

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



“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”

PRESENTADO POR:

Bach. ROSARIO JARAMILLO RAUL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

ASESOR:

Ing. M. Sc. RAYMUNDO P. CAMONES CARRILLO

HUARAZ, PERÚ

2018



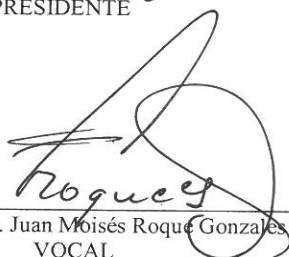
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

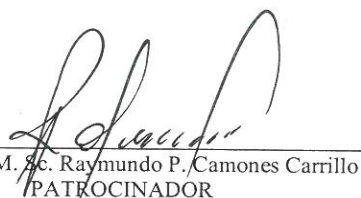
Los Miembros del Jurado de Tesis, luego de evaluar la Tesis denominada: "EFECTO DE CINCO DENSIDADES DE SIEMBRA DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN Y SIN ASOCIACIÓN CON ARVEJA (*Pisum sativum* L.) PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN CONDICIONES DE INVERNADERO DE HUARAZ ANCASH", presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía RAUL ROSARIO JARAMILLO, y sustentada el día 19 de Julio del 2018, por Resolución Decanatural N° 260-2018-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 19 de Julio del 2018


Ing. M. Sc. Hugo Mendoza Vilcahuaman
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Nelly Pilar Caycho Medrano
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Juan Moisés Roque Gonzales
VOCAL


Ing. M. Sc. Raymundo P. Camones Carrillo
PATROCINADOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **RAUL ROSARIO JARAMILLO**, denominado: "**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**", escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:


APROBADA

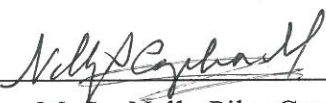
CON EL CALIFICATIVO (*)

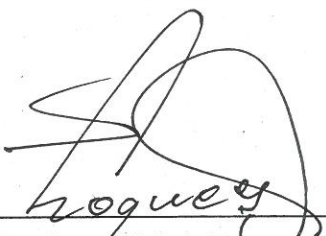
APROBADO CON DISTINCIÓN: DIECIOCHO (18)

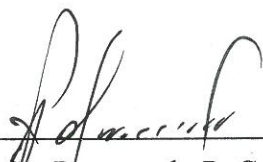
En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 19 de Julio de 2018


Ing. M. Sc. Hugo Mendoza Vilcahuaman
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Nelly Pilar Caycho Médrano
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Juan Moisés Roque Gonzales
VOCAL


Ing. M. Sc. Raymundo P. Camones Carrillo
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).

DEDICATORIA

*A Dios, por guiar cada paso de mi camino y rogar
ilumine mi sendero para ser un hombre de valor y
servicio.*

*A mis queridos padres, Virgilio Rosario Llacuash y
Elisa C. Jaramillo Pereda.*

A mis abuelos por inculcarme la carrera.

*A mis hermanos, Fabia, Rosjar, Rafael, Yobeli,
Raquel y Josue*

AGRADECIMIENTO

Hacemos mención de todas aquellas personas que han colaborado en la realización de la presente investigación y han contribuido a mi formación, tanto profesional como personal. 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.
- A mi estimado asesor Ing. Dr. Camones Carrillo Raymundo, por la orientación brindada en el presente trabajo.
- A los honorables miembros del jurado: Mg. Sc. Caycho Medrano Nelly Pilar, Ing. Mendoza Vilcahuaman Hugo y Mg. SC. Roque Gonzales Juan Moises.

LISTA DE CONTENIDOS

PORTADA	i
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	5
2.2. HIDROPONÍA.....	5
2.3. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	6
2.3.1. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	6
2.3.2. DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	8
2.3.3. PROCESO PRODUCTIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	9
2.4. FACTORES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	10
2.5. USO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	11
2.6. ASOCIACIONES DE FORRAJES	12
2.6.1. ASOCIACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA	12
2.6.2. ASOCIACIONES EN FORRAJE VERDE HIDROPONICO	13
2.6.3. BENEFICIOS DE LA ASOCIACIONDE FORRAJES.....	13
2.7. DENSIDAD DE SIEMBRA	14
2.7.1. DENSIDADES DE SIEMBRA EN FORRAJES	14
2.8. HIPÓTESIS	15
2.9. IDENTIFICACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL	17
3.1.1. LOCALIZACIÓN	17
3.1.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	17
3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO.....	19
3.2. MATERIALES	20
3.2.1. MATERIAL VEGETAL	20
3.2.2. MATERIALES DE INVERNADERO.....	20
3.2.3. INSTALACIONES.....	20
3.2.4. INSUMOS	20
3.2.5. EQUIPOS	21
3.2.6. MATERIALES DE ESCRITORIO	21

3.3.	METODOLOGÍA	22
3.3.1.	TIPO DE ESTUDIO	22
3.3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.3.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	22
3.3.4.	DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	24
3.3.5.	DISEÑO DEL AREA EXPERIMENTAL (CROQUIS).....	25
3.3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
3.3.7.	UNIVERSO Y POBLACIÓN	27
3.3.8.	UNIDAD DE ANÁLISIS Y MUESTRA.....	27
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	28
3.4.1.	PARÁMETROS O VARIABLES A EVALUAR.....	28
3.5.	PROCEDIMIENTO.....	30
3.5.1.	INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	RESULTADOS	32
4.1.1.	DÍAS A LA COSECHA	32
4.1.2.	RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA	35
4.1.3.	MATERIA SECA.....	39
4.1.4.	CENIZAS TOTALES	41
4.1.5.	PROTEINA BRUTA.....	43
4.1.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	47
4.2.	DISCUSIÓN	49
V.	CONCLUSIONES	50
VI.	RECOMENDACIONES	51
VII.	BIBLIOGRAFÍA	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición bromatológica de forraje verde hidropónico de cebada.....	7
Tabla 2: Identificación y operacionalización de las variables en estudio.....	16
Tabla 3: Registro de temperatura y humedad del invernadero – Rumichuco – Huaraz.....	18
Tabla 4: Resultado e interpretación de análisis de agua de riego.....	19
Tabla 5: Valores de evaluación de calidad de semillas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) y cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	20
Tabla 6: Análisis de varianza generalizado para un factorial de 5x2 en diseño de bloque completos al azar (DBCA)	27
Tabla 7: Análisis de varianza para días a la cosecha (dds).....	32
Tabla 8: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para días a la cosecha (dds) en bloques, tratamientos y densidades de siembra.	33
Tabla 9: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha).....	35
Tabla 10: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha) en bloques, tratamientos, densidades de siembra y asociación.....	36
Tabla 11: Análisis de varianza para índice de conversión de biomasa TCO/semilla.....	38
Tabla 12: Análisis de varianza para el contenido de materia seca (%).	39
Tabla 13: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de materia seca (%) en tratamientos y densidades de siembra.....	40
Tabla 14: Análisis de varianza para cenizas totales (%).	41
Tabla 15: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de cenizas totales (%) en tratamientos y densidades de siembra.	42
Tabla 16: Análisis de varianza para contenido de proteína bruta (%).	43
Tabla 17: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de Proteína Bruta (%) en tratamientos, densidades de siembra y asociación.....	44
Tabla 18: Análisis de varianza para contrastes ortogonales de cinco densidades y la asociación y no asociación en contenido de proteína bruta (%).	46
Tabla 19: Análisis económico para los tratamientos en estudio.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques, tratamientos, densidades y asociación para días a la cosecha (dds).	34
Figura 2: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques, tratamientos, densidades y asociación para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha).	37
Figura 3: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques y densidades para el índice de conversión biomasa TCO/Semilla	38
Figura 4: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de materia seca (%). .	40
Figura 5: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de cenizas (%).	42
Figura 6: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) e interacción para contenido de proteína bruta (%).	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos obtenidos en campo y análisis para días a la cosecha.	55
Anexo 2: Datos y análisis para rendimiento de biomasa fresca	58
Anexo 3: Datos y análisis para indicadores calidad nutritiva.....	62
Anexo 4: Datos y análisis económico	68
Anexo 5: Panel fotográfico.....	78
Anexo 6: Análisis de laboratorio para determinar cantidad de proteína total.	81

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de cinco densidades de siembra en cebada ($d1 = 4.87$ Ton/Ha, $d2 = 8.12$ Ton/Ha, $d3 = 11.36$ Ton/Ha, $d4 = 14.61$ Ton/Ha y $d5 = 17.86$ Ton/Ha), asociado y sin asociar con arveja (4.87 Ton/Ha); sobre los días a la cosecha, producción de biomasa fresca, contenido de materia seca, cenizas, proteína total y rentabilidad económica. El experimento se realizó en el mes de diciembre de 2017 en el barrio de Rumichuco, Huaraz, Ancash a 3075 m.s.n.m., bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un experimento factorial de 5×2 en diseño de bloque completo al azar, con diez tratamientos, distribuidos en cuatro repeticiones. La densidad 1, presenta significativamente mayores días a la cosecha con 19.3 días. Una mayor densidad de siembra y la asociación favorece la obtención de mayores rendimientos de biomasa fresca e índice de conversión de biomasa TCO/semilla. El mayor contenido de materia seca y cenizas se logra con bajas densidades de siembra, mientras que la asociación no influye significativamente en el contenido de materia seca. En un cultivo asociado a mayor densidad el contenido de proteína bruta disminuye, mientras que en cultivo sin asociar a mayor densidad el contenido de proteína bruta aumenta significativamente. El tratamiento 10, es decir la densidad 17.86 Ton/Ha asociada con arveja, es la que presenta una mayor rentabilidad económica con 48%, además de presentar un menor costo de producción y costo por Kg de materia seca y proteína bruta.

