

6.1.4. MATERIA SECA EN EL TALLO

Tabla 7: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal entre periodo de cosecha y contenido de materia seca en el tallo (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	12.72	12.72497	29.07	5.32	*
Error	8	3.50	0.43772			
Total	9	16.23				
$R^2 = 0.7842$		$r = -0.8855$		$S_{bl} = 0.01$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 5.39$		Máx Técnico=		8

Figura 13: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en el tallo.



En la Tabla 7 se muestra el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido de materia seca en el tallo. Se encuentra significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que el contenido de materia seca en el tallo del forraje depende del periodo de cosecha. El coeficiente de

determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste alto, con un valor de 0.7842 de variación del contenido de materia seca en el tallo explicada por el modelo lineal generado a partir de los datos. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de -0.8855, el cual es negativo pero alto, esto indica una alta asociación negativa entre las variables, es decir a mayores periodos de cosecha menores son el contenido de materia seca en el tallo del forraje verde hidropónico.

En la Figura 13, se puede observar los valores del contenido de materia seca en el tallo del ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que, al transcurrir los días el contenido de materia seca en el tallo disminuye progresivamente. Por otro lado, a partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.808, generado para el cálculo del máximo contenido de materia seca, se calcula que el máximo contenido de materia seca se da a los 8 días.

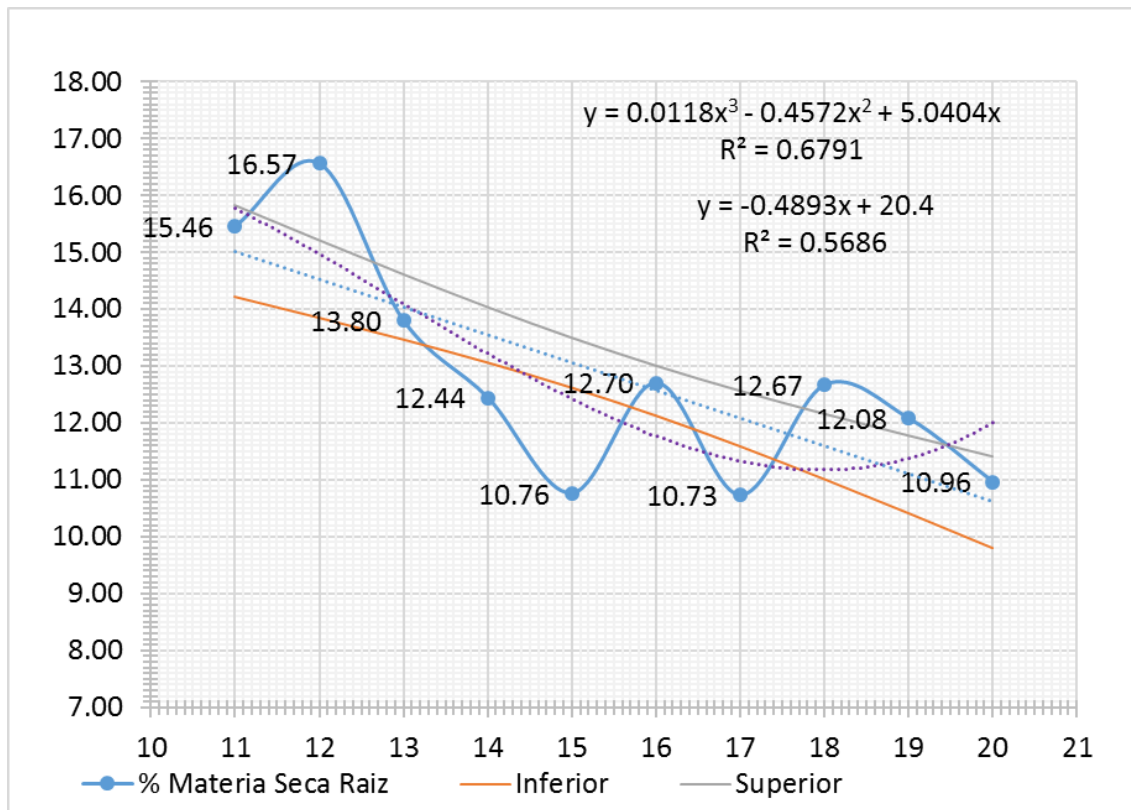
6.1.5. MATERIA SECA DE LA RAÍZ

Tabla 8: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de materia seca en la raíz (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	19.75	19.75060	10.54	5.32	*
Error	8	14.99	1.87334			
Total	9	34.74				
$R^2 = 0.5686$		$r = -0.7540$		$S_{bl} = 0.02$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 3.25$		Máx Técnico = 8		

En la Tabla 8 se presente el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido de materia seca en las raíces del forraje verde hidropónico. Se encuentra significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se deduce que el contenido de materia seca en la raíz del forraje verde hidropónico de cebada depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste regular, con un valor de 0.5686 de la variación del contenido de materia seca de la raíz explicada por el modelo. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de -0.754, el cual es negativo y alto, esto indica una asociación negativa entre las variables es decir con el transcurrir de los días el contenido de materia seca en la raíz ira disminuyendo progresivamente.

Figura 14: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia seca en la raíz.



En la Figura 14, se puede observar los valores del ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que, al transcurrir los días el contenido de materia seca de la raíz va disminuyendo. También se parecía que, a partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.6791, generado para la estimación del máximo valor de contenido de materia seca en la raíz, se calcula que el máximo contenido de materia seca en la raíz del forraje verde hidropónico se presenta a los 8 días.

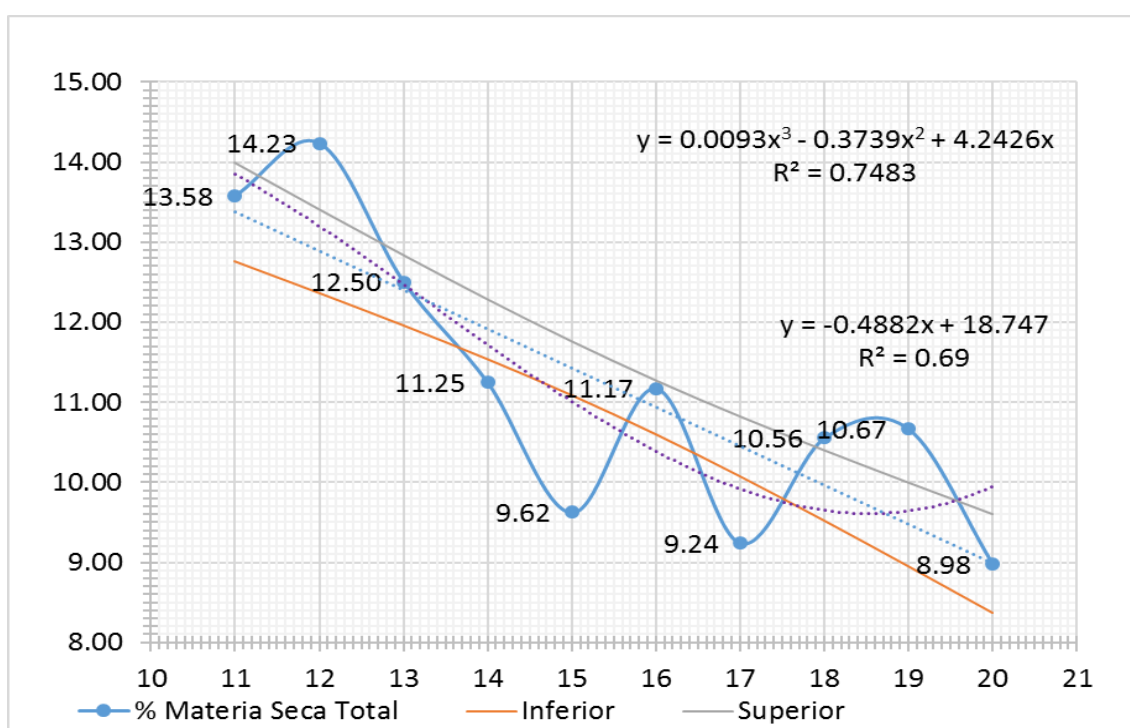
6.1.6. MATERIA SECA TOTAL DEL FORRAJE

En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido de materia seca total en la planta. El análisis de varianza realizó evidencia que hay significancia estadística para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que el contenido de materia seca total en la planta depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de alto ajuste, con un valor de 0.69 de la variación del índice de conversión explicada por el modelo lineal generado. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de -0.8307, el cual es negativo y alto, esto indica una asociación negativa entre variables, es decir a mayores periodos de cosecha el contenido de materia seca va disminuyendo progresivamente.

Tabla 9: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y contenido de materia seca total de la planta (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05 0.01	Sig
Regresión	1	19.66	19.66199	17.81	5.32	*
Error	8	8.83	1.10404		11.26	
Total	9	28.49				
$R^2 = 0.69$		$r = -0.8307$		$S_{bl} = 0.01$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 4.22$		Máx Técnico=		8

Figura 15: Modelo lineal y polinómico para el contenido de materia total en el forraje.



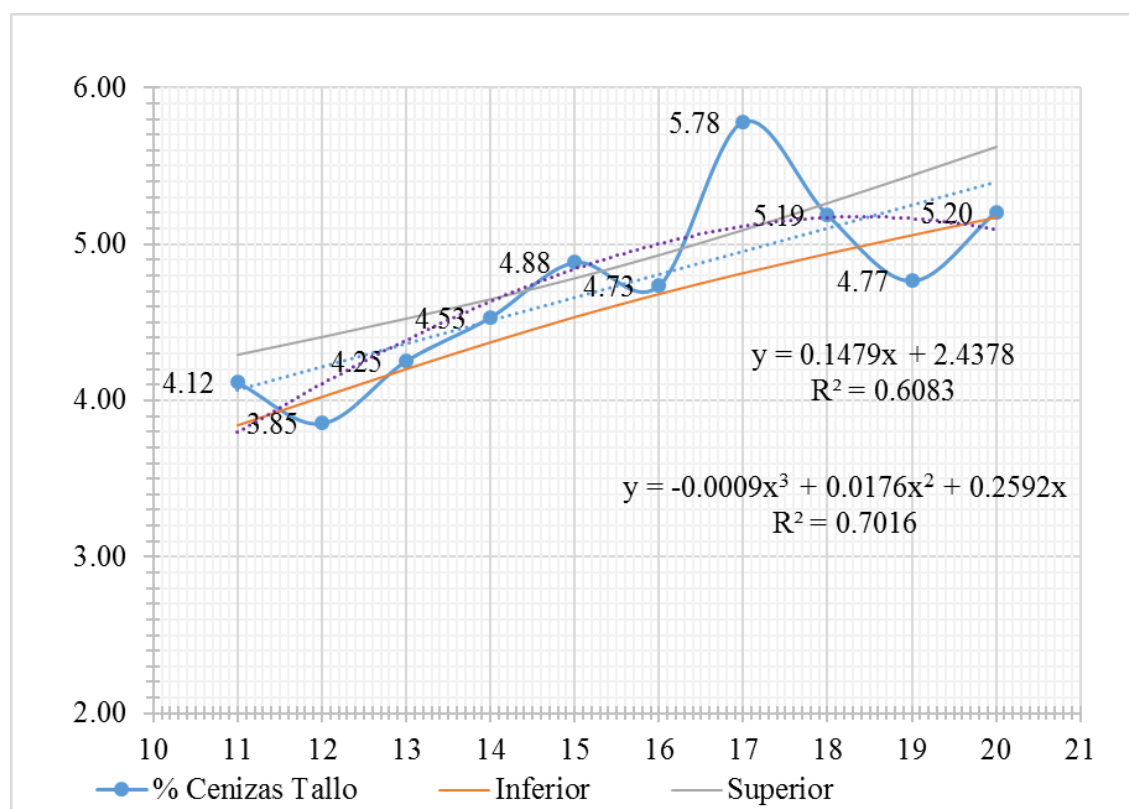
En la Figura 15, se puede observar los valores de contenido de materia seca total de las plantas logrados en el ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que al transcurrir los días el contenido de materia seca total de la planta va disminuyendo. Por otro lado, con el modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.7483, se calcula que el mayor contenido de materia seca del forraje verde hidropónico de cebada se presenta a los 8 días.