Palabras Clave: Densidad, asociación. forraje verde hidropónico, cebada, arveja

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the effect of five planting densities in barley (d1 = 4.87 Ton/Ha, d2 = 8.12 Ton/Ha, d3 = 11.36 Ton/Ha, d4 = 14.61 Ton/Ha and d5 = 17.86 Ton/Ha), associated and not associated with pea (4.87 Ton/Ha); on days to harvest, production of fresh biomass, dry matter content, ash, total protein and economic profitability. The experiment was carried out in the month of December of 2017 in the neighborhood of Rumichuco, Huaraz, Ancash at 3075 m.s., under greenhouse conditions. A 5x2 factorial arrangement was used in randomized complete blocks design, achieving ten treatments, distributed in four repetitions. The d1, presents significantly greater days to the harvest with 19.3 days. A higher density of sowing and the association favors obtaining higher yields of fresh biomass and conversion rate of TCO / seed biomass. The highest content of dry matter and ash is achieved with low planting densities, while the association does not significantly influence the dry matter content. In a culture associated with higher density the crude protein content decreases, while in culture without associating with higher density the crude protein content increases significantly. The treatment 10, that is to say, the density 17.86 Ton/Ha associated with peas, is the one that presents a greater economic profitability with 48%, besides presenting a lower cost of production and cost per Kg of dry matter and crude protein.

Keywords: Density, association. hydroponic green forage, barley, peas.

I. INTRODUCCIÓN

La zona sierra del país, se caracteriza por la siembra de cultivos tradicionales y el desabastecimiento de pastos. Este problema aumenta con la escasa disponibilidad del agua de riego, ya que se calcula un abatimiento de los mantos acuíferos, lo que impacta fuertemente los costos de producción; una situación similar presenta las aguas almacenadas, que no logran captar el volumen requerido, debido por un lado a la baja precipitación y por otro, al uso agrícola ineficiente de dicho recurso (Romero, Córdova, & Hernández, 2009).

La baja productividad de los suelos se refleja en el 100% de ellos presenten algún grado de erosión, lo que impacta negativamente su productividad, a lo que se suma la falta de materia orgánica, pues los suelos de uso agrícola tienen menos del uno por ciento, lo que afecta su capacidad de retener humedad, estimula la compactación y aumenta la erosión, además de aumentar los efectos negativos de la sequía. Otro factor que afecta la producción agrícola son los organismos parásitos y las enfermedades, lo que se refleja en los elevados consumos de agroquímicos que afectan el ambiente (Galvan, 2001).

La dependencia de las lluvias influye directamente en las siembras de productos agrícolas (...) y constituye una de las principales vulnerabilidades del sector, dado que alrededor del 44% de las siembras en el Perú se realizan entre octubre y diciembre, esperando la temporada de lluvias en la sierra que se inicia en diciembre y concluye en marzo; reconociendo al Perú como uno de los países más vulnerables al cambio climático (Libélula, 2011).

Como una alternativa importante para la producción de pastos, se gesta la producción de forraje verde hidropónico, que se trata de una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (FAO, 2001). La tecnología de la producción de forraje verde hidropónico viene siendo desarrollada ampliamente en zonas ganaderas a nivel mundial; sin embargo, en el Callejón de Huaylas el uso de esta técnica es casi nula, teniendo limitaciones tanto tecnológicas como económicas, siendo necesario determinar la viabilidad técnica, económica y financiera de esta alternativa.

A nivel mundial, los diseños y grados de sofisticación de los módulos para la producción hidropónica de forrajes son múltiples y variables, todos ellos orientados a un mejor control climático y favorecer el crecimiento óptimo del cultivo, teniendo en la mayoría de los casos elevados costos, lo cual repercute en la inviabilidad para aplicar dicha tecnología. Por ello, conviene adecuar la tecnología a las condiciones locales, mediante el uso de materiales fácilmente disponibles y de bajos costos, para así abaratar los costos de producción sin perjuicio del rendimiento y la calidad del forraje.

Otro de los aspectos importantes en la producción de forraje verde hidropónico es la obtención de un alimento nutritivo, para ello es necesario desarrollar investigaciones orientadas a determinar las especies idóneas para la producción de este forraje. Romero (2016), determinó que la cebada centenario es la especie que presenta mayor rendimiento y rentabilidad económica, destacando además tener mayor contenido de cenizas. En la alimentación de animales, las gramíneas son conocidas por aportar energía y fibra, mientras que las leguminosas por aportar proteínas. Contreras y Tunque (2014), concluyeron que el porcentaje promedio de proteína cruda es superior en la producción en asociación de cebada-arveja y trigo-arveja, con un 22.37%, incrementando de esta manera el valor nutricional del forraje.

Mediante la presente investigación se contribuye en conocer el efecto de la asociación de una gramínea con leguminosa, así como la densidad de siembra adecuada de la cebada en la producción de forraje verde hidropónico.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de cinco densidades de siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la producción de forraje verde hidropónico en y sin asociación con arveja (*Pisum sativum* L)

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la densidad de siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) asociado con arveja (*Pisum sativum* L.), que manifieste mayores rendimientos en la producción de forraje verde hidropónico.

- Identificar la densidad de siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) que manifieste mayores rendimientos en la producción de forraje verde hidropónico.
- Comparar el ciclo productivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) en asociación con arveja (*Pisum sativum* L.)
- Evaluar el contenido de materia seca, proteína total y cenizas en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en y sin asociación con arveja (*Pisum sativum* L.)
- Determinar el tratamiento que presente mayor rentabilidad económica, en términos de producción de biomasa fresca, materia seca y producción de proteína total.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Al evaluar el efecto de las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo de cultivos hidropónicos. El porcentaje de materia seca y rendimiento de forraje verde fue estadísticamente similar en las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo. Los porcentajes de materia orgánica y proteína cruda fueron afectados por la asociación y por el nivel de proporción leguminosa/gramínea. El porcentaje promedio de proteína cruda de ambas asociaciones fue de 22.37%. La proporción de leguminosa/gramínea no afectó la altura de planta del cultivo hidropónico (Contreras & Tunque, 2014).

Similarmente se estudió la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz y cebada en 03 densidades de siembra, para alimentar a cuyes en las etapas de crecimiento y engorde (Gómez, 2007).

2.2. HIDROPONÍA

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos, así como la composición del forraje resultante (FAO, 2001).

La palabra hidroponía proviene del griego υωδρ (Hydro) que significa agua y πονοξ (Ponos) que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significaría trabajo en agua (Guzmán, 2004).

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 la elevada productividad de la planta (Rodríguez, Chang, Paqui, & Orosco, 2016).

2.3.FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

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

El forraje verde hidropónico, es un tipo de pasto que sirve para la alimentación de animales como cuyes, vacunos, ovinos y otros herbívoros. Su producción es el resultado de un proceso de germinación de granos sobre bandejas o mantas plásticas, que se da luego de proveer a las semillas de condiciones adecuadas como humedad, períodos de oscuridad y de luz tenue que hacen que las semillas inicien su desarrollo y crecimiento transformándose en pequeñas plantitas (Alvarez, 2011).

Entre las cualidades del forraje verde hidropónico, destaca que es de alta digestibilidad, calidad nutricional y es apto para la alimentación de animales como bovinos, caprinos, ovinos, equinos, porcinos, aves, entre otros; y es especialmente útil en periodos de escasez de forraje verde (Juárez, et al., 2013).

2.3.1. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Las ventajas que presentan la producción de FVH, son múltiples y abarcan aspectos que muchas veces no son considerados en una producción convencional de forraje.

- **Ahorro de agua:** Al utilizar el sistema de producción FVH la pérdida de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración es mínima comparada con la producción convencional de forraje. La técnica del FVH emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros para promover un kg de materia seca de FVH, considerando un 25% de materia seca del FVH (Juárez, et al., 2013).
- **Calidad del forraje:** El FVH, posee una alta calidad y palatabilidad, con alto valor nutritivo debido a la germinación de los granos. El FVH 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 (Meza, 2005).

Tabla 1: Composición bromatológica de forraje verde hidropónico de cebada.

Parámetro	U.M.	Valor
Proteína	%	35.5
Extracto etéreo	%	3.4
Humedad	%	84.0
Cenizas	%	3.6
Fibra cruda	%	15.2
Fibra acida detergente (FAD)	%	19.0
Extracto Libre de Nitrógeno	%	61.3
Energía	MJ/Kg	11.40

Fuente: HITECH (2015)

- **Inocuidad:** El forraje verde hidropónico representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción (FAO, 2001). Con el FVH los animales no comen malezas, pastos pisoteados o con desechos de animales, de esta forma los procesos de metabolismo y absorción del alimento es óptima (Meza, 2005).
- **Rendimientos:** Se ha estimado que 170 m² de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena son equivalentes a 5 hectáreas con producción convencional de forraje de la misma especie (Juárez, et al., 2013). Por cada kilogramo de semilla que se siembre, se debe cosechar de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico verde fresco (Quispe, 2012).
- **Eficiencia en el uso del espacio:** El forraje verde hidropónico puede ser instalado en módulos, de dirección horizontal, lo cual optimiza el uso del espacio (Gómez, 2007). Así, en 12 m² se puede producir la misma cantidad de FVH que se produce en una hectárea de terreno (Castro, 2012).
- **Costos de producción:** el costo por concepto de superficie es 10 veces menor que el de una superficie para la producción de cualquier forraje en espacios abiertos, lo que se ejemplifica con el dato de que 75 m² de producción de FVH tienen el equivalente de 3

ha de terreno agrícola para la producción de alfalfa (Romero, Córdova, & Hernández, 2009). Incluso, los costos de producción por m² es de US\$ 1.467 (FAO, 2001).

- **Eficiencia en el tiempo de producción:** Dependiendo del clima, la semilla permanece en las charolas de 10 a 12 días con lo que, a lo largo del año, el mismo espacio puede producir seis veces más de acuerdo al número de pisos y de 30 a 36.5 veces de acuerdo al tiempo de producción. En 100 m² bien pueden producirse hasta 300 Kg. de FVH diariamente (Tello, 2013).
- **Adaptable a condiciones adversas:** El forraje verde hidropónico es una opción en lugares con poca disponibilidad de agua, tierras no aptas para el cultivo o en climas extremos (Rodríguez, et al., 2003).

2.3.2. DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

- **Desinformación y sobrevaloración de la tecnología:** Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema. Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo, la producción de FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (FAO, 2001).
- **Costo de instalación elevado:** Una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados (FAO, 2001).
- **Bajo contenido de materia seca:** En general, el FVH tiene bajo contenido de materia seca, lo que se resuelve agregando diversos rastrojos o alimento concentrado para complementar la ración en la alimentación del ganado (Juárez, et al., 2013).

2.3.3. PROCESO PRODUCTIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

1) Selección de la semilla

Usualmente las especies para uso de FVH suelen ser trigo, avena, cebada, maíz, entre otros cereales, dependiendo de la disponibilidad de la zona (Aguirre, et al., 2014). Se debe emplear semilla de excelente calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento (Juárez, et al., 2013).

2) Desinfección y lavado de semillas

Para eliminar preliminarmente hongos y bacterias se recomienda realizar una desinfección con cloro (hipoclorito de sodio) al 1%, es decir, 10 ml en un litro de agua. Las semillas se sumergen en la solución descrita por un período de 1 a 2 minutos (Aguirre, et al., 2014). También se puede emplear cloro a granel, diluido al 0,05% (Romero, Córdova, & Hernández, 2009).

3) Pre-germinación de semillas

Una vez desinfectadas y lavadas las semillas, éstas se deben sumergir en agua limpia por un tiempo de 24 horas, dividido en dos períodos de 12 horas cada uno, considerando una hora de oreado entre las dos etapas (Aguirre, et al., 2014).

El tiempo que se dejan las semillas en la solución de hipoclorito, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder los tres minutos. Sumergir las semillas por más tiempo en la solución desinfectante puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero (Juárez, et al., 2013).

4) Siembra

La siembra se realiza en bandejas plásticas previamente perforadas en uno de los extremos para impedir la acumulación de agua. Las bandejas deben situarse en un lugar con temperatura y ausencia de luz para favorecer la germinación (Aguirre, et al., 2014).

5) Ubicación de bandejas en estanterías

Se recomienda ubicar las bandejas en estanterías que soporten su peso, permitan su buena aireación, luminosidad, temperatura y mantengan una declinación aproximada de 4° (3 cm) para mejorar el escurrimiento del exceso de riego (Aguirre, et al., 2014).

6) Riego

El sistema de riego es fundamental, pues es necesario que la semilla pre-germinada cuente con suficiente agua de riego hasta su cosecha. El riego puede ser manual o automático (Romero, Córdova y Hernández 2009). En las estanterías de crecimiento definitivo, se puede instalar un sistema de riego automatizado por aspersion, en caso de que no se cuente este tipo de sistema, el riego puede realizarse con un pulverizador manual (Aguirre, et al., 2014)

Finalmente, es muy importante que se defina la cantidad de agua y la frecuencia de los riegos, normalmente la frecuencia e intervalo es de 6 a 9 riegos con una duración no menor a 2 minutos, para mantener el grado de humedad y evitar los excesos de humedad que generen la presencia de enfermedades (FAO, 2001).

7) Cosecha

La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza en los días 7 y 8 después de la siembra, por lo que el mayor volumen y el rendimiento deben ser valorados con la calidad, dado que el factor tiempo es un elemento negativo en términos de una producción eficiente. En términos generales, de 10 a 14 días es el periodo óptimo de cosecha del FVH; sin embargo, en función del requerimiento de forraje, se puede cosechar antes o después (Juárez, et al., 2013).

2.4.FACTORES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Para lograr una adecuada producción de forraje verde hidropónico es importante considerar los siguientes aspectos:

- **Calidad de la Semilla:** El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como

mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH (FAO, 2001).

- **Iluminación:** Si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que es promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal (Meza, 2005).
- **Temperatura:** las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación de las especies, debe ser lo más constante posible; un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento (Gómez, 2007).
- **Calidad del agua de riego:** La calidad de agua de riego es otro de los factores singulares en nuestra ecuación de éxito. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Si el agua disponible no es potable, tendremos problemas sanitarios y nutricionales con el FVH (FAO, 2001).

2.5.USO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El forraje verde hidropónico puede ser empleado en la producción intensiva para animales de trabajo o engorda; ya sean vacas, caballo, cerdos, borregos, conejos, cuyes, gallinas, etc.; ya que se maximiza el aprovechamiento de espacio y recursos, con muy buenos resultados (Agriculturers, 2014).

Las ventajas del forraje hidropónico se resumen a continuación:

- Suministro constante durante todos los días del año.
- Se evitan alteraciones digestivas.
- Menor incidencia de enfermedades.
- Aumento de la fertilidad.
- Aumento de la producción de leche. etc.

En la producción local de forraje verde hidropónico, para la alimentación de cuyes, la cebada Centenario es la especie que mayor aceptación tuvo con un 97.36, seguido del trigo alianza con 96.5%, avena negra estrigosa con 76.82%, maíz opaco Huascarán con 72.32% y finalmente el maíz amarillo duro con 42.22%. En tanto el maíz amarillo duro, es la especie que presentó una mayor digestibilidad proteica, con un 94.09%, seguido del trigo alianza con 90.41%, el maíz opaco Huascarán con 90.19%, cebada Centenario con 85.14 % y la avena Negra Estrigosa con 65.84%. Es importante recordar y comparar estos valores de digestibilidad con los valores de aceptación, puesto que el maíz amarillo duro y el maíz opaco Huascarán son las especies que presentaron menor aceptación del forraje (Romero J., 2017).

2.6.ASOCIACIONES DE FORRAJES

La asociación de dos o más especies forrajeras constituye una mezcla de plantas con exigencias y características diferentes, pero que pueden ser complementarias, teniendo además, una producción superior o equivalente a la del cultivo puro de cada uno de los constituyentes (Candia, 2011).

La siembra asociada de cultivos forrajeros se basa en la producción simultánea de dos o más especies distintas, cuando se cultivan en el mismo terreno y al mismo tiempo (Choque, 2005).

La elección de los constituyentes de una mezcla forrajera debe ser en función de ciertos factores como el suelo, clima, grado de agresividad y de la capacidad para vivir en mezcla o asociación (Durand, 2014).

El propósito de los cultivos asociados consiste en brindar el aporte de proteína y energía necesaria para satisfacer el requerimiento nutritivo del animal que lo consuma (Merchant & Solano, 2016).

2.6.1. ASOCIACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA

Sabemos que toda la producción animal se basa en la alimentación, en tal sentido es necesario obtener pastos de gran valor nutritivo y en grandes cantidades, a fin de que proporcionen proteínas y carbohidratos, para que los animales obtengan mayor peso en menor tiempo. Para lograr estos beneficios es necesario asociar especies de pastos tanto gramíneas como leguminosas (Chacón, 2015).

La asociación de gramíneas y leguminosas se da con el fin de que se produzca más forraje verde que sembrando solo uno de ellos (Valverde, 2015). El objetivo de la siembra de leguminosa en mezcla con gramíneas forrajeras es elevar el rendimiento, mejorar la calidad del forraje y hacerlas más palatable y digestible para el animal (Choque, 2005).

El sustento de las asociaciones es que las gramíneas, tienen un buen valor nutritivo en carbohidratos, pero, su nivel de proteínas al momento de cosechar no es tan elevado como las leguminosas, razón por la cual es de gran utilidad asociar una gramínea con una leguminosa, para aumentar el valor nutritivo (Miranda, 2008).

2.6.2. ASOCIACIONES EN FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

En los cultivos asociados de forraje verde hidropónico, las ganancias netas son superiores a los monocultivos, principalmente, cuando se encuentra el nivel de asociación óptima entre dos especies que contribuyen mutuamente en su desarrollo (Contreras & Tunque, 2014).

La calidad nutritiva de los cultivos hidropónicos en términos de materia orgánica (%) y proteína cruda (%) se ven afectados por las asociaciones y por el nivel de proporción de leguminosa/gramínea (Contreras y Tunque 2014). Además, es importante la asociación de forraje por ser más paladeable para los animales (Valverde, 2015).

2.6.3. BENEFICIOS DE LA ASOCIACIONDE FORRAJES

Los beneficios de la asociación de forrajes son múltiples, sin embargo, destacan:

- En los sistemas asociados de forraje, se incrementan los niveles de nitrógeno, por consiguiente, también se incrementa el área foliar y la captura de luz y fotosíntesis y por tanto se incrementa la calidad y producción total del sistema (Smethurst, Baillie, Cherry, & Holz, 2003).
- Mediante la asociación se obtiene forrajes con mayor aporte de nutrimentos en comparación con monocultivos (Petit, 2001).
- La asociación sirve para mejorar la cantidad y calidad del pasto para la producción animal, mediante la mezcla hace que el cultivo sea más resistente a las condiciones climáticas (Foncodes, 2014).

2.7.DENSIDAD DE SIEMBRA

Se define como densidad de siembra a la cantidad de semilla utilizada en una determinada área, la cual depende de la especie, de la calidad de las semillas y la rapidez de crecimiento (Foncodes, 2014). Una buena densidad de siembra es un requisito imprescindible para obtener una buena cosecha (Meza, 2005).