6.1.7. CENIZAS EN EL TALLO

Tabla 10: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre periodo de cosecha y contenido de cenizas en el tallo (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	1.81	1.80559	12.42	5.32	*
Error	8	1.16	0.14532			
Total	9	2.97				
$R^2 = 0.6083$		$r = 0.7799$		$S_{bl} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 3.52$		Máx Técnico = 16		

Figura 16: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en el tallo.



En la Tabla 10 se observa el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido de cenizas en el tallo del forraje verde hidropónico. Se encuentra significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que el contenido de cenizas en el tallo depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste alto, con un valor de 0.6083 de la variación del contenido de cenizas en el tallo explicada por el modelo lineal generado.

Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de 0.7799, el cual es positivo, esto indica una asociación positiva entre las variables, es decir a mayores periodos de cosecha hay un mayor contenido de cenizas en el tallo del forraje.

En la Figura 16, se puede observar los valores del ensayo y los modelos lineal y polinómico generados a partir de los datos del ensayo. Se evidencia que, al transcurrir los días el contenido de cenizas del tallo va incrementándose. Por otro lado, a partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.7016, se estima que el máximo contenido de cenizas en el tallo se da a los 16 días.

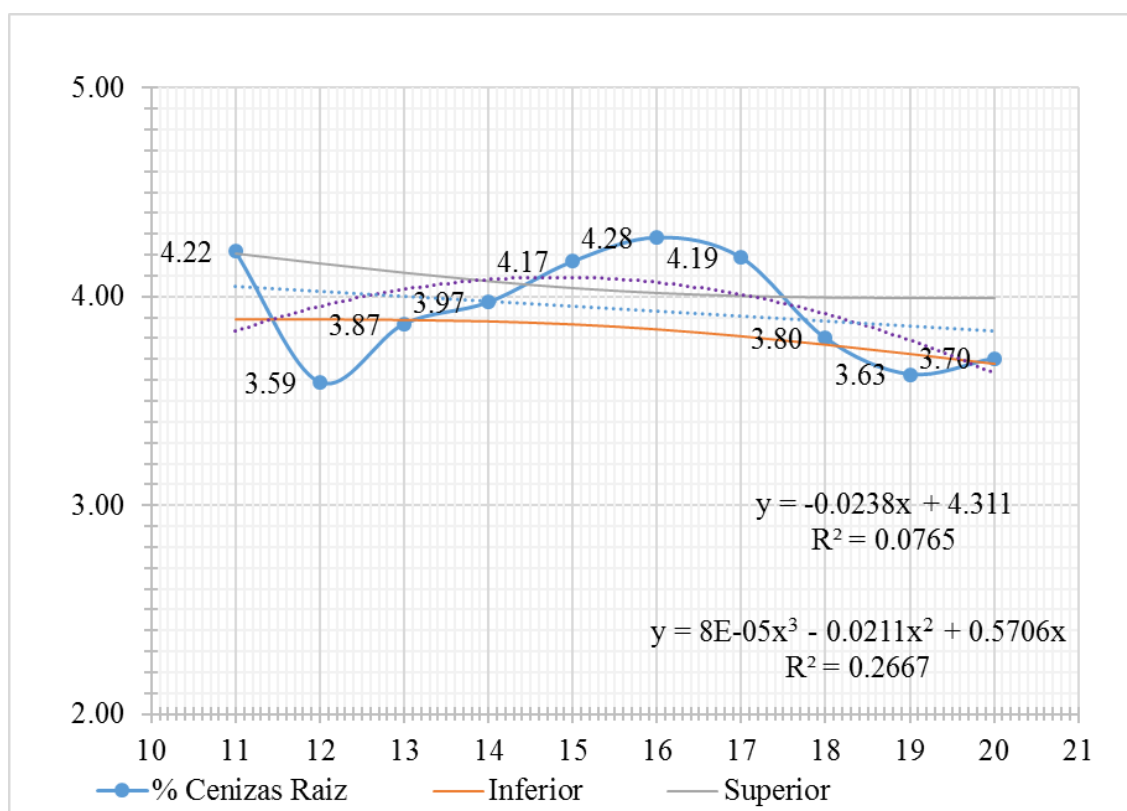
6.1.8. CENIZAS EN LA RAÍZ

En la Tabla 11 se presente el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido de cenizas en la raíz. Se evidencia no significancia para el modelo de regresión. En base a lo anterior se puede afirmar que el contenido de cenizas en la raíz no depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste bajo, con un valor de 0.0765 de la variación del contenido de cenizas en la raíz explicada por el modelo lineal. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de -0.2765%, el cual es negativo, esto indica una asociación ligeramente negativa entre las variables, es decir a mayores periodos de cosecha habrá una ligera disminución del contenido de cenizas en la raíz.

Tabla 11: Análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y contenido de cenizas en la raíz (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.05	0.04674	0.66	5.32	NS
Error	8	0.56	0.07057			
Total	9	0.61				
$R^2 = 0.0765$		$r = -0.2765$		$S_{bl} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.81$		Máx Técnico = 16		

Figura 17: Modelo lineal y polinómico para el contenido de cenizas en la raíz.



Por otro lado, en la Figura 17 se puede observar los valores de contenido de cenizas del ensayo y los modelos generados a partir de ello. Se denota que, al transcurrir los días el contenido de cenizas en la raíz disminuye ligeramente. A partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.2667, se calcula que el máximo contenido de cenizas en la raíz se presenta también a los 16 días.

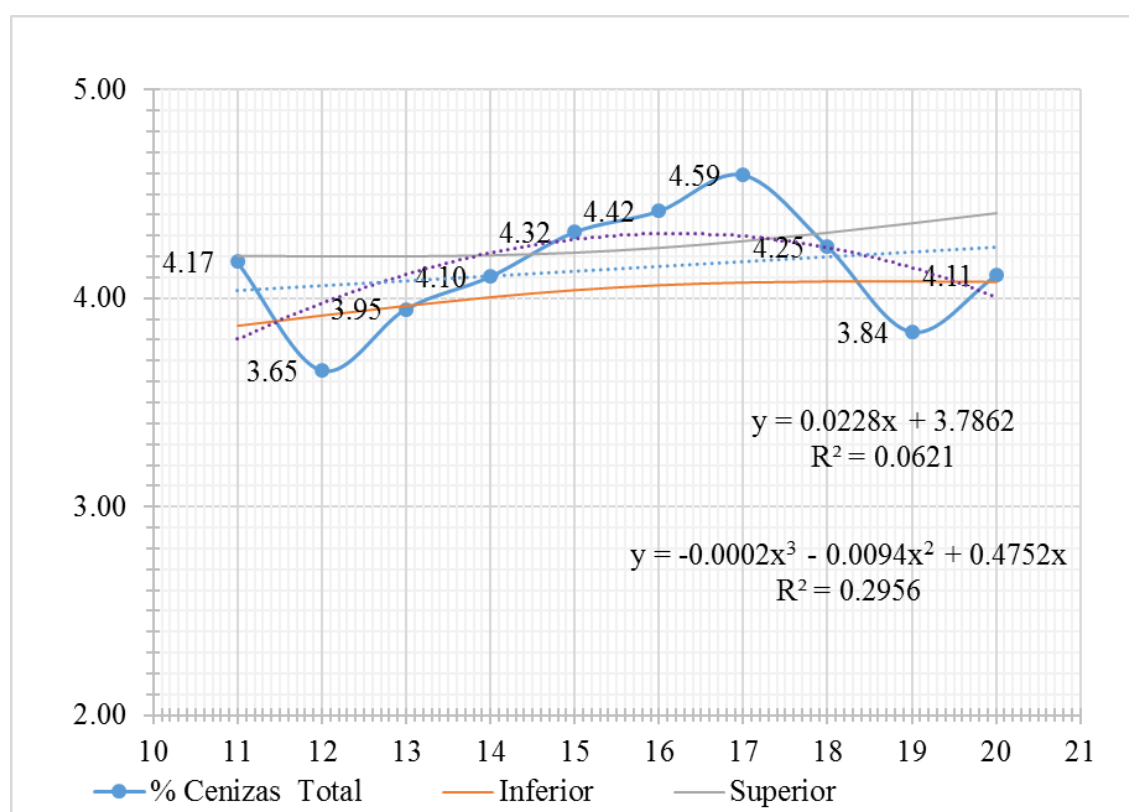
6.1.9. CENIZA TOTAL DEL FORRAJE

En la Tabla 12 se presente el análisis de varianza de regresión lineal simple entre el periodo de cosecha y el contenido total de cenizas en la planta. Se evidencia la no significancia para el modelo de regresión al 5%; en base a lo anterior se puede afirmar que contenido de cenizas en la planta no depende del periodo de cosecha. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo lineal generado es de ajuste regular, con un valor de 0.0621 de la variación del contenido de cenizas de la planta explicada por el modelo. Por otro lado, el coeficiente de correlación (r) es de 0.2493 %, el cual es positivo, esto indica una ligera asociación positiva entre variables, es decir a mayores periodos de cosecha mayores el contenido de cenizas va incrementándose en toda la planta.

Tabla 12: Análisis de regresión lineal y varianza (ANOVA) entre periodo de cosecha y contenido de cenizas en la planta (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.04	0.04306	0.53	5.32	NS
Error	8	0.65	0.08125			
Total	9	0.69				
$R^2 = 0.0621$		$r = 0.2493$		$S_{bl} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.73$		Máx Técnico= 16		

Figura 18: Modelo lineal y polinómico para el contenido de ceniza total en la planta.



En la Figura 18, se puede observar los valores de contenido de cenizas de la planta registradas en el ensayo y los modelos lineal y polinómico generados a partir de estos. Se pone en manifiesto que, al transcurrir los días el contenido de cenizas en toda la planta va incrementándose ligeramente. Además, a partir del modelo polinómico de tercer grado generado con un ajuste de 0.2956, se estima que el máximo contenido de cenizas de la planta se presenta a los 16 días.

6.1.10. RENTABILIDAD

Tabla 13: Análisis de rentabilidad del forraje según periodos de cosecha.