2.7.1. DENSIDADES DE SIEMBRA EN FORRAJES

no se dispone de amplios reportes del estudio de densidades de siembra en forrajes, sin embargo, existen especies forrajeras, especialmente híbridos, que son tolerantes a las altas densidades de siembra y otros que no lo son, produciéndose en este segundo caso, plantas poco vigorosas y estériles, si la población es excesiva (Ramírez, 2014).

Se considera que para obtener mayores rendimientos en forraje tanto en cantidad como en calidad, es indispensable aumentar la densidad de siembra, de manera que se incremente la población por área y se estimule una mayor relación hoja tallo, por disminución en el grosor del tallo al alongarse más aceleradamente por competencia lumínica (Elizondo & Boschini, 2001).

Para el caso del forraje verde hidropónico una buena densidad de siembra varía de 2.2 a 3.4 Kg/m² considerando que la disposición de las semillas no debe superar 1.5 cm de altura en la bandeja (FAO, 2002). Sin embargo, Gómez (2007), menciona que de acuerdo al grano a utilizar existen diferentes densidades de siembra de forraje verde hidropónico, granos de cebada aproximadamente 20 g/dm² con una profundidad de 1 cm, en semillas de maíz 40 g/dm² con una profundidad de 3-4 cm, la semilla de sorgo 25 g/dm² y profundidad de 1.5 cm.

Finalmente, entre los factores que influyen en el valor nutricional del FVH se encuentran la calidad del agua de riego, tiempo de cosecha y densidad de siembra (López, Murillo, & Rodríguez, 2009).

2.8.HIPÓTESIS

En el presente trabajo de investigación se plantean las siguientes hipótesis:

Para el efecto de las densidades de siembra de Cebada (Factor A)

$H_0: \alpha_i = 0 (i = 1, \dots, a) \rightarrow$ Ninguna de las densidades de siembra de cebada ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

$H_a: \alpha_i \neq 0 \rightarrow$ Al menos una de las densidades de siembra de cebada ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

Para el efecto de la asociación con Arveja (Factor B)

$H_0: \beta_j = 0 (j = 1, \dots, b) \rightarrow$ La asociación de la cebada con arveja no ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

$H_a: \beta_j \neq 0 \rightarrow$ La asociación de la cebada con arveja ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

Para el efecto de la interacción (A x B)

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0 (i = 1, \dots, a; j = 1, \dots, b) \rightarrow$ Ninguna de las densidades de siembra de cebada, así como la asociación de la cebada con arveja ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

$H_a: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \rightarrow$ Al menos una de las densidades de siembra de cebada, así como la asociación de la cebada con arveja ejerce efectos significativos en la producción de forraje verde hidropónico.

2.9.IDENTIFICACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables de estudio identificadas en la presente investigación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2: Identificación y operacionalización de las variables en estudio.

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador
Independiente	Densidad de siembra de la cebada	4.87 (=75 g/bandeja) 8.12 (=125 g/bandeja) 11.36 (=175 g/bandeja) 14.61 (=225 g/bandeja) 17.86 (=275 g/bandeja)	Ton/Ha
	Asociación con arveja	Sin asociar 0 (0= g/bandeja) Asociado 4.87(=75 g/bandeja)	Ton/Ha
Dependiente	Comportamiento fisiológico de la cebada	Días a la cosecha	Días después de la siembra (dds)
	Rendimiento de biomasa fresca	Producción por área	t/Ha
	Calidad nutritiva	Proteína bruta Materia seca Cenizas	Porcentaje (%) Porcentaje (%) Porcentaje (%)
	Rentabilidad	Índice de rentabilidad	Porcentaje (%)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.ÁREA EXPERIMENTAL

3.1.1. LOCALIZACIÓN

Geográficamente, la investigación se desarrolló en el Barrio de Rumichuco, provincia de Huaraz. Las instalaciones presentan la siguiente ubicación política y geográfica:

Departamento : Ancash

Provincia : Huaraz

Distrito : Huaraz

Localidad : Barrio de Rumichuco

Coordenadas UTM

X: 221376.93 E

Y: 8942648.51 S

Elevación: 3075 m.s.n.m.

3.1.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Durante el período de ejecución experimental, es decir 18 diciembre de 2017 al 02 enero de 2018, de acuerdo al registro del termo-hidrómetro del invernadero la temperatura promedio fue de 21.08 °C, mientras que la máxima promedio fue de 33.2 °C y la temperatura mínimo promedio de 8.9 °C. La humedad relativa promedio fue de 39.2 %. En el siguiente cuadro se presenta detalladamente los registros climáticos para el período de ejecución de la investigación.

Tabla 3: Registro de temperatura y humedad del invernadero – Rumichuco – Huaraz

REPORTE TERMOHIDROMETRO 01 - INVERNADERO								
Elevación: 3070 m.s.n.m.		X: 221376.93 E		Y: 8942648.51 S				
Periodo: 18 diciembre 2017 al 02 enero 2018								
Día	T° Prom (°C)	T° max (°C)		T° Min (°C)		HR (%)		
		In	Out	In	Out	Max	Min	Promedio
18-dic	23.9	41.2	35.8	9.2	9.4	95.0	18.0	56.5
19-dic	33.6	41.4	37.8	24.1	30.9	95.0	26.0	60.5
20-dic	22.5	41.2	37.9	5.4	5.5	24.0	10.0	17.0
21-dic	22.7	38.7	33.4	9.2	9.3	96.0	14.0	55.0
22-dic	25.9	46.5	36.6	10.1	10.4	87.0	10.0	48.5
23-dic	25.4	48.4	33.4	9.9	10.0	91.0	10.0	50.5
24-dic	21.5	42.3	29.4	7.1	7.1	12.0	10.0	11.0
25-dic	15.7	31.4	17.4	6.9	7.2	16.0	10.0	13.0
26-dic	15.5	29.3	13.4	9.6	9.8	13.4	10.0	11.7
27-dic	18.4	33.8	23.2	8.1	8.3	21.0	17.0	19.0
28-dic	21.2	42.1	27.4	7.8	7.5	36.0	10.0	23.0
29-dic	17.8	31.2	21.9	8.9	9.1	99.0	10.0	54.5
30-dic	19.2	39.1	24.5	6.4	6.6	99.0	10.0	54.5
31-dic	18.3	37.2	25.4	5.2	5.3	95.0	12.0	53.5
1-ene	14.8	30.2	19.3	4.8	4.8	78.0	29.0	53.5
2-ene	21.1	42.8	29.1	6.1	6.2	81.0	10.0	45.5
Promedio	21.1	33.2		8.9		64.9	13.5	39.2

Fuente: FRIMETS EIRL (2017).

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

Tabla 4: 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	CO ₃	0.0	ppm	0.000	meq/L
Bicarbonatos	HCO ₃	0.0	ppm	0.000	meq/L
Cloruros	Cl	50.8	ppm	1.430	meq/L
Sulfatos	SO ₄	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)

De acuerdo a los resultados el agua presenta bajo peligro de salinidad, por lo que los riegos de efectos dañinos en las plantas son mínimos. La conductividad eléctrica es inferior al recomendado (0.5 mS/cm).

3.2.MATERIALES

3.2.1. MATERIAL VEGETAL

El principal material experimental vegetal fue 8.12 Kg de semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario y 1.54 Kg de arveja (*Pisum sativum* L.). Las semillas previas al uso en el ensayo fueron evaluadas y cumplen las características figuradas en la siguiente tabla.

Tabla 5: Valores de evaluación de calidad de semillas de arveja (*Pisum sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.).

Especie	Arveja	Cebada Centenario
Geminación	98.0%	88.0%
Pureza	99.5%	98.0%
Valor de Uso	97.5%	86.2%

3.2.2. MATERIALES DE INVERNADERO

- 40 bandejas forrajeras de 0.28 m x 0.55m x 0.06m
- 05 baldes de 04 litros
- 02 escobillas
- 05 coladores
- 01 winchas
- 02 regla metálica graduada al milímetro de 30 cm.
- 01 bidón de 20 litros
- 01 mochila de asperjar de 20 litros

3.2.3. INSTALACIONES

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

3.2.4. INSUMOS

- 01 juego de solución hidropónica La Molina A y B.

- 01 litro de hipoclorito de sodio
- Agua
- 500 g de detergente
- 10 Kg de carbonato de calcio (cal)

3.2.5. EQUIPOS

- 02 termómetros ambientales
- 01 pH metro
- 01 conductivímetro
- 01 balanza de precisión
- 01 estufa eléctrica
- 01 mufla
- 01 computadora
- 01 cámara fotográfica digital

3.2.6. MATERIALES DE ESCRITORIO

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

3.3.METODOLOGÍA

3.3.1. TIPO DE ESTUDIO

La investigación fue experimental y aplicada, puesto que existió intervención del investigador en la manipulación las variables de estudio y los resultados del ensayo servirán para difundir alternativas tecnológicas a la comunidad, así como hacer conocer los beneficios de la producción asociada de forraje verde hidropónico y alternativas para una producción sostenible y ecológica.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleó un diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2x5, con cuatro repeticiones. Contando para el caso con un total de 40 unidades experimentales, que fueron las bandejas forrajeras (28cmx55cmx6cm).