INDICADOR	11 días	12 días	13 días	14 días	15 días	16 días	17 días	18 días	19 días	20 días
Costos Fijos Unitarios (m2)	S/. 2.19	S/. 2.39	S/. 2.59	S/. 2.79	S/. 2.99	S/. 3.19	S/. 3.38	S/. 3.58	S/. 3.78	S/. 3.98
Costos Variables Unitarios (m2)	S/. 10.15	S/. 10.18	S/. 10.21	S/. 10.24	S/. 10.28	S/. 10.31	S/. 10.35	S/. 10.39	S/. 10.43	S/. 10.46
Costos Total de Producción (m2)	S/. 12.34	S/. 12.57	S/. 12.80	S/. 13.03	S/. 13.27	S/. 13.50	S/. 13.74	S/. 13.97	S/. 14.21	S/. 14.45
	\$3.82	\$3.89	\$3.96	\$4.03	\$4.11	\$4.18	\$4.25	\$4.33	\$4.40	\$4.47
RENDIMIENTO (Kg FVH/m2)	12.32	12.87	12.71	14.50	14.69	15.11	15.18	14.53	13.65	15.02
COSTO/ Kg de Forraje TCO	S/. 1.00	S/. 0.98	S/. 1.01	S/. 0.90	S/. 0.90	S/. 0.89	S/. 0.91	S/. 0.96	S/. 1.04	S/. 0.96
Precio del producto sustituto (alfalfa)	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00
INDICE DE RENTABILIDAD	-0.2%	2.4%	-0.7%	10.1%	9.7%	10.7%	9.5%	3.8%	-4.1%	3.8%
Rendimiento Anual (Kg/m2)	408.72	391.46	356.79	377.91	357.46	344.75	325.87	294.59	262.22	274.02
Rendimiento Anual de Forraje Fresco (ton/Ha)*	4808.44	4605.44	4197.50	4445.95	4205.37	4055.93	3833.76	3465.71	3084.98	3223.81
Contenido de Materia Seca	13.58%	14.23%	12.50%	11.25%	9.62%	11.17%	9.24%	10.56%	10.67%	8.98%
Rendimiento por Ha de Materia Seca (ton)	652.99	655.35	524.69	500.17	404.56	453.05	354.24	365.98	329.17	289.50
Costo de 1 Kg de Materia Seca	\$2.11	\$1.96	\$2.30	\$2.28	\$2.68	\$2.29	\$2.80	\$2.60	\$2.79	\$3.06
	S/. 7.38	S/. 6.86	S/. 8.06	S/. 7.99	S/. 9.39	S/. 8.00	S/. 9.79	S/. 9.11	S/. 9.76	S/. 10.71
Contenido de Proteína Cruda	13.93%	13.33%	14.63%	15.75%	14.54%	14.24%	14.80%	14.88%	13.84%	13.90%
Rendimiento por Ha de Proteína Cruda (ton)	90.96	87.36	76.76	78.78	58.82	64.51	52.43	54.46	45.56	40.24
Costo de 1 Kg Proteína Cruda	\$15.13	\$14.71	\$15.74	\$14.50	\$18.45	\$16.05	\$18.91	\$17.49	\$20.14	\$22.02
	S/. 52.95	S/. 51.48	S/. 55.07	S/. 50.74	S/. 64.56	S/. 56.16	S/. 66.18	S/. 61.21	S/. 70.49	S/. 77.08

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido al uso de estanterias

En la Tabla 13, se presenta el análisis económico de la producción de forraje verde hidropónico según el periodo de cosecha, se observa que la mayor rentabilidad se genera a los 16 días de cosecha con una rentabilidad de 10.7%. Por otro lado, el menor costo de materia seca se presenta a los 12 días de cosecha con 6.86 soles. Finalmente, el día que genera un menor costo de proteína cruda es a los 14 días con 50.74 soles.

El análisis de rentabilidad indica que una cosecha a los 11, 13 o 19 días genera pérdidas de -0.2%, -0.7% y -4.1%, respectivamente, por lo que no se recomienda la cosecha en estos días

6.2. DISCUSIÓN

De acuerdo con los parámetros productivos y nutricionales evaluados en la presente investigación el periodo óptimo de cosecha esta entre los 15 a 17 días después de la siembra, periodo en el que se obtiene los mayores contenidos de proteína, cenizas, rendimiento e índice de conversión de biomasa de semilla a forraje. Estos periodos son similares al recomendado por Elizondo (2005), quien para el forraje hidropónico en general recomienda la cosecha entre 7 y 15 días posteriores y cuando las plantas alcanzan 20 centímetros.

Sin embargo, Condori (2015) recomienda que, de acuerdo con los parámetros productivos obtenidos en su investigación, el mejor período de cosecha del forraje

hidropónico de cebada fue a los 20 días, cabe resaltar que el autor evaluó únicamente tres periodos, es decir los 15, 20 y 25 días.

De igual modo, Sánchez (2015), recomienda 12 días para la cosecha, con una altura promedio de 15 a 20 cm. Similarmente, Abarca, y otros (2018), recomiendan la cosecha cuando el forraje haya alcanzado una altura superior a los 20 cm, que se alcanza aproximadamente en 15 días, se encuentra en condiciones de ser cosechado y en condiciones para ser entregado a los animales. El forraje no requiere de cortes, la entrega a los animales es total incluyendo las raíces, pues la masa vegetativa queda dispuesta como un bloque, el cual es de fácil entrega

Contrariamente, los resultados obtenidos en nuestra investigación son distintos al de Zagal et al. (2016) quien refiere que, en la producción de forraje hidropónico de maíz los mayores valores productivo fueron en el día trece. con riego cada 24 horas. Por otro lado, según refiere Salas, y otros, (2010), en forraje hidropónico de maíz el mayor rendimiento en peso fresco, contenido de materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, se obtuvo a los 16 días de cosecha.

Los rendimientos y el índice de conversión de biomasa obtenidos en el ensayo son superiores a los rendimientos locales reportados por Romero (2017) y Rosario (2018), quienes reportan rendimientos de 103.8 y 105.4 Ton/Ha en un periodo de cosecha de 15 y 17 días respectivamente. (Sotelo, 2019), reporta un rendimiento de 169.2 Ton/Ha.

Referente al contenido de proteína cruda, en trigo Herrera, y otros (2010). Determinaron que la mayor concentración de proteína cruda se observó el día 10 con un valor de (21,49%). Rosario (2018), reporta un contenido 15.41% de proteína cruda a los 18 días, el cual es inferior a los valores logrados en el ensayo, donde obtuvimos hasta 15.75%.

Respecto al contenido de materia seca, en nuestro ensayo se observa que este parámetro disminuye con el transcurrir de los días. Respuestas semejantes, son reportados por Herrera, y otros (2010), quien menciona que la fracción soluble de la materia seca del forraje hidropónico de cebada fue mayor el día 8 y disminuyó al aumentar el día de la cosecha. De igual modo, referente a este parámetro Sotelo (2019), afirma que el contenido de materia seca es una variable que tienen a incrementar o disminuir según la cantidad de agua aplicada.

En maíz Salas, y otros, (2010), reportan que los días a cosecha afectaron el rendimiento y la calidad nutrimental del forraje hidropónico. El mayor rendimiento en peso fresco, contenido de materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, se obtuvo a los 16 días de cosecha.

VII. CONCLUSIONES

- a) El periodo óptimo de cosecha del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario es entre los 15 a 17 días después de la siembra, periodo en el cual se obtiene mayor contenido de proteínas, cenizas y un mayor rendimiento del forraje.
- b) El rendimiento del forraje se incrementa con el transcurrir de los días, siendo el periodo de cosecha que proyecta un mayor rendimiento a la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario a los 17 días después de la siembra. Similarmente, a los 17 días se genera un mayor índice de conversión de biomasa de forraje/semilla.
- c) El contenido de proteína total se mantiene constante durante el ciclo productivo del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.); sin embargo, a los 16 días de cosecha se presenta el mayor contenido de proteína total.
- d) El contenido de materia seca disminuye con el transcurrir de los días; sin embargo, el periodo de cosecha que presente un mayor contenido de materia seca en el forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario tanto en la raíz, tallo y toda la planta es a los 8 días después de la siembra, según el modelo polinómico de tercer grado.
- e) El contenido de cenizas tiende a incrementarse con el transcurrir de los días, siendo el periodo de cosecha que presente un mayor contenido de cenizas en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario a los 16 días después de la siembra.
- f) La mayor rentabilidad en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario, se genera a los 16 días después de la siembra.

VIII. RECOMENDACIONES

- a)** Se recomienda desarrollar investigaciones orientadas a cuantificar el contenido de otros nutrientes según el periodo de cosecha en el forraje verde hidropónico y otros forrajes cultivados en el ámbito de influencia.
- b)** Se recomienda realizar la cosecha de forraje verde hidropónico de cebada centenario de los 15 a 17 días.
- c)** Se recomienda emplear semillas de buena calidad y de procedencia conocida para la producción de forraje verde hidropónico.
- d)** Se recomienda tener especial cuidado en el adecuado manejo del agua en el forraje verde hidropónico, ya que, si se le aplica demasiada agua afectará el porcentaje de materia seca generando su disminución.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P., Aguirre, C., Carrasco, J., Mora, D., & Silva, L. (2018). *Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura*. Rengo, Chile: Inia Rayuntue.
- Agriculturers. (2014). *Que es el forraje verde hidropónico y como producirlo*. Recuperado el 9 de Abril de 2018, de Agriculturers.com: <http://agriculturers.com/origenes-y-uso-del-forraje-verde-hidropnico/>
- Aguirre, C., Abarca, P., Mora, D., Silva, L., & Olgún, J. (2014). *Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH)*. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producci%C3%B3n-de-forraje-verde-hidrop%C3%B3nico.pdf>
- Andina. (2015). *Perú tiene producción importante de cultivos en secano*. Recuperado el 9 de Abril de 2018, de Andina.Pe: <http://andina.pe/agencia/noticia-peru-tiene-produccion-importante-cultivos-secano-637177.aspx>
- BBC. (2015). *Por qué se está acabando el agua*. Recuperado el 9 de Abril de 2018, de BBC Mundo: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140821_tierra_agua_escasez_finde_dv
- Colín-Rico, M., Zamora-Villa, V., Lozano-Del Río, A., Martínez-Zambrano, G., & Torres-Tapia, M. (2007). Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 43(3), 249-262.
- Condori, C. (2015). *Evaluación de tres períodos de cosecha en dos variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) para la producción de forraje verde hidropónico en la localidad de Chuquiaguillo*. La Paz: UMSA.

- Dosal, J. (1987). *Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de avena producido bajo condiciones de hidroponía*. Chillan: Universidad de Concepcion. Fac. de Agronomía.
- EcuRed. (2018). *Fabaceae*. Recuperado el 2018 de Octubre de 2018, de EcuRed Conocimiento para todos: <https://www.ecured.cu/Fabaceae>
- EcuRed. (2018). *Poaceae*. Recuperado el 01 de Octubre de 2018, de EcuRed Conocimiento para todos: <https://www.ecured.cu/Poaceae>
- Elizondo, J. (2005). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *ECAF INFORMA*, 36-39.
- FAO. (2001). *Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el Marzo de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-ah472s.pdf>
- Frimets. (2019). *Reporte de termohidrometro de invernadero experimental*. Huaraz: Frimets.
- García, C., Hernández, A., Ortega, M., López, C., Bárcena, R., Zaragoza, J., & Aranda, G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2), 79-92.
- Gibelli, N., Real, M., & Zilio, J. (Sf). *Sequía, Buscándole la vuelta a la crisis: alternativas caseras para sobrevivir a la escasez de agua*. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de Sitio Argentino de Producción animal : http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/12-caseras_50.pdf
- Heguy, J. (2015). *Importancia de la materia seca y cómo medirla*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2020, de <http://cestanislaus.ucanr.edu/files/208494.pdf>
- Herrera, E., Cerrillo, M., Juárez, A., Murillo, M., Ríos, F., Reyes, O., & Bernal, H. (2010). Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*, 35(4), 284-289.

- Intagri. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico*. Recuperado el 9 de Abril de 2018, de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-forraje-verde-hidroponico>
- Intagri. (2016). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz*. Recuperado el 28 de Setiembre de 2020, de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
- Integrated Taxonomix Information System. (2020). *Hordeum vulgare L. taxonómica Número de serie .: 40874*. Recuperado el 28 de Setiembre de 2020, de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=40874#null
- International. (2018). *¿Qué es la "Humedad Relativa"?* Recuperado el 01 de Octubre de 2018, de Internacional: <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>
- Keles, G., Coskun, B., & Koc, S. (2013). *Re-growth yield and nutritive value of winter cereals* (Vol. 1). Sidney, Australia: Proceedings of the 22nd International Grassland Congress.
- López-Castañeda, C., & Richards, R. (1994). Variation in temperate cereals in rainfed environments I. Grain yield, biomass and agronomic characteristics. *Field Crops Res*, 37(1), 63-75.
- Meléndez, P. (2015). *Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura*. Recuperado el 01 de Octubre de 2018, de EL MERCURIO Campo: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2015/10/21/Las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>
- Niquez, M. (1988). *Producción de forraje en condiciones de hidroponia. Selección de especies y evaluación de cebada*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción - Facultad de Agronomía.
- NutriciónAnimalMX. (2017). *Glosario Nutrición Animal*. Recuperado el 01 de Octubre de 2018, de Nutrición Animal: <http://nutricionanimal.mx/glosario-nutricion-animal/proteina-cruda>

- ONU. (2020). *Perú: Centenario, una cebada que sobrevive a los 4.000 metros*. Recuperado el 28 de Setiembre de 2020, de https://www.un.org/content/es/_vidout/video860.shtml
- PUCC. (2004). *Biología de Cultivos Anuales*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2018, de Pontificia Universidad Católica de Chile: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz/llenado.htm
- Rodríguez, A. (2006). *Como producir forraje verde hidropónico*. México D.F., México: DIANA.
- Rodríguez, A., Chang, M., Paqui, L., & Orosco, J. (2016). *Curso práctico de hidroponía*. Lima, Perú: UNALM.
- 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.* UNASAM. Huaraz: UNASAM.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (2009). Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. *Acta Universitaria*, 19(2), 11-19.
- Rosario, R. (2018). “*Efecto de cinco densidades de siembra de cebada (Hordeum vulgare L.) en y sin asociación con arveja (Pisum sativum L.) para producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero de Huaraz Ancash*”. Huaraz: UNASAM.
- Salas, L., Preciado, P., Esparza, J., Alvarez, V., Palomo, A., Rodriguez, N., & Marquez, C. (2010). Yield and quality of hydroponic forage produced under organic fertilization. *Tierra Latinoamericana*, 28(4), 355-360.
- 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 de borregos. *Servicios Personalizados*, 19(4), 35-43.
- Sanchez, W. (2015). *Forraje verde hidropónico*. Recuperado el 28 de Julio de 2018, de Color ABC: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/forraje-verde-hidropnico---wilson-sanchez--1406162.html>

- Sotelo, J. (2019). “*Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar variedad Centenario, aplicando tres volúmenes de riego por microaspersión, bajo condiciones de invernadero en Huaraz, año 2019*”. Huaraz: UNASAM.
- Unalm. (2020). *Solución Hidropónica La Molina*. Recuperado el Noviembre de 8 de 2020, de http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol_presentacion.htm
- Unasam. (2017). *Análisis de agua de FRIMETS EIRL*. Huaraz: UNASAM.
- Vasquez, V. (2013). *Experimentación Agrícola - Soluciones con SAS*. Cajamarca, Perú: CONCYTEC.
- Zagal, M., Martínez, S., Salgado, S., Escalera, F., Peña, B., & Carrillo, F. (2016). Hydroponics maize green forage production with watering every 24 hours. (S. Martínez, Ed.) *Abanico Veterinario*, 6(1), 29-34.

X. ANEXOS

Anexo 1: Resultados de evaluación en laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1133/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-1133/01	AQ19-1133/02	AQ19-1133/03	AQ19-1133/04	AQ19-1133/05	AQ19-1133/06
MUESTRA	PETER FERNANDO RAMIREZ- DIA 17	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 12	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 20	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 14	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 15	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 19
PESO (grams)	22	21	16	19	19	23
PFA	14.80	13.33	13.90	15.75	14.54	13.84
e. PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %						

CÓDIGO	AQ19-1133/07	AQ19-1133/08	AQ19-1133/09	AQ19-1133/10	AQ19-1133/11	AQ19-1133/12
MUESTRA	PETER FERNANDO RAMIREZ- DIA 13	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 16	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 18	PETER FERNANDO RAMIREZ-DIA 11	ROSAMANA TUYA TRATAMIENTO 12	ROSAMANA TUYA TRATAMIENTO 4
PESO (grams)	16	23	26	12	29	24
PFA	14.63	14.24	14.85	13.63	11.26	11.51
e. PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %						

Av. La Molina sin Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 616-7866 Anexo: 266 / Directo 348-0030



RESULTADOS ANALISIS

SOLICITANTE : RAMIREZ ACUÑA PETER

UBICACIÓN : Huaraz - Ancash

N° MUESTRA	PESO MUESTRA		% MATERIA SECA		PESO MUESTRA		% CENIZAS	
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
39	1.900	5.200	6.79%	8.25%	0.900	3.100	5.33%	4.48%
3	2.600	7.500	8.67%	13.39%	1.200	3.000	5.00%	3.97%
9	2.900	9.000	7.84%	13.24%	1.000	4.700	4.20%	4.87%
11	1.900	6.300	9.05%	12.35%	1.000	4.400	3.90%	3.91%
36	2.100	7.100	7.00%	11.83%	1.200	3.600	5.83%	4.39%
16	3.400	9.500	7.91%	14.39%	1.750	5.000	6.29%	4.50%
17	2.800	5.500	6.36%	8.23%	1.200	4.600	5.58%	3.96%
23	3.000	6.800	6.52%	10.46%	1.300	3.400	6.92%	3.94%
33	3.300	6.500	7.33%	9.85%	1.300	3.400	4.38%	4.35%
10	3.300	10.600	7.33%	16.06%	1.200	2.900	5.25%	4.00%
15	2.500	6.700	6.58%	9.71%	1.200	2.700	5.17%	3.81%
21	2.200	8.500	6.11%	13.28%	1.200	2.000	6.33%	4.00%
31	2.300	7.900	7.67%	11.62%	1.000	3.600	4.00%	3.39%
5	2.600	8.400	9.29%	14.24%	1.000	3.900	3.50%	3.64%
29	2.100	6.600	7.24%	10.65%	0.800	4.000	6.88%	3.63%
30	2.300	7.600	7.93%	12.06%	0.850	2.700	4.35%	3.89%
40	2.100	7.500	8.36%	11.36%	0.900	3.100	4.33%	3.55%
6	2.500	6.200	6.76%	9.25%	1.300	3.100	6.15%	3.29%
14	2.200	5.600	5.64%	14.86%	1.100	2.500	4.91%	4.16%
22	2.400	6.500	5.85%	8.78%	0.800	3.400	3.75%	3.74%
37	2.600	7.900	6.84%	11.45%	0.800	2.700	6.00%	3.63%

Huaraz, 14 de octubre de 2019



RESULTADOS ANALISIS

SOLICITANTE : RAMIREZ ACUÑA PETER

UBICACIÓN : Huaraz - Ancash

N° MUESTRA	PESO MUESTRA		% MATERIA SECA		PESO MUESTRA		% CENIZAS	
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
8	1.800	5.500	10.00%	16.18%	1.000	2.500	4.50%	4.08%
20	1.800	5.100	9.47%	12.75%	1.000	2.300	4.70%	4.74%
27	2.400	11.000	10.00%	19.30%	1.300	5.200	3.85%	3.69%
32	2.200	4.900	9.57%	13.61%	1.400	2.800	3.43%	4.36%
1	3.900	13.400	11.14%	21.27%	2.000	5.000	4.05%	3.74%
12	2.300	8.800	8.23%	14.67%	1.200	4.600	4.08%	3.83%
25	3.100	11.100	8.61%	16.32%	1.500	4.900	3.93%	3.45%
34	4.300	9.100	11.32%	14.00%	1.700	4.400	3.35%	3.34%
7	2.600	7.600	10.00%	13.82%	1.200	3.700	3.75%	3.65%
19	3.000	6.900	9.38%	11.69%	1.200	3.000	4.17%	4.00%
28	2.700	8.100	10.38%	15.28%	1.100	4.300	5.45%	4.05%
38	3.000	8.200	10.00%	14.39%	1.800	2.700	3.64%	3.78%
4	2.000	7.500	9.52%	14.71%	1.000	3.200	4.70%	4.12%
13	2.300	6.800	7.99%	10.79%	1.200	3.900	4.33%	3.79%
26	2.200	6.700	7.86%	11.17%	1.500	3.900	4.53%	3.95%
35	2.300	7.600	8.85%	13.10%	0.900	3.800	4.56%	4.03%
2	1.700	7.900	7.08%	13.62%	1.000	5.200	4.70%	3.58%
18	2.100	5.300	7.50%	10.19%	1.000	2.900	4.50%	4.45%
24	1.800	5.600	7.20%	10.98%	1.000	3.000	5.00%	4.17%
39	1.900	5.200	6.79%	8.25%	0.900	3.100	5.33%	4.48%
37	2.600	7.900	6.84%	11.45%	0.800	2.700	6.00%	3.63%

HUARAZ, 14 de octubre de 2019

Anexo 2: Panel fotográfico

Figura 199: Acondicionamiento del área experimental



Figura 20: Evaluación de las semillas



Figura 21: Visita del patrocinador y jurado de tesis.



Figura 22: Inspección del patrocinador.



Figura 23: Evaluación de rendimiento.



Figura 24: Forraje logrado en el experimento.



Figura 25: Obtención de muestras para análisis de laboratorio.



Anexo 3: Matriz de datos de rendimiento.

DIA	N° MUESTRA	Peso a la siembra	Peso a la cosecha	Peso TCO	Rendimiento TCO (Ton/Ha)	Indice TCO
11	8	500	2128	1852	120.26	3.70
	20	500	2325	2000	129.87	4.00
	27	500	2222	1895	123.05	3.79
	32	500	2169	1836	119.22	3.67
12	1	500	2015	1812	117.66	3.62
	12	500	2061	1903	123.57	3.81
	25	500	2186	2030	131.82	4.06
	34	500	2388	2174	141.17	4.35
13	7	500	2553	1518	98.57	3.04
	19	500	2679	2152	139.74	4.30
	28	500	2620	2206	143.25	4.41
	38	500	2595	1943	126.17	3.89
14	4	500	2347	2053	133.31	4.11
	13	500	2532	2277	147.86	4.55
	26	500	2613	2295	149.03	4.59
	35	500	2599	2294	148.96	4.59
15	2	500	2220	2040	132.47	4.08
	18	500	2053	1927	125.13	3.85
	24	500	2715	2555	165.91	5.11
	39	500	2740	2524	163.90	5.05
16	3	500	2709	2428	157.66	4.86
	9	500	2507	2250	146.10	4.50
	11	500	2408	2183	141.75	4.37
	36	500	2728	2447	158.90	4.89
17	16	500	2478	2222	144.29	4.44
	17	500	2688	2417	156.95	4.83
	23	500	2960	2352	152.73	4.70
	33	500	2731	2357	153.05	4.71
18	10	500	2258	2122	137.79	4.24
	15	500	2527	2344	152.21	4.69
	21	500	2557	2362	153.38	4.72
	31	500	2284	2105	136.69	4.21
19	5	500	2468	2138	138.83	4.28
	29	500	2455	2041	132.53	4.08
	30	500	2576	2127	138.12	4.25
	40	500	2331	2102	136.49	4.20
20	6	500	2555	2180	141.56	4.36
	14	500	2586	2312	150.13	4.62
	22	500	2660	2417	156.95	4.83
	37	500	2521	2325	150.97	4.65

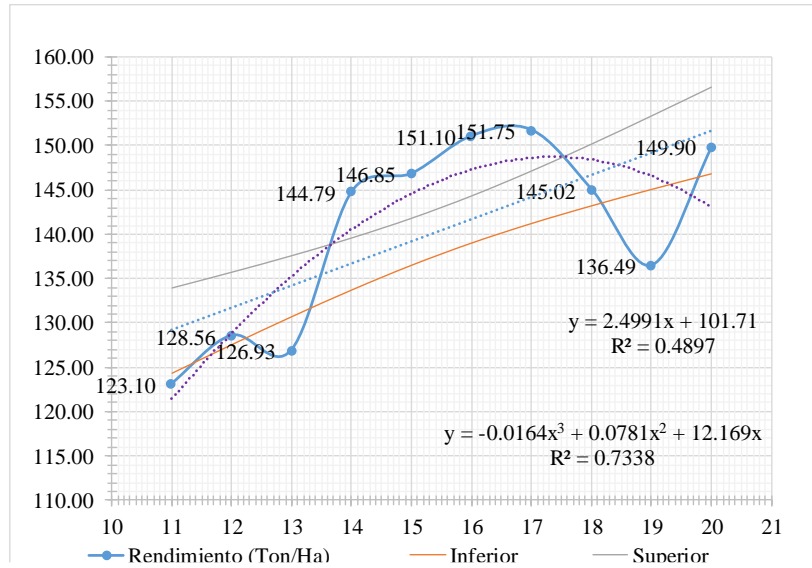
Anexo 4: Datos meteorológicos del invernadero.