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Las variables en estudio fueron dos, densidad de siembra de la cebada (factor D) y asociación con arveja (factor A), los tratamientos resultantes están identificados de la siguiente manera:

		Densidad de Siembra de Cebada (Factor D)				
		(d1) 75g/bandeja 4.87 Ton/Ha	(d2) 125g/bandeja 8.12 Ton/Ha	(d3) 175g/bandeja 11.36 Ton/Ha	(d4) 225g/bandeja 14.61 Ton/Ha	(d5) 275g/bandeja 17.86 Ton/Ha
Asociación con Arveja (Factor A)	Sin Asociar (a1) 0 Ton/Ha	Tratamiento 1: a1b1	Tratamiento 3: a2b1	Tratamiento 5: a3b1	Tratamiento 7: a4b1	Tratamiento 9: a5b1
	Asociado (a2) 4.87 Ton/Ha	Tratamiento 2: a1b2	Tratamiento 4: a2b2	Tratamiento 6: a3b2	Tratamiento 8: a4b2	Tratamiento 10: a5b2

- Tratamiento 1:** 4.87 Ton/Ha de cebada sin asociar
- Tratamiento 2:** 4.87 Ton/Ha de cebada asociado con arveja
- Tratamiento 3:** 8.12 Ton/Ha de cebada sin asociar
- Tratamiento 4:** 8.12 Ton/Ha de cebada asociado con arveja
- Tratamiento 5:** 11.36 Ton/Ha de cebada sin asociar
- Tratamiento 6:** 11.36 Ton/Ha de cebada asociado con arveja
- Tratamiento 7:** 14.61Ton/Ha de cebada sin asociar
- Tratamiento 8:** 14.61Ton/Ha de cebada asociado con arveja
- Tratamiento 9:** 17.86 Ton/Ha de cebada sin asociar
- Tratamiento 10:** 17.86 Ton/Ha de cebada asociado con arveja

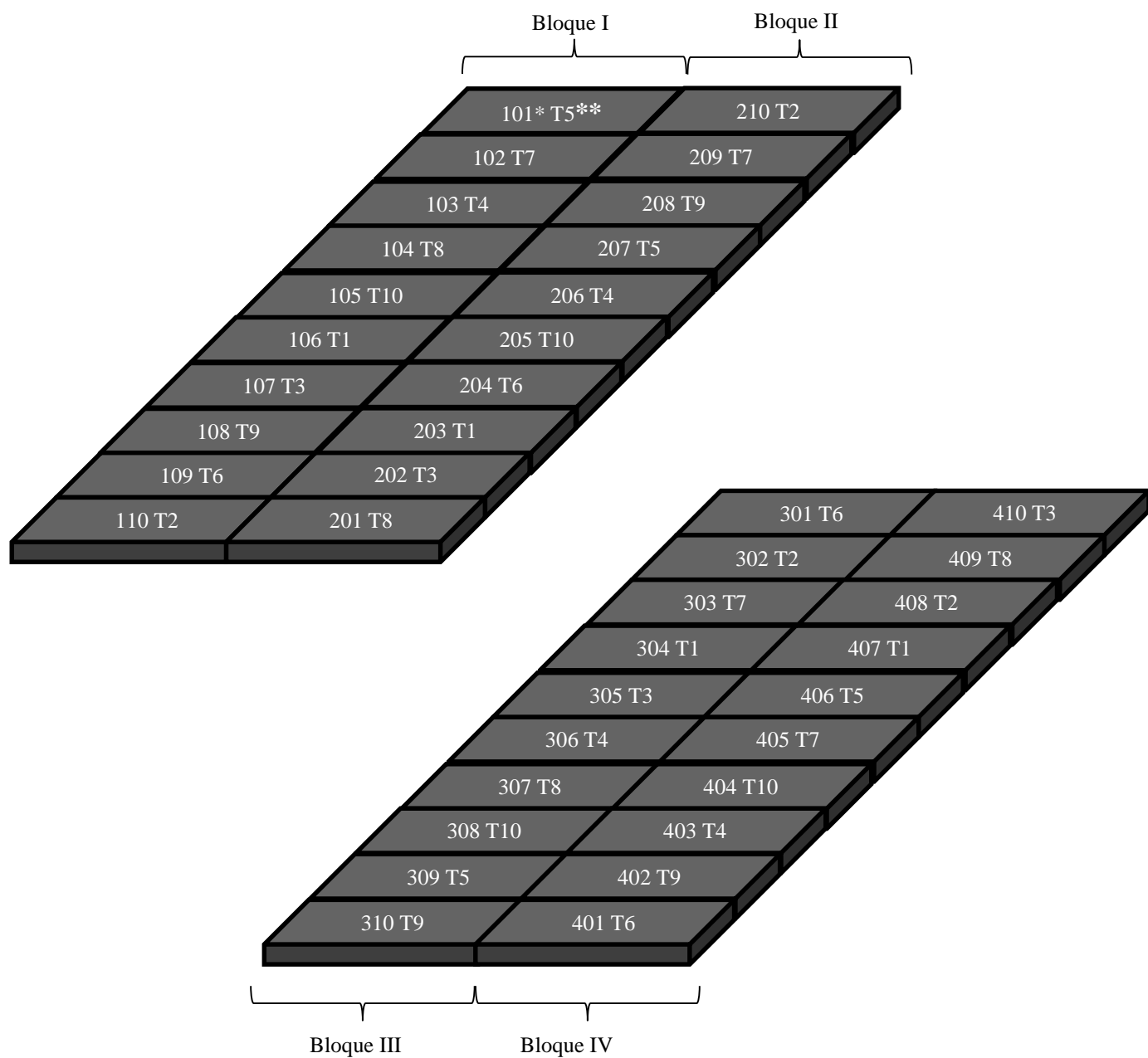
3.3.4. DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue una bandeja de producción hidropónica, 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 neta de la bandeja corresponde a 0.154 m².

Gráfico 1: Unidad Experimental - Bandeja de producción de forraje verde hidropónico.



3.3.5. DISEÑO DEL AREA EXPERIMENTAL (CROQUIS)



*Código de unidad experimental

** Código de tratamiento asignado a la unidad experimental.

3.3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico comprendió el análisis de varianza (ANVA) para las observaciones experimentales, realizándose la prueba de significancia de F al 5% de error. Para la comparación de medias entre tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, con un margen de error de 5%. Para los datos de materia seca y cenizas al ser valores porcentuales, se realizó la transformación de datos mediante $\text{Arcseno}\sqrt{\text{valor}\%}$.

El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde:

μ : Efecto de la media general.

β_i : Efecto de la i-ésima repetición (bloque).

α_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor d (densidad de siembra de cebada).

β_k : Efecto de k-esimo nivel del factor a (densidad de siembra de arveja).

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

ξ_{ijk} : Efecto del error experimental.

Tabla 6: Análisis de varianza generalizado para una factorial de 5x2 en diseño de bloque completos al azar (DBCA)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F _{cal}
Bloque	$r-1$	$\frac{\sum_{i=1}^r Y_{i..}^2}{da} - \frac{Y_{...}^2}{dar}$	$\frac{SC_{Rep.}}{r-1}$	$\frac{CM_{Rep.}}{CM_{error}}$
Tratamiento	$da-1$	$\frac{\sum_{j=1}^d \sum_{k=1}^a Y_{jk}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{dar}$	$\frac{SC_{Tratam.}}{da-1}$	$\frac{CM_{Tratam.}}{CM_{error}}$
D	$d-1$	$\frac{\sum_{j=1}^d Y_{.j.}^2}{ar} - \frac{Y_{...}^2}{dar}$	$\frac{SC_D}{d-1}$	$\frac{CM_{(D)}}{CM_{error}}$
A	$a-1$	$\frac{\sum_{k=1}^a Y_{..k}^2}{dr} - \frac{Y_{...}^2}{dar}$	$\frac{SC_B}{a-1}$	$\frac{CM_{(A)}}{CM_{error}}$
DxA	$(d-1)(a-1)$	$SC_{Tratam.} - SC_D - SC_A$	$\frac{SC_{DA}}{(d-1)(a-1)}$	$\frac{CM_{(DA)}}{CM_{error}}$
Error	$da(r-1)$	$SC_{TOTAL} - SC_{Tratam.} - SC_{Rep.}$	$\frac{SC_{error}}{da(r-1)}$	
TOTAL	$dar-1$	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^d \sum_{k=1}^a Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{dar}$		

Fuente: Vasquez (2013)

3.3.7. UNIVERSO Y POBLACIÓN

El universo correspondió a toda la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar Centenario en y sin asociación con arveja (*Pisum sativum* L.) para producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero. La población por su parte está constituida por el total de plantas del experimento que fue distribuida en las 40 unidades experimentales.

3.3.8. UNIDAD DE ANÁLISIS Y MUESTRA

La unidad de análisis para determinar el rendimiento estuvo representada por 100 gramos de cada unidad experimental que fue evaluada al final del proceso productivo; y la muestra fue representada por 400 gramos de forraje de cada tratamiento, que se tomó por medio de un cuadrado de medición. Se empleó un muestreo no probabilístico por cuotas con un margen de error de 5%, y un nivel de confianza de 95 %.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos fueron la observación directa, las mediciones físicas y el peso fresco del forraje. Los parámetros evaluados estuvieron orientados en determinar el crecimiento y desarrollo, el rendimiento del forraje y la calidad del forraje para lo cual se realizaron análisis en laboratorio para conocer el porcentaje de materia seca, porcentaje de cenizas y el porcentaje de proteína bruta.

3.4.1. PARÁMETROS O VARIABLES A EVALUAR

3.4.1.1. DÍAS A LA COSECHA

Se registró los días transcurridos desde el inicio del proceso productivo, es decir siembra en bandejas, hasta que las plantas de cebada alcancen una altura promedio de 20 cm. Se expresará en días después de la siembra (dds).

3.4.1.2. RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA (Ton/Ha)

El rendimiento se determinó en la cosecha, registrando el peso del forraje fresco. Se expresó el rendimiento obtenido por unidad de área (Ton/Ha). Adicionalmente se evaluó la índice conversión de biomasa tal como ofrecida/la biomasa de la semilla.