FECHA	DATOS IN			DATOS OUT				Temperatura		HR Promedio	Conductividad		HORA
	Tem max	Tem min	HR %	Tem max	Tem min	HR %	Promedio	Tem	mS/cm		Tem		
22-Ago	32.4	6.4	87%	30.2	5.9	11.0%	18.7	15.4	49%	0.14	15.4	9:00 a. m.	
23-Ago	34.4	6.1	90%	32.2	5.5	10.0%	19.6	15.4	50%	0.2	15.4	9:00 a. m.	
24-Ago	36.5	36.5	65%	36.5	36.5	9.0%	36.5	15.4	37%	1.01	15.4	9:00 a. m.	
25-Ago	36.95	21.5	86%	35.85	21.05	9.5%	28.8	15.4	48%	0.14	15.4	9:00 a. m.	
26-Ago	37.4	6.5	72%	35.2	5.6	10.0%	21.2	16.2	41%	0.2	16.2	9:00 a. m.	
27-Ago	37.4	6.5	72%	35.2	5.6	10.0%	21.2	16.2	41%	1.01	16.2	9:00 a. m.	
28-Ago	36.45	6.8	68%	36	6.9	10.0%	21.5	16.2	39%	0.71	16.2	9:00 a. m.	
29-Ago	35.5	7.1	64%	36.8	8.2	10.0%	21.9	16.7	37%	0.71	16.7	9:00 a. m.	
30-Ago	35.8	6.35	67%	34.5	6.7	10.0%	20.8	16.7	38%	1.67	16.7	9:00 a. m.	
31-Ago	36.1	5.6	69%	32.2	5.2	10.0%	19.8	14.4	40%	0.63	14.4	9:00 a. m.	
1-Set	36.1	5.6	99%	31.2	5.2	10.0%	19.5	14.2	55%	1.09	14.2	9:00 a. m.	
2-Set	36.1	5.6	99%	32.2	5.2	10.0%	19.8	14.2	55%	1.07	14.2	9:00 a. m.	
3-Set	36.4	23.4	36%	34.4	22.2	9.0%	29.1	14	23%	1.05	14	9:00 a. m.	
4-Set	36.0	13	96%	34.2	11.5	10.0%	23.7	15	53%	1.04	15	9:00 a. m.	
5-Set	36.1	22.1	70%	34.1	18.7	10.0%	27.7	15.3	40%	1.04	15.3	9:00 a. m.	
6-Set	36.1	15.2	97%	33.9	12.7	10.0%	24.5	18	54%	0.99	18	9:00 a. m.	
7-Set	36.1	17.8	44%	33.7	18.4	10.0%	26.5	18.9	27%	1	18.9	9:00 a. m.	
8-Set	36.1	16.2	74%	33.4	11.8	10.0%	24.4	18.9	42%	0.7	18.9	9:00 a. m.	
9-Set	25.7	17.9	35%	33.2	12.3	10.0%	22.3	18.9	23%	0.5	18.9	9:00 a. m.	
10-Set	34.4	11.4	52%	33.8	11.9	10.0%	22.9	12.4	31%	0.48	12.4	9:00 a. m.	
11-Set	34.1	11.8	55%	33.7	12.4	10.0%	23.0	12.4	33%	0.1	12.4	9:00 a. m.	

Anexo 5: Datos de análisis de varianza de regresión para rendimiento.

Periodo(X)	Rendimiento (Ton/Ha)	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	123.10	121.00	15153.77	1354.11	20.25	300.99	129.20	-6.10	4.81	124.39	134.02	
12	128.56	144.00	16526.44	1542.66	12.25	141.48	131.70	-3.15	4.08	127.62	135.79	
13	126.93	169.00	16111.69	1650.11	6.25	182.73	134.20	-7.27	3.43	130.77	137.64	
14	144.79	196.00	20963.84	2027.05	2.25	18.83	136.70	8.09	2.92	133.78	139.62	
15	146.85	225.00	21565.11	2202.76	0.25	40.97	139.20	7.65	2.63	136.57	141.83	
16	151.10	256.00	22832.39	2417.66	0.25	113.51	141.70	9.40	2.63	139.07	144.33	
17	151.75	289.00	23029.05	2579.81	2.25	127.77	144.20	7.55	2.92	141.28	147.12	
18	145.02	324.00	21029.71	2610.29	6.25	20.85	146.70	-1.68	3.43	143.26	150.13	
19	136.49	361.00	18630.48	2593.38	12.25	15.65	149.20	-12.70	4.08	145.11	153.28	
20	149.90	400.00	22470.79	2998.05	20.25	89.36	151.70	-1.79	4.81	146.88	156.51	
Media =	15.5	140.45	2485.00	19831.33	2197.59	82.50	105.21	140.45	0.00	3.58	136.87	144.03
Σ =	155	1404.50	2485.00	198313.26	21975.88	82.50	1052.15	1404.50	0.00	35.77	1368.73	1440.27

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 197261$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 21770$
 $\Sigma xy = 206$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 1052$
 $b_1 = 2.4991$
 $b_0 = 101.7134$
 ValorT=

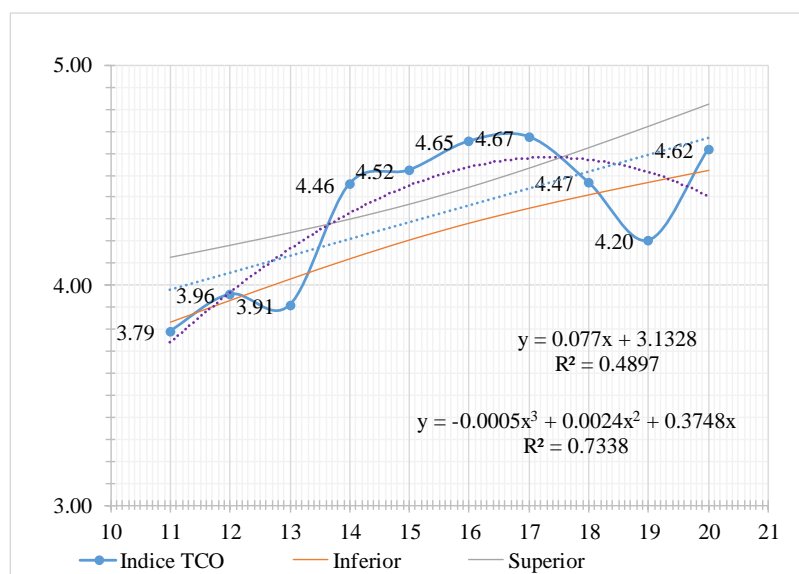


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	515.26	515.25980	7.68	5.32	*
Error	8	536.89	67.11094			
Total	9	1052.15				
R² = 48.97%		r = 69.98%		S_{b1} = 0.81		
t_{0.05} = 2.306		t_{calc} = 2.77		Máx Técnico = 17		

Anexo 6: Datos de análisis de varianza de regresión para índice de conversión de biomasa/semilla.

Periodo(X)	Indice TCO	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	$S_{\hat{y}_i}$	Inferior	Superior	
11	3.79	121.00	14.38	41.71	20.25	0.29	3.98	-0.19	0.15	3.83	4.13	
12	3.96	144.00	15.68	47.51	12.25	0.13	4.06	-0.10	0.13	3.93	4.18	
13	3.91	169.00	15.28	50.82	6.25	0.17	4.13	-0.22	0.11	4.03	4.24	
14	4.46	196.00	19.89	62.43	2.25	0.02	4.21	0.25	0.09	4.12	4.30	
15	4.52	225.00	20.46	67.85	0.25	0.04	4.29	0.24	0.08	4.21	4.37	
16	4.65	256.00	21.66	74.46	0.25	0.11	4.36	0.29	0.08	4.28	4.45	
17	4.67	289.00	21.85	79.46	2.25	0.12	4.44	0.23	0.09	4.35	4.53	
18	4.47	324.00	19.95	80.40	6.25	0.02	4.52	-0.05	0.11	4.41	4.62	
19	4.20	361.00	17.67	79.88	12.25	0.01	4.60	-0.39	0.13	4.47	4.72	
20	4.62	400.00	21.32	92.34	20.25	0.08	4.67	-0.06	0.15	4.52	4.82	
Media	15.5	4.33	248.50	18.81	67.69	8.25	0.10	4.33	0.00	0.11	4.22	4.44
Σ =	155	43.26	2485.00	188.13	676.86	82.50	1.00	43.26	0.00	1.10	42.16	44.36

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 187$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 671$
 $\Sigma xy= 6$
 $\Sigma x^2= 83$
 $\Sigma y^2= 1$
 $b_1= 0.0770$
 $b_0= 3.1328$
 ValorT=

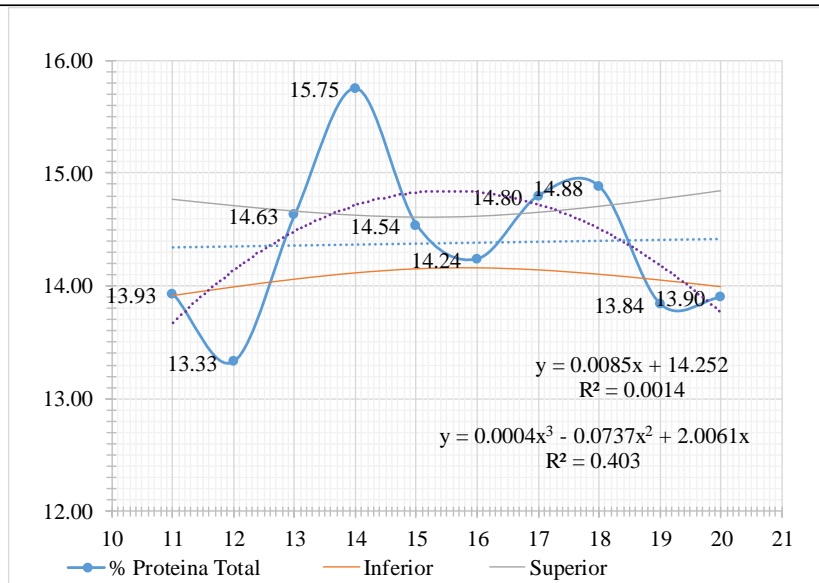


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.49	0.48880	7.68	5.32	*
Error	8	0.51	0.06366			
Total	9	1.00				
$R^2 = 48.97\%$		$r = 69.98\%$		$S_{b1} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 2.77$		Máx Técnico= 17		

Anexo 7: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de proteína total.

Periodo(X)	% Proteína Total	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	13.93	121.00	194.04	153.23	20.25	0.21	14.35	-0.42	0.43	13.92	14.77	
12	13.33	144.00	177.69	159.96	12.25	1.11	14.35	-1.02	0.36	13.99	14.72	
13	14.63	169.00	214.04	190.19	6.25	0.06	14.36	0.27	0.30	14.06	14.67	
14	15.75	196.00	248.06	220.50	2.25	1.87	14.37	1.38	0.26	14.11	14.63	
15	14.54	225.00	211.41	218.10	0.25	0.02	14.38	0.16	0.23	14.15	14.61	
16	14.24	256.00	202.78	227.84	0.25	0.02	14.39	-0.15	0.23	14.15	14.62	
17	14.80	289.00	219.04	251.60	2.25	0.17	14.40	0.40	0.26	14.14	14.66	
18	14.88	324.00	221.41	267.84	6.25	0.25	14.41	0.47	0.30	14.10	14.71	
19	13.84	361.00	191.55	262.96	12.25	0.30	14.41	-0.57	0.36	14.05	14.78	
20	13.90	400.00	193.21	278.00	20.25	0.23	14.42	-0.52	0.43	13.99	14.85	
Media=	15.5	14.38	248.50	207.32	223.02	8.25	0.42	14.38	0.00	0.32	14.07	14.70
Σ =	155	143.84	2485.00	2073.23	2230.22	82.50	4.24	143.84	0.00	3.18	140.66	147.02

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n = 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n = 2069$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n = 2230$
 $\Sigma xy = 1$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 4$
 $b_1 = 0.0085$
 $b_0 = 14.2525$
 ValorT=

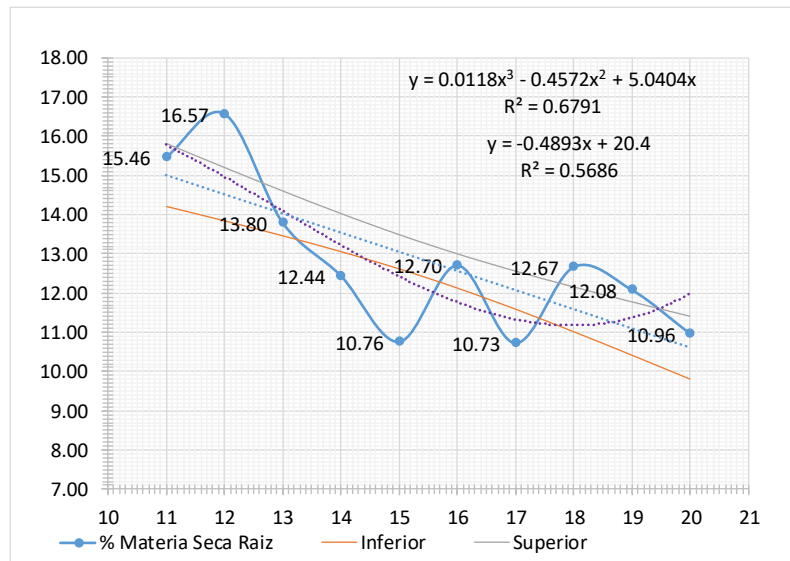


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.01	0.00594	0.01	5.32	NS
Error	8	4.23	0.52899			
Total	9	4.24				
$R^2 = 0.14\%$		$r = 3.74\%$		$S_{b1} = 0.01$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.11$		Máx Técnico= 16		

Anexo 8: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca en la raíz.

Periodo(X)	% Materia Seca Raiz	X ²	Y ²	XY	(x- \bar{X}) ²	(y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	15.46	121.00	238.98	170.05	20.25	6.98	15.02	0.44	0.80	14.21	15.82	
12	16.57	144.00	274.40	198.78	12.25	14.05	14.53	2.04	0.68	13.85	15.21	
13	13.80	169.00	190.32	179.34	6.25	0.96	14.04	-0.24	0.57	13.47	14.61	
14	12.44	196.00	154.81	174.19	2.25	0.14	13.55	-1.11	0.49	13.06	14.04	
15	10.76	225.00	115.82	161.43	0.25	4.22	13.06	-2.30	0.44	12.62	13.50	
16	12.70	256.00	161.38	203.26	0.25	0.01	12.57	0.13	0.44	12.13	13.01	
17	10.73	289.00	115.09	182.38	2.25	4.36	12.08	-1.35	0.49	11.59	12.57	
18	12.67	324.00	160.46	228.01	6.25	0.02	11.59	1.07	0.57	11.02	12.17	
19	12.08	361.00	145.86	229.47	12.25	0.55	11.10	0.97	0.68	10.42	11.79	
20	10.96	400.00	120.15	219.23	20.25	3.44	10.61	0.35	0.80	9.81	11.42	
Media=	15.5	128.16	248.50	167.73	194.61	8.25	3.47	12.82	0.00	0.60	12.22	13.41
Σ =	155	128.16	2485.00	1677.28	1946.14	82.50	34.74	128.16	0.00	5.98	122.19	134.14

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 1643$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 1987$
 $\Sigma xy = -40$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 35$
 $b_1 = -0.4893$
 $b_0 = 20.4001$
 ValorT=

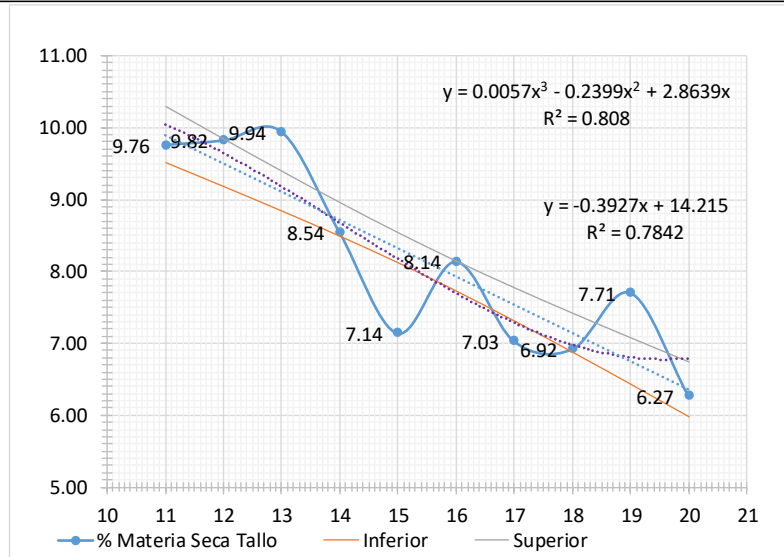


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	19.75	19.75060	10.54	5.32	*
Error	8	14.99	1.87334			
Total	9	34.74				
$R^2 = 56.86\%$		$r = -75.40\%$		$S_{b1} = 0.02$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 3.25$		Máx Técnico= 8		

Anexo 9: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca en el tallo.

Periodo(X)	% Materia Seca Tallo	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	9.76	121.00	95.25	107.36	20.25	2.66	9.89	-0.13	0.39	9.51	10.28	
12	9.82	144.00	96.45	117.85	12.25	2.87	9.50	0.32	0.33	9.17	9.83	
13	9.94	169.00	98.80	129.22	6.25	3.29	9.11	0.83	0.28	8.83	9.39	
14	8.54	196.00	72.92	119.55	2.25	0.17	8.72	-0.18	0.24	8.48	8.95	
15	7.14	225.00	51.01	107.13	0.25	0.97	8.32	-1.18	0.21	8.11	8.54	
16	8.14	256.00	66.23	130.21	0.25	0.00	7.93	0.21	0.21	7.72	8.14	
17	7.03	289.00	49.44	119.53	2.25	1.20	7.54	-0.51	0.24	7.30	7.77	
18	6.92	324.00	47.92	124.61	6.25	1.45	7.15	-0.22	0.28	6.87	7.42	
19	7.71	361.00	59.37	146.40	12.25	0.18	6.75	0.95	0.33	6.42	7.08	
20	6.27	400.00	39.36	125.47	20.25	3.44	6.36	-0.09	0.39	5.97	6.75	
Media=	15.5	8.13	248.50	67.68	122.73	8.25	1.62	8.13	0.00	0.29	7.84	8.42
Σ =	155	81.27	2485.00	676.76	1227.33	82.50	16.23	81.27	0.00	2.89	78.38	84.16

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 661$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 1260$
 $\Sigma xy = -32$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 16$
 $b_1 = -0.3927$
 $b_0 = 14.2147$
 ValorT=

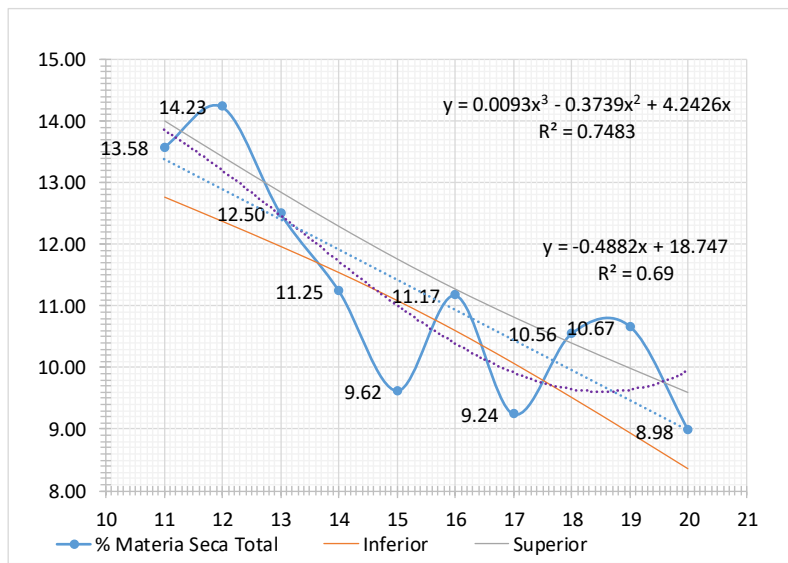


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	12.72	12.72497	29.07	5.32	*
Error	8	3.50	0.43772			
Total	9	16.23				
$R^2 = 78.42\%$		$r = -88.55\%$		$S_{b1} = 0.01$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 5.39$		Máx Técnico= 8		

Anexo 10: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de materia seca total en la planta.

Periodo(X)	% Materia Seca Total	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	13.58	121.00	184.35	149.35	20.25	5.75	13.38	0.20	0.62	12.76	13.99	
12	14.23	144.00	202.57	170.79	12.25	9.32	12.89	1.34	0.52	12.37	13.41	
13	12.50	169.00	156.35	162.55	6.25	1.75	12.40	0.10	0.44	11.96	12.84	
14	11.25	196.00	126.48	157.45	2.25	0.00	11.91	-0.67	0.37	11.54	12.29	
15	9.62	225.00	92.62	144.36	0.25	2.42	11.42	-1.80	0.34	11.09	11.76	
16	11.17	256.00	124.82	178.75	0.25	0.00	10.94	0.24	0.34	10.60	11.27	
17	9.24	289.00	85.42	157.12	2.25	3.75	10.45	-1.21	0.37	10.07	10.82	
18	10.56	324.00	111.45	190.03	6.25	0.39	9.96	0.60	0.44	9.52	10.40	
19	10.67	361.00	113.75	202.64	12.25	0.26	9.47	1.19	0.52	8.95	10.00	
20	8.98	400.00	80.63	179.59	20.25	4.84	8.98	0.00	0.62	8.37	9.60	
Media=	15.5	11.18	248.50	127.84	169.26	8.25	2.85	11.18	0.00	0.46	10.72	11.64
Σ =	155	111.80	2485.00	1278.45	1692.65	82.50	28.49	111.80	0.00	4.59	107.21	116.39

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 1250$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 1733$
 $\Sigma xy = -40$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 28$
 $b_1 = -0.4882$
 $b_0 = 18.7470$
 ValorT=

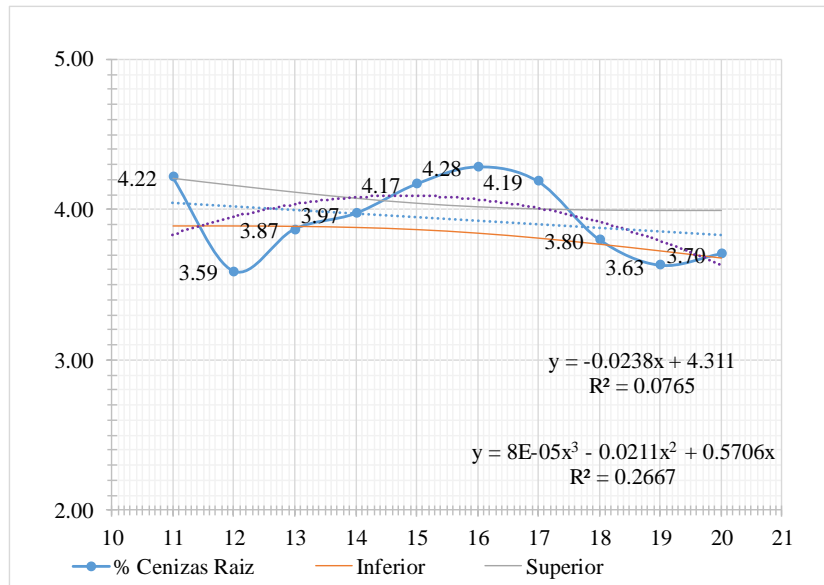


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05 0.01	Sig
Regresión	1	19.66	19.66199	17.81	5.32	*
Error	8	8.83	1.10404		11.26	
Total	9	28.49				
		$R^2 = 69.00\%$	$r = -83.07\%$	$S_{b1} = 0.01$		
		$t_{0.05} = 2.306$	$t_{calc} = 4.22$	Máx Técnico=		8

Anexo 11: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas en la raíz.