3.4.1.3. ANÁLISIS QUÍMICO

Se evaluó los siguientes parámetros:

- **Materia seca:** Esta variable se evaluó para determinar el peso de la biomasa del forraje, para lo cual se llevó a laboratorio 100g de forraje tal como ofrecido (TCO) por cada tratamiento y se sometió al secado. Por la diferencia de peso se obtuvo la humedad de la muestra y luego se llevó a porcentaje. La determinación de materia seca se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el de humedad hallada.
- **Cenizas totales:** La determinación del porcentaje de cenizas se realizó 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

- **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. Se usó la siguiente relación.

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

3.4.1.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los indicadores del análisis económico desarrollado son la producción (P), costo total (CT), índice de rentabilidad (IR) y el punto de equilibrio (PE).

Los índices de rentabilidad obtenidos han sido calculados mediante el Valor Bruto de la Producción (VBP), el Costo Total (CT), y la Utilidad Neta (UN). Empleando para ello las siguientes formulas:

$$IR = \frac{UN}{CT} \times 100 = \frac{VBP - CT}{CT} \times 100$$

$$VBP = Rendimiento \times Costo\ producción\ máximo\ esperado$$

3.5.PROCEDIMIENTO

Para la ejecución del proyecto de investigación se dispuso de las instalaciones necesarias para la producción del forraje verde hidropónico; por lo tanto, se desarrollaron las siguientes actividades:

3.5.1. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

3.5.1.1.SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEMILLA

Se utilizó semillas de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Las semillas usadas presentaron al menos un 85% de germinación, así como una buena calidad física.

3.5.1.2.DESINFECCIÓN 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). Luego se enjaguó las semillas con agua limpia hasta que el olor a lejía desaparezca.

3.5.1.3.HIDRATACIÓN DE LAS SEMILLAS

Esta etapa consistió en sumergir las semillas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para la cebada, y 10 horas para la alverja, para lograr una completa imbibición. Este tiempo a su vez se dividió en 2 períodos: 12 horas para la cebada y 5 horas para la arveja, donde se oreo las semillas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido las semillas se sumergieron nuevamente en agua para completar el tiempo previsto.

3.5.1.4.PRE-GERMINACIÓN

Esta labor consistió en orear las semillas, quitándole completamente el agua mediante el uso de un colador. Luego se hizo el último lavado de la semilla. Se dejó las semillas en el colador protegidas de la luz por un periodo de 48 horas, hasta que las semillas muestren visiblemente la aparición del ápice radicular.

3.5.1.5.SIEMBRA EN FASE OSCURA

La siembra consistió en distribuir de manera uniforme las semillas en las bandejas, en caso de los tratamientos con asociación, primero se distribuyó las semillas de cebada, seguido de las semillas de arveja. El módulo para esta etapa, estuvo cubierta completamente por un plástico oscuro. Esta etapa finaliza cuando los tallos alcancen una altura promedio de 5 cm, es decir estén a nivel del borde de las bandejas forrajeras. Durante esta etapa se regó con agua sola, cinco veces al día por un periodo de 15 segundos por riego.

3.5.1.6.CRECIMIENTO EN FASE LUMINOSA

Una vez después de terminada la fase oscura, las bandejas fueron trasladadas a los módulos de luz difusa (80% sombra) hasta que las plantas alcancen una altura de 20 cm. Durante esta etapa el riego se realizó con solución nutritiva hasta 2 días antes de la cosecha.

3.5.1.7.COSECHA

Una vez que el FVH alcanzó una altura promedio de 20 cm, estuvo en condiciones de cosecharla. Para ello se retiró el forraje de las bandejas y se colocó en el área de oreo, donde permaneció por 24 horas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.RESULTADOS

4.1.1. DÍAS A LA COSECHA

Tabla 7: Análisis de varianza para días a la cosecha (dds).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	15.27500	5.09167	3.40	*
Tratamiento	9	31.02500	3.44722	2.30	*
D	4	26.40000	6.60000	4.40	*
A	1	3.02500	3.02500	2.02	ns
DxA	4	1.60000	0.40000	0.27	ns
Error	27	40.47500	1.49907		
Total	39	86.77500	2.22500		

El análisis de varianza para para días a la cosecha, pone en manifiesto que existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para las fuentes de variación bloques, tratamientos y densidades de siembra de cebada, mientras que no hay diferencias estadísticas significativas para la asociación e interacción. El coeficiente de variabilidad para este parámetro es de 6.83%, lo que otorga confiabilidad a los datos tomados.

Tabla 8: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para días a la cosecha (dds) en bloques, tratamientos y densidades de siembra.

Orden	Bloque	Media	Nº Datos	Agrup
1º	IV	18.9	10	a
2º	III	17.9	10	ab
3º	I	17.7	10	ab
4º	II	17.2	10	b

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrup
1º	1	19.8	4	a
2º	2	18.8	4	ab
3º	3	18.5	4	ab
4º	4	18.5	4	ab
5º	9	17.8	4	ab
6º	7	17.5	4	b
7º	5	17.5	4	b
8º	6	17.3	4	b
9º	8	17.0	4	b
10º	10	16.8	4	b

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrup
1º	d1: 4.87 Ton/Ha	19.3	8	a
2º	d2: 8.12 Ton/Ha	18.5	8	ab
3º	d3: 11.36 Ton/Ha	17.4	8	b
4º	d4: 14.61 Ton/Ha	17.3	8	b
5º	d5: 17.86 Ton/Ha	17.3	8	b

La prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para días a la cosecha (dds), confirma la existencia de diferencias estadísticas significativas entre bloques, tratamientos y densidades de siembra. Siendo así el bloque IV presenta mayores días a la cosecha con 19.3 días, difiriendo significativamente del bloque II, y sin diferir significativamente de los bloques III y I.

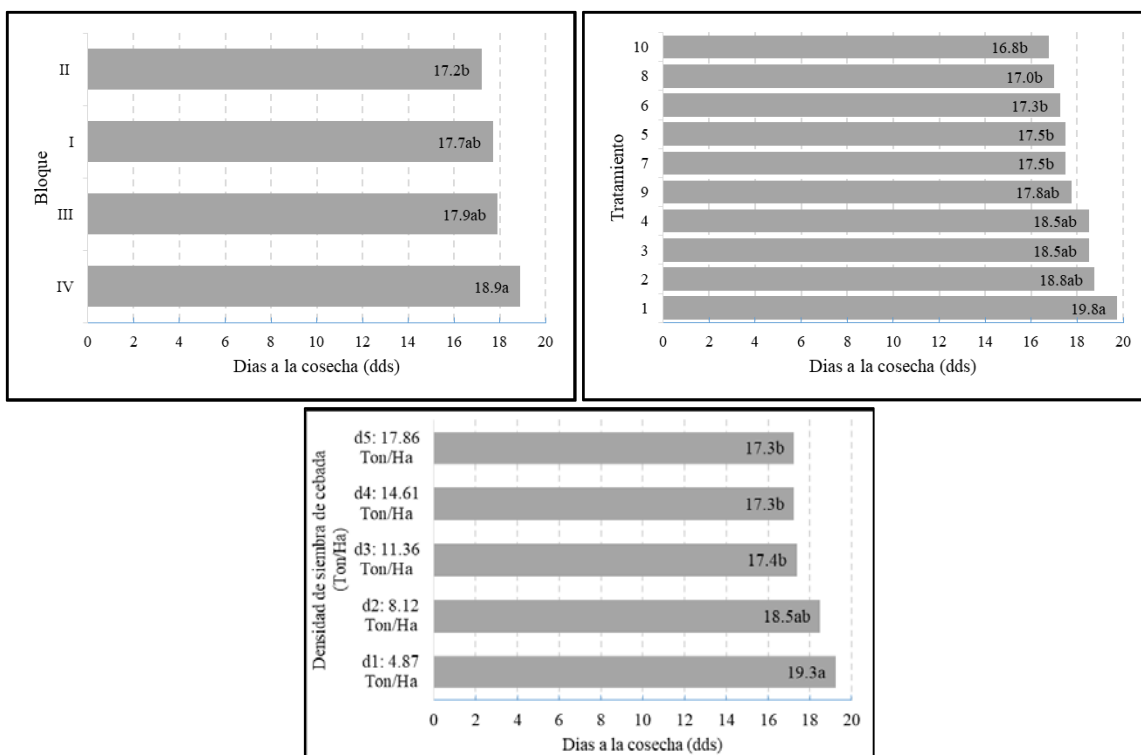


Figura 1: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques, tratamientos, densidades y asociación para días a la cosecha (dds).

Respecto a los tratamientos, el Tratamiento 1, correspondiente a la menor densidad de siembra de cebada sin asociar, presento una mayor duración de periodo productivo con 19.75 días a la cosecha, siendo seguido por los tratamientos 2, 3,4, además de no existir diferencias estadísticas entre los mismos. Contrariamente, los tratamientos 8 y 10, no difieren significativamente entre sí, pero presentan menores días a la cosecha con 16.75 y 17 días; estos tratamientos corresponden a las mayores densidades de siembra de cebada en asociación con arveja.

La densidad de 4.87 Ton/Ha (d1), es la que presenta mayores días a la cosecha con 19.3 días, difiriendo significativamente únicamente, y seguido, por las densidades 11.36 Ton/Ha, 14.61 Ton/Ha y 17.86 Ton/Ha. La prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para días a la cosecha (dds), corrobora la no existencia de diferencias estadísticas para el factor asociación en arveja, sin embargo, la asociación con arveja presento un menor periodo productivo con 17.7 días.

4.1.2. RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA

Tabla 9: Análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	4540.925	1513.642	8.73	*
Tratamiento	9	31022.669	3446.963	19.87	*
D	4	25397.370	6349.343	36.60	*
A	1	5481.376	5481.376	31.60	*
DxA	4	143.923	35.981	0.21	ns
Error	27	4683.374	173.458		
Total	39	40246.968	1031.974		

El análisis de varianza para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha). Indica que existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para las fuentes de variación bloque, tratamiento, densidad y asociación, y la no existencia de diferencias estadísticas para la interacción. Considerando ello se procede realizar la prueba de comparación de medias de Duncan para las fuentes de variación con significancia. El coeficiente de variación para este parámetro respuesta es de 19.74%, lo cual otorga confiabilidad a los resultados obtenidos.

La prueba de comparación de media de Duncan ($\alpha=0.05$), confirma lo expresado en el análisis de varianza para el rendimiento de biomasa fresca o tal como ofrecida (TCO). Siendo así, el bloque II, es el que presenta un mayor rendimiento de biomasa con 84.02 Ton/Ha, además de diferir estadísticamente del resto de bloques.

Tabla 10: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento de biomasa fresa (Ton/Ha) en bloques, tratamientos, densidades de siembra y asociación.

Orden	Bloque	Media	Nº Datos	Agrupamiento
1º	II	84.02	10	a
2º	III	66.47	10	b
3º	I	60.18	10	b
4º	IV	56.14	10	b

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupamiento
1º	10	119.70	4	a
2º	9	91.10	4	b
3º	8	86.60	4	bc
4º	6	78.30	4	bcd
5º	7	67.90	4	cde
6º	4	67.60	4	cde
7º	5	56.90	4	def
8º	3	40.50	4	fg
9º	2	39.70	4	fg
10º	1	18.70	4	g

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrupamiento
1º	d5	105.4	8	a
2º	d4	77.2	8	b
3º	d3	67.6	8	bc
4º	d2	54.1	8	c
5º	d1	29.2	8	d

Orden	Asociación	Media	Nº Datos	Agrupamiento
1º	Asociado	78.4	20	a
2º	Sin asociar	55.0	20	b

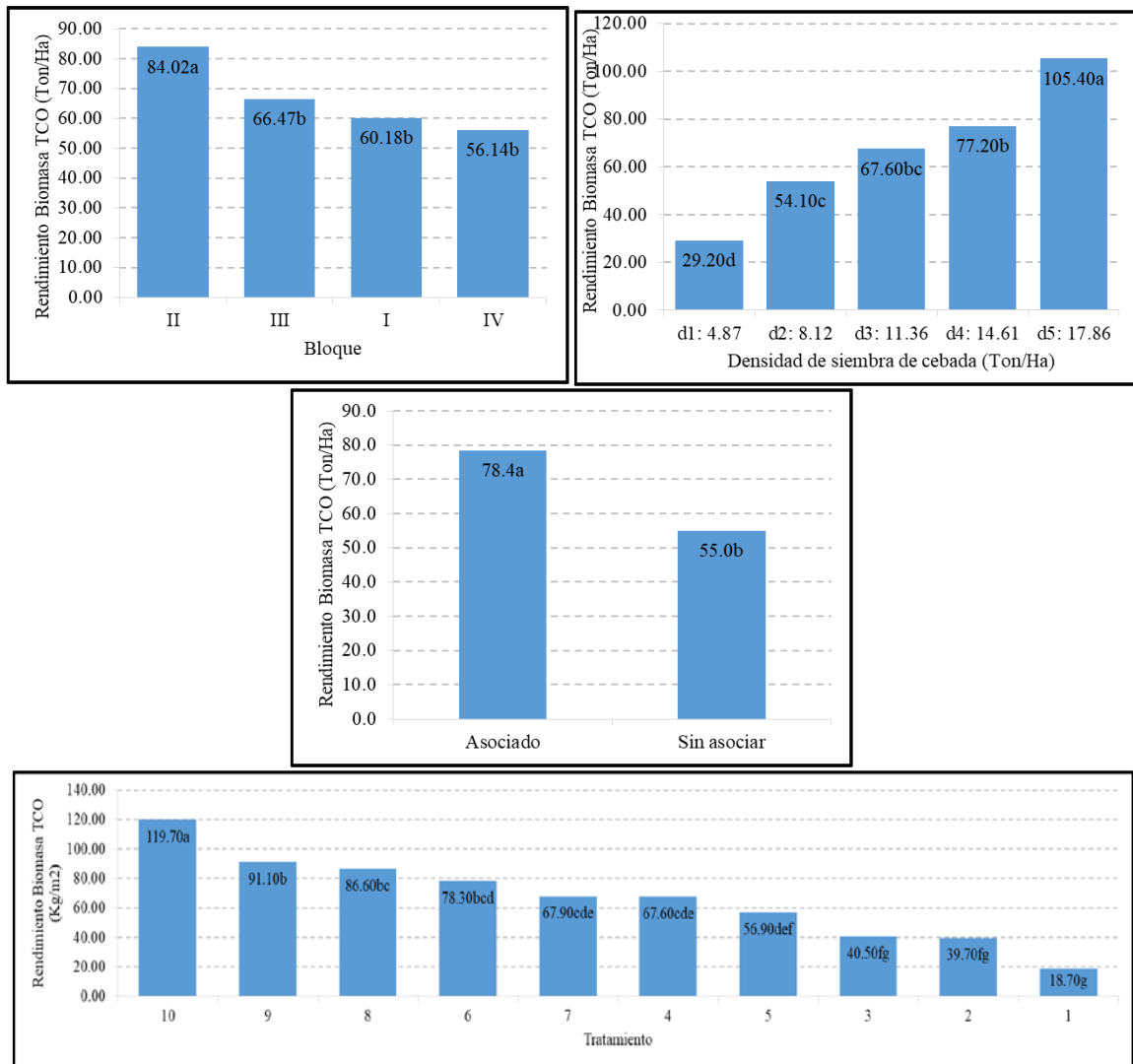


Figura 2: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques, tratamientos, densidades y asociación para rendimiento de biomasa fresca (Ton/Ha).

La densidad 17.86 Ton/Ha (d5), difiere estadísticamente frente a las otras densidades, además de presentar un mayor rendimiento con 105.4 Ton/Ha. Le siguen secuencialmente las densidades 4, 3, 2, 1. Similarmente la asociación con arveja, estadística y diferencialmente, ha logrado un mayor rendimiento con 78.4 Ton/Ha. A nivel de tratamientos, el Tratamiento 10, es el que logro un mayor rendimiento con 119.7 Ton/Ha, además de diferir estadísticamente de los otros tratamientos.

Tabla 11: Análisis de varianza para índice de conversión de biomasa TCO/semilla.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	22.36381	7.45460	15.25	*
Tratamiento	9	6.56314	0.72924	1.49	ns
D	4	5.74905	1.43726	2.94	*
A	1	0.41297	0.41297	0.84	ns
DxA	4	0.40112	0.10028	0.21	ns
Error	27	13.20061	0.48891		
Total	39	42.12756	1.08019		

Considerando los resultados anteriores es importante aclarar que el rendimiento de biomasa, está ampliamente relacionado a la densidad de siembra, por lo que se analizó el índice de conversión de biomasa TCO/semilla. El análisis de varianza para el índice de conversión de biomasa TCO/semilla, pone en manifiesto que no existen diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación tratamientos, asociación e interacción; sin embargo, si existen diferencias estadísticas significativas para los bloques y el factor densidades de siembra de cebada. El coeficiente de variabilidad para este parámetro es de 16.78%, lo cual demuestra la confiabilidad de los datos tomados.

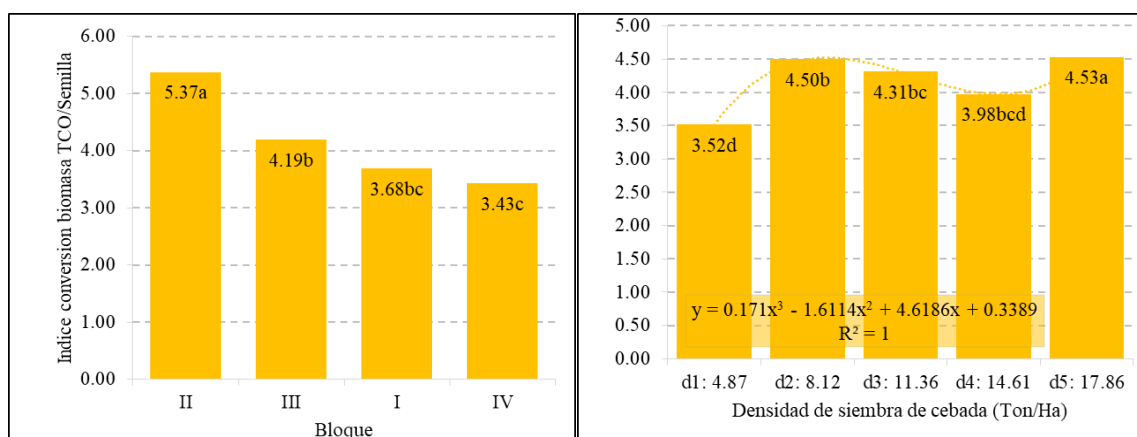


Figura 3: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) en bloques y densidades para el índice de conversión biomasa TCO/Semilla

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para el índice de conversión de biomasa TCO/Semilla, confirma la existencia de diferencias significativas para los bloques y densidades de siembra. El bloque II, al igual que el rendimiento de biomasa, logra un mayor índice de conversión con 5.37, diferenciándose significativamente de los otros bloques; el bloque IV presenta un menor índice con 3.43, sin embargo este bloque no difiere

estadísticamente del bloque I. Referente a las densidades de siembra, la densidad de siembra 1786 g/m² (d5) logro un mayor índice con 4.53, difiriendo estadísticamente del resto de densidades.

4.1.3. MATERIA SECA

El análisis de varianza para el contenido de materia seca (%), pone en manifiesto que no existen diferencias estadísticas significativas entre bloques, factor asociación e interacción; por el contrario, si existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$), para los tratamientos en estudio y las densidades de siembra.