Periodo(X)	% Cenizas Raiz	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY	$(X-\bar{X})^2$	$(Y-\bar{Y})^2$	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	4.22	121.00	17.78	46.39	20.25	0.08	4.05	0.17	0.16	3.89	4.21	
12	3.59	144.00	12.88	43.07	12.25	0.12	4.03	-0.44	0.13	3.89	4.16	
13	3.87	169.00	14.96	50.29	6.25	0.01	4.00	-0.13	0.11	3.89	4.11	
14	3.97	196.00	15.78	55.62	2.25	0.00	3.98	0.00	0.09	3.88	4.07	
15	4.17	225.00	17.38	62.53	0.25	0.05	3.95	0.22	0.09	3.87	4.04	
16	4.28	256.00	18.35	68.55	0.25	0.12	3.93	0.35	0.09	3.84	4.02	
17	4.19	289.00	17.54	71.19	2.25	0.06	3.91	0.28	0.09	3.81	4.00	
18	3.80	324.00	14.45	68.42	6.25	0.02	3.88	-0.08	0.11	3.77	3.99	
19	3.63	361.00	13.16	68.92	12.25	0.10	3.86	-0.23	0.13	3.73	3.99	
20	3.70	400.00	13.72	74.08	20.25	0.06	3.83	-0.13	0.16	3.68	3.99	
Media=	15.5	3.94	248.50	15.60	60.90	8.25	0.06	3.94	0.00	0.12	3.83	4.06
Σ =	155	39.42	2485.00	156.01	609.05	82.50	0.61	39.42	0.00	1.16	38.26	40.58

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 155$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 611$
 $\Sigma xy = -2$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 1$
 $b_1 = -0.0238$
 $b_0 = 4.3110$
 ValorT=

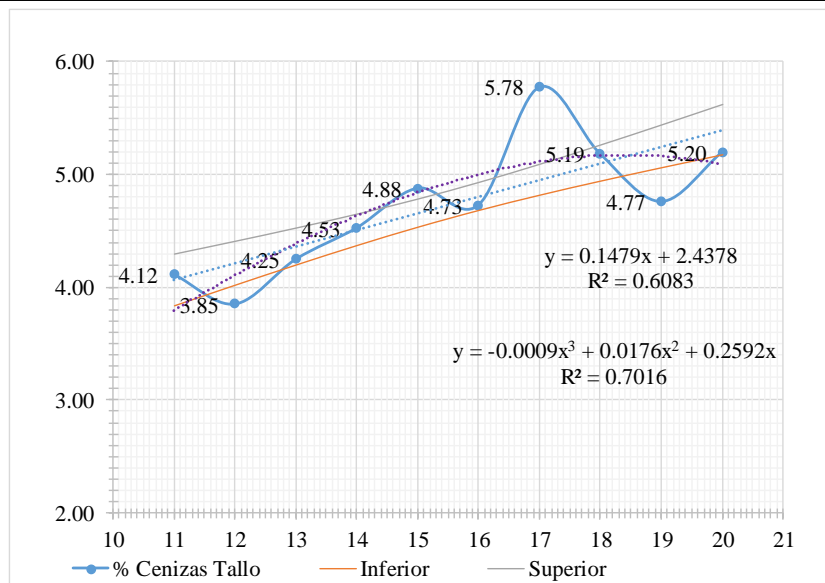


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.05	0.04674	0.66	5.32	NS
Error	8	0.56	0.07057			
Total	9	0.61				
$R^2 = 7.65\%$		$r = -27.65\%$		$S_{b1} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.81$		Máx Técnico = 16		

Anexo 12: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas en el tallo.

Periodo(X)	% Cenizas Tallo	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	4.12	121.00	16.96	45.31	20.25	0.37	4.07	0.05	0.22	3.84	4.29	
12	3.85	144.00	14.86	46.26	12.25	0.77	4.21	-0.36	0.19	4.02	4.40	
13	4.25	169.00	18.08	55.27	6.25	0.23	4.36	-0.11	0.16	4.20	4.52	
14	4.53	196.00	20.53	63.43	2.25	0.04	4.51	0.02	0.14	4.37	4.64	
15	4.88	225.00	23.85	73.25	0.25	0.02	4.66	0.23	0.12	4.53	4.78	
16	4.73	256.00	22.40	75.73	0.25	0.00	4.80	-0.07	0.12	4.68	4.93	
17	5.78	289.00	33.41	98.26	2.25	1.10	4.95	0.83	0.14	4.82	5.09	
18	5.19	324.00	26.91	93.38	6.25	0.21	5.10	0.09	0.16	4.94	5.26	
19	4.77	361.00	22.71	90.54	12.25	0.00	5.25	-0.48	0.19	5.06	5.44	
20	5.20	400.00	27.07	104.06	20.25	0.22	5.40	-0.19	0.22	5.17	5.62	
Media=	15.5	4.73	248.50	22.68	74.55	8.25	0.30	4.73	0.00	0.17	4.56	4.90
Σ =	155	47.31	2485.00	226.78	745.49	82.50	2.97	47.31	0.00	1.66	45.64	48.97

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 224$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 733$
 $\Sigma xy = 12$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 3$
 $b_1 = 0.1479$
 $b_0 = 2.4378$
 ValorT=

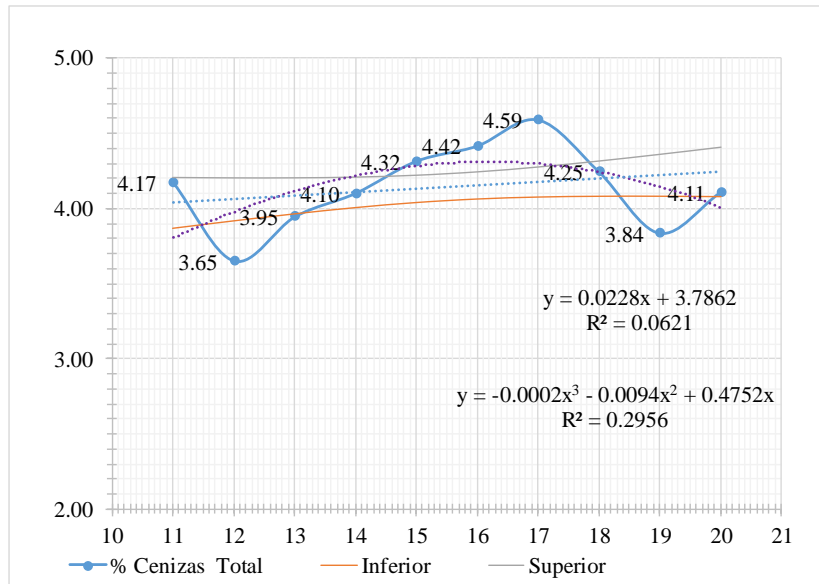


Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	1.81	1.80559	12.42	5.32	*
Error	8	1.16	0.14532			
Total	9	2.97				
$R^2 = 60.83\%$		$r = 77.99\%$		$S_{b1} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 3.52$		Máx Técnico = 16		

Anexo 13: Datos de análisis de varianza de regresión para contenido de cenizas total en la planta.

Periodo(X)	% Cenizas Total	X ²	Y ²	XY	(X- \bar{X}) ²	(Y- \bar{Y}) ²	\hat{y}_i	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	Sy	Inferior	Superior	
11	4.17	121.00	17.43	45.92	20.25	0.00	4.04	0.14	0.17	3.87	4.21	
12	3.65	144.00	13.35	43.84	12.25	0.24	4.06	-0.41	0.14	3.92	4.20	
13	3.95	169.00	15.59	51.32	6.25	0.04	4.08	-0.14	0.12	3.96	4.20	
14	4.10	196.00	16.84	57.46	2.25	0.00	4.11	0.00	0.10	4.00	4.21	
15	4.32	225.00	18.64	64.76	0.25	0.03	4.13	0.19	0.09	4.04	4.22	
16	4.42	256.00	19.52	70.69	0.25	0.08	4.15	0.27	0.09	4.06	4.24	
17	4.59	289.00	21.09	78.07	2.25	0.20	4.17	0.42	0.10	4.07	4.28	
18	4.25	324.00	18.05	76.47	6.25	0.01	4.20	0.05	0.12	4.08	4.32	
19	3.84	361.00	14.73	72.93	12.25	0.09	4.22	-0.38	0.14	4.08	4.36	
20	4.11	400.00	16.88	82.17	20.25	0.00	4.24	-0.13	0.17	4.08	4.41	
Media=	15.5	4.14	248.50	17.21	64.36	8.25	0.07	4.14	0.00	0.12	4.02	4.26
Σ =	155	41.40	2485.00	172.12	643.64	82.50	0.69	41.40	0.00	1.24	40.16	42.65

n= 10
 $(\Sigma X)^2/n= 2403$
 $(\Sigma Y)^2/n= 171$
 $(\Sigma X)(\Sigma Y)/n= 642$
 $\Sigma xy = 2$
 $\Sigma x^2 = 83$
 $\Sigma y^2 = 1$
 $b_1 = 0.0228$
 $b_0 = 3.7862$
 ValorT=



Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	F 0.05	Sig
Regresión	1	0.04	0.04306	0.53	5.32	NS
Error	8	0.65	0.08125			
Total	9	0.69				
$R^2 = 6.21\%$		$r = 24.93\%$		$S_{b1} = 0.00$		
$t_{0.05} = 2.306$		$t_{calc} = 0.73$		Máx Técnico= 16		

Anexo 14: Análisis económico de los tratamientos en estudio

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO									
TESTIGO									
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Dosis siembra (Kg/m2)		3.250			
Ciclo productivo (días)		11		Capacidad Productiva (Bandejas)		150			
Días de fertirriego (días)		9		Capacidad Productiva (m2)		23.1			
				Cosechas al año		33.2			
COSTOS FIJOS									
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciación (S./M2/año)	Depreciación (S./M2/cosecha)	
1.01	Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.23	
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 0.71	
1.03	Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.03	
1.04	Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.08	
1.05	Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.14	
Total Costos Fijos								S/.	2.19
COSTOS VARIABLES									
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2				
2.01	Semilla Cebada	Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53				
2.02	Agua	L	22.91	S/. 0.0002	S/. 0.005				
2.03	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.02	S/. 15.30	S/. 0.35				
2.04	Lejia	L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17				
2.05	Mano de Obra	Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50				
2.06	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.12	S/. 0.12				
Sub Total Costos Variables								S/.	9.66
Imprevistos (5%)								S/.	0.48
Total Costos Variables								S/.	10.15
Costos Fijos Unitarios (m2)								S/.	2.19
Costos Variables Unitarios (m2)								S/.	10.15
Costos Totales								S/.	12.34
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)									3.79
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2									12.32
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2								S/.	1.00
Rendimiento Anual (Kg/m2)									408.7
Rendimiento Anual (ton/Ha)*									4808.4