Tabla 12: Análisis de varianza para el contenido de materia seca (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	0.0000805	0.0000268	0.23	ns
Tratamiento	9	0.0081277	0.0009031	7.58	*
D	4	0.0061655	0.0015414	12.94	*
A	1	0.0000024	0.0000024	0.02	ns
DxA	4	0.0019598	0.0004899	1.18	ns
Error	27	0.0032158	0.0001191		
Total	39	0.0114239	0.0002929		

La prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$), confirma que existen diferencias estadísticas entre las densidades de siembra en cebada y los tratamientos en estudio para el contenido de materia seca (%). La densidad 1 (4.87 Ton/Ha), difiere estadísticamente con las otras densidades, además de presentar un mayor contenido de materia seca con 19.9 %. El tratamiento 1 y 2 no difieren significativamente entre si, además de presentar un mayor contenido de materia seca con 21.3% y 18.5% respectivamente. A partir de lo anterior se puede inferir que bajas densidades de siembra incrementan el contenido de materia seca en la producción de forraje verde hidropónico.

Tabla 13: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de materia seca (%) en tratamientos y densidades de siembra.

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	1	21.3%	4	a
2°	2	18.5%	4	ab
3°	8	16.0%	4	bc
4°	10	15.3%	4	bc
5°	7	14.8%	4	bc
6°	6	14.8%	4	bc
7°	3	13.8%	4	bc
8°	4	13.8%	4	bc
9°	5	13.0%	4	c
10°	9	11.5%	4	c

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	d1: 4.87	19.9%	8	a
2°	d4: 14.61	15.4%	8	b
3°	d3: 11.36	13.9%	8	b
4°	d2: 8.12	13.8%	8	b
5°	d5: 17.86	13.4%	8	b

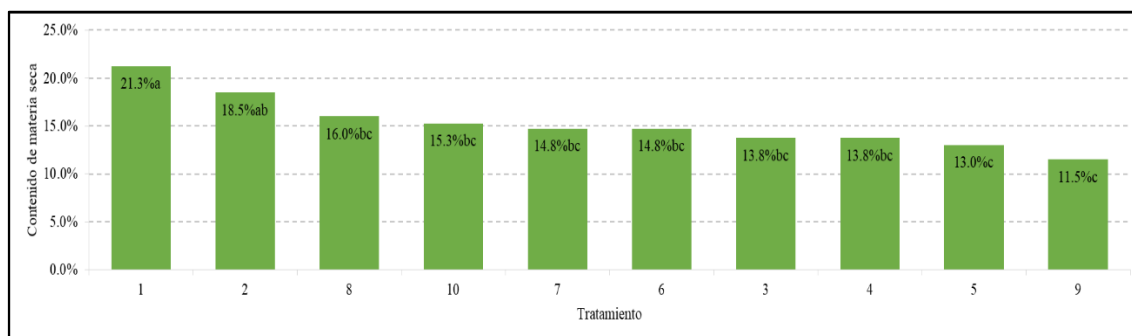
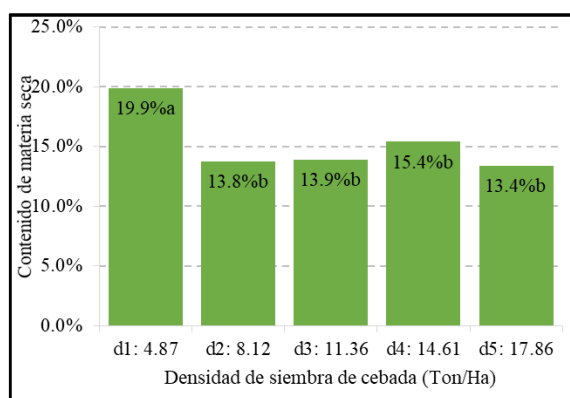


Figura 4: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de materia seca (%).

4.1.4. CENIZAS TOTALES

De acuerdo al análisis de varianza para el contenido de cenizas totales (%) en base a materia seca, se deduce que no existen diferencias estadísticas significativas entre bloques, factor asociación e interacción. Contrariamente, si existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para los tratamientos y factor densidad de siembra. El coeficiente de variabilidad es de 0.24 %, otorgando confiabilidad a los datos de este parametro

Tabla 14: Análisis de varianza para cenizas totales (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	0.00006	0.00002	2.10	ns
Tratamiento	9	0.00021	0.00002	2.70	*
D	4	0.00014	0.00003	3.91	*
A	1	0.00004	0.00004	4.09	ns
DxA	4	0.00004	0.00001	1.14	ns
Error	27	0.00024	0.00001		
Total	39	0.00050	0.00001		

La prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para el contenido de cenizas totales (%), confirma la existencia de diferencias sensibles entre los tratamientos y el factor densidades de siembra. La densidad 1 (4.87 Ton/Ha), es la que difiere estadísticamente del resto de densidades, además de presentar el contenido de cenizas (%) más alto con 4.41%. Romero J. (2017), reporto un contenido de materia seca de 4.99%.

Tabla 15: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de cenizas totales (%) en tratamientos y densidades de siembra.

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	1	5.08%	4	a
2°	2	3.75%	4	b
3°	3	3.69%	4	b
4°	5	3.62%	4	b
5°	8	3.53%	4	b
6°	7	3.47%	4	b
7°	4	3.32%	4	b
8°	9	3.11%	4	b
9°	10	3.11%	4	b
10°	6	3.03%	4	b

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	d1: 4.87	4.41%	8	a
2°	d4: 14.61	3.50%	8	b
3°	d2: 8.12	3.50%	8	b
4°	d3: 11.36	3.31%	8	b
5°	d5: 17.86	3.07%	8	b

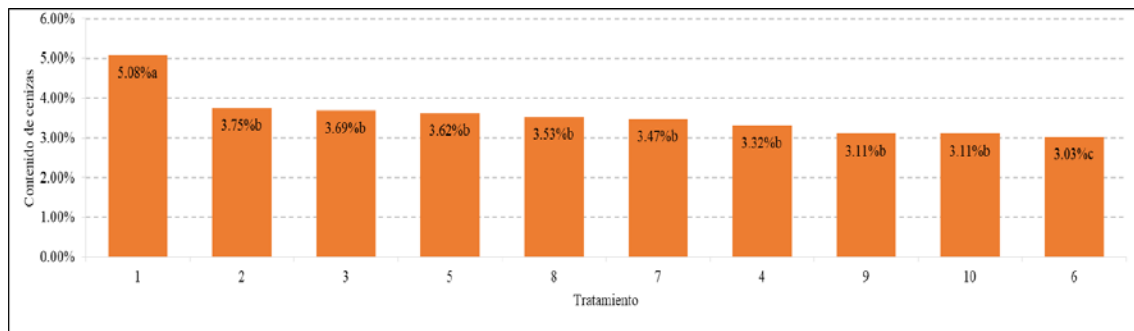
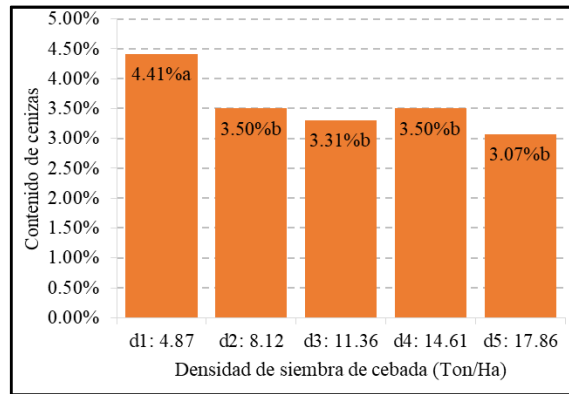


Figura 5: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de cenizas (%).

4.1.5. PROTEINA BRUTA

En el análisis de varianza para el contenido de proteína bruta (%), pone en manifiesto que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques, mientras que si existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para las fuentes de variación tratamientos, densidades de siembra, asociación e interacción. El coeficiente de variabilidad para este parámetro es de 0.48%; dando confiabilidad a los datos tomados.

Tabla 16: Análisis de varianza para contenido de proteína bruta (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig
Bloque	3	0.00000199	0.00000066	1.3	ns
Tratamiento	9	0.01449356	0.00161040	3082.4	*
D	4	0.00120534	0.00030133	576.8	*
A	1	0.01135690	0.01135690	21738.0	*
DxA	4	0.00193132	0.00048283	924.2	*
Error	27	0.00001411	0.00000052		
Total	39	0.01450966	0.00037204		

La prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de margen de error, para el contenido de proteína bruta, confirma la existencia de diferencias estadísticas entre las densidades de siembra, factor asociación, tratamientos e interacción (DxA) en estudio.

La densidad 2 (8.12 Ton/Ha), es la que presenta un mayor contenido de proteína bruta con 15.41%, difiriendo sensiblemente del resto de densidades, siguen la densidad 1 (4.87 Ton/Ha) con 15.22% y densidad 3 con 15.24%, sin diferenciarse estadísticamente entre sí. Finalmente y diferenciándose estadísticamente entre sí y el resto de densidades están la densidad 4 con 14.86% y densidad 5 con 13.88%. a partir de los resultados mostrados en la figura anterior se puede inferir preliminarmente que al incrementar constantemente los niveles de densidad de siembra, el contenido de proteína cruda (%), no se incrementa constantemente, mas sino existe un efecto parabolico inverso.

La existencia de diferencias estadísticas significativas entre la asociación y no asociación con arveja, indica que el simple hecho de asociar la cebada con la arveja ha incrementado significativamente el contenido de proteína cruda a 16.66%. esta afirmación es reafirmada en los tratamientos, puesto que todos los tratamientos que incluyen la asociación con arveja

(2, 4, 6, 8, 10) presentan un mayor contenido de proteína cruda frente a los tratamientos