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

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO									
TESTIGO									
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Dosis siembra (Kg/m2)		3.250			
Ciclo productivo (días)		12		Capacidad Productiva (Bandejas)		150			
Días de fertirriego (días)		10		Capacidad Productiva (m2)		23.1			
				Cosechas al año		30.4			
COSTOS FIJOS									
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciación (S./M2/año)	Depreciación (S./M2/cosecha)	
1.01	Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.34	
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 0.78	
1.03	Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.04	
1.04	Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.08	
1.05	Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.15	
Total Costos Fijos								S/.	2.39
COSTOS VARIABLES									
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2				
2.01	Semilla Cebada	Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53				
2.02	Agua	L	25.45	S/. 0.0002	S/. 0.005				
2.03	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.39				
2.04	Lejia	L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17				
2.05	Mano de Obra	Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50				
2.06	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.11	S/. 0.11				
Sub Total Costos Variables								S/.	9.69
Imprevistos (5%)								S/.	0.48
Total Costos Variables								S/.	10.18
Costos Fijos Unitarios (m2)								S/.	2.39
Costos Variables Unitarios (m2)								S/.	10.18
Costos Totales								S/.	12.57
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)									3.96
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2									12.87
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2								S/.	0.98
Rendimiento Anual (Kg/m2)									391.5
Rendimiento Anual (ton/Ha)*									4605.4

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	13
Días de fertirriego (días)	11

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	28.1

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.45
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 0.84
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.04
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.09
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.16
Total Costos Fijos							S/. 2.59

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	28.00	S/. 0.0002	S/. 0.006
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.43
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.10	S/. 0.10
Sub Total Costos Variables					S/. 9.72
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.21
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 2.59
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.21
Costos Totales					S/. 12.80
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					3.91
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					12.71
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 1.01
Rendimiento Anual (Kg/m2)					356.8
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					4197.5

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	14
Días de fertirriego (días)	12

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	26.1

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.56
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 0.91
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.04
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.10
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.17
Total Costos Fijos							S/. 2.79

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	30.55	S/. 0.0002	S/. 0.006
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.47
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09
Sub Total Costos Variables					S/. 9.76
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.24
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 2.79
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.24
Costos Totales					S/. 13.03
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.46
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					14.50
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.90
Rendimiento Anual (Kg/m2)					377.9
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					4445.9

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	15
Días de fertirriego (días)	13

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	24.3

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.68
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 0.97
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.19
Total Costos Fijos							S/. 2.99

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	33.09	S/. 0.0002	S/. 0.007
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.03	S/. 15.30	S/. 0.51
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.09	S/. 0.09
Sub Total Costos Variables					S/. 9.79
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.28
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 2.99
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.28
Costos Totales					S/. 13.27
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.52
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					14.69
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.90
Rendimiento Anual (Kg/m2)					357.5
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					4205.4

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	16
Días de fertirriego (días)	14

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	22.8

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.79
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 1.04
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.11
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.20
Total Costos Fijos							S/. 3.19

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	35.64	S/. 0.0002	S/. 0.007
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.55
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.08	S/. 0.08
Sub Total Costos Variables					S/. 9.82
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.31
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 3.19
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.31
Costos Totales					S/. 13.50
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.65
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					15.11
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.89
Rendimiento Anual (Kg/m2)					344.8
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					4055.9

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	17
Días de fertirriego (días)	15

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	21.5

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 1.90
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 1.10
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.12
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.21
Total Costos Fijos							S/. 3.38

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	38.18	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.58
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.08	S/. 0.08
Sub Total Costos Variables					S/. 9.86
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.35
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 3.38
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.35
Costos Totales					S/. 13.74
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.67
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					15.18
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.91
Rendimiento Anual (Kg/m2)					325.9
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					3833.8

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	18
Días de fertirriego (días)	16

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	20.3

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 2.01
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 1.17
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.05
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.13
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.22
Total Costos Fijos							S/. 3.58

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	40.73	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.62
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.07	S/. 0.07
Sub Total Costos Variables					S/. 9.89
Imprevistos (5%)					S/. 0.49
Total Costos Variables					S/. 10.39
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 3.58
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.39
Costos Totales					S/. 13.97
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.47
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					14.53
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.96
Rendimiento Anual (Kg/m2)					294.6
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					3465.7

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	19
Días de fertirriego (días)	17

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	19.2

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 2.12
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 1.23
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.06
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.13
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.24
Total Costos Fijos							S/. 3.78

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	43.27	S/. 0.0002	S/. 0.009
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.66
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.07	S/. 0.07
Sub Total Costos Variables					S/. 9.93
Imprevistos (5%)					S/. 0.50
Total Costos Variables					S/. 10.43
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 3.78
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.43
Costos Totales					S/. 14.21
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.20
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					13.65
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 1.04
Rendimiento Anual (Kg/m2)					262.2
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					3085.0

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

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO

TESTIGO	
Consumo de agua (l/m2/día)	2.55
Ciclo productivo (días)	20
Días de fertirriego (días)	18

Dosis siembra (Kg/m2)	3.250
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m2)	23.1
Cosechas al año	18.3

COSTOS FIJOS

Item Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Util (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01 Invernadero	m2	20	S/. 471.15	S/. 9,423.04	10	S/. 40.79	S/. 2.24
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/. 5,466.09	10	S/. 23.66	S/. 1.30
1.03 Balanza	Und.	1	S/. 127.12	S/. 127.12	5	S/. 1.10	S/. 0.06
1.04 Medidor de pH y CE	Und.	1	S/. 296.61	S/. 296.61	5	S/. 2.57	S/. 0.14
1.05 Equipamiento de invernadero	Global	1	S/. 315.26	S/. 315.26	3	S/. 4.55	S/. 0.25
Total Costos Fijos							S/. 3.98

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01 Semilla Cebada		Kg	3.25	S/. 1.70	S/. 5.53
2.02 Agua		L	45.82	S/. 0.0002	S/. 0.009
2.03 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.05	S/. 15.30	S/. 0.70
2.04 Lejia		L	0.07	S/. 2.54	S/. 0.17
2.05 Mano de Obra		Jornal	0.1000	S/. 35.00	S/. 3.50
2.06 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 9.97
Imprevistos (5%)					S/. 0.50
Total Costos Variables					S/. 10.46
Costos Fijos Unitarios (m2)					S/. 3.98
Costos Variables Unitarios (m2)					S/. 10.46
Costos Totales					S/. 14.45
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.62
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2					15.02
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2					S/. 0.96
Rendimiento Anual (Kg/m2)					274.0
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					3223.8

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

INDICADOR	11 días	12 días	13 días	14 días	15 días	16 días	17 días	18 días	19 días	20 días
Costos Fijos Unitarios (m2)	S/. 2.19	S/. 2.39	S/. 2.59	S/. 2.79	S/. 2.99	S/. 3.19	S/. 3.38	S/. 3.58	S/. 3.78	S/. 3.98
Costos Variables Unitarios (m2)	S/. 10.15	S/. 10.18	S/. 10.21	S/. 10.24	S/. 10.28	S/. 10.31	S/. 10.35	S/. 10.39	S/. 10.43	S/. 10.46
Costos Total de Producción (m2)	S/. 12.34	S/. 12.57	S/. 12.80	S/. 13.03	S/. 13.27	S/. 13.50	S/. 13.74	S/. 13.97	S/. 14.21	S/. 14.45
	\$3.82	\$3.89	\$3.96	\$4.03	\$4.11	\$4.18	\$4.25	\$4.33	\$4.40	\$4.47
RENDIMIENTO (Kg FVH/m2)	12.32	12.87	12.71	14.50	14.69	15.11	15.18	14.53	13.65	15.02
COSTO/ Kg de Forraje TCO	S/. 1.00	S/. 0.98	S/. 1.01	S/. 0.90	S/. 0.90	S/. 0.89	S/. 0.91	S/. 0.96	S/. 1.04	S/. 0.96
Precio del producto sustituto (alfalfa)	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00	S/. 1.00
INDICE DE RENTABILIDAD	-0.2%	2.4%	-0.7%	10.1%	9.7%	10.7%	9.5%	3.8%	-4.1%	3.8%
Rendimiento Anual (Kg/m2)	408.72	391.46	356.79	377.91	357.46	344.75	325.87	294.59	262.22	274.02
Rendimiento Anual de Forraje Fresco (ton/Ha)*	4808.44	4605.44	4197.50	4445.95	4205.37	4055.93	3833.76	3465.71	3084.98	3223.81
Contenido de Materia Seca	13.58%	14.23%	12.50%	11.25%	9.62%	11.17%	9.24%	10.56%	10.67%	8.98%
Rendimiento por Ha de Materia Seca (ton)	652.99	655.35	524.69	500.17	404.56	453.05	354.24	365.98	329.17	289.50
Costo de 1 Kg de Materia Seca	\$2.11	\$1.96	\$2.30	\$2.28	\$2.68	\$2.29	\$2.80	\$2.60	\$2.79	\$3.06
	S/. 7.38	S/. 6.86	S/. 8.06	S/. 7.99	S/. 9.39	S/. 8.00	S/. 9.79	S/. 9.11	S/. 9.76	S/.10.71
Contenido de Proteína Cruda	13.93%	13.33%	14.63%	15.75%	14.54%	14.24%	14.80%	14.88%	13.84%	13.90%
Rendimiento por Ha de Proteína Cruda (ton)	90.96	87.36	76.76	78.78	58.82	64.51	52.43	54.46	45.56	40.24
Costo de 1 Kg Proteína Cruda	\$15.13	\$14.71	\$15.74	\$14.50	\$18.45	\$16.05	\$18.91	\$17.49	\$20.14	\$22.02
	S/.52.95	S/.51.48	S/.55.07	S/.50.74	S/.64.56	S/.56.16	S/.66.18	S/.61.21	S/.70.49	S/.77.08

* Se considera que en 1 Ha de instalaciones hay un 15.5% mas de area productiva debido al uso de estanterias

Anexo 15: Ficha técnica de Solución Hidropónica La Molina (Unalm, 2020).

La solución hidropónica La Molina® fue formulada considerando que las plantas deben recibir un balance nutricional adecuado para lograr producir fuera de suelo, ya sea a través de sistemas hidropónicos (sistemas en agua), o en sistemas que usan sustratos.

Como no era factible conseguir varios de los fertilizantes que se recomendaban para preparar la solución hidropónica de la FAO, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se podían conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú; formulándose de esta manera la solución hidropónica La Molina®, la cual consiste de dos soluciones concentradas, denominadas A y B.

La solución hidropónica La Molina® se ofrece en tres presentaciones:

- Juego simple (1.0 L de solución A y 0.4 L de solución B)
- Juego en galoneras (8.0 L de solución A y 3.2 L de solución B)
- Juego en sales (para preparar 5.0 L de solución A y 2.0 L de solución B)

La solución nutritiva preparada con solución hidropónica La Molina® porta la siguiente concentración de nutrientes (ppm o mg/L):

210 ppm K	1.00 ppm Fe
190 ppm N	0.50 ppm Mn
150 ppm Ca*	0.50 ppm B*
70 ppm S*	0.15 ppm Zn
45 ppm Mg*	0.10 ppm Cu
35 ppm P	0.05 ppm Mo

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

* Incluye las cantidades que aporta el agua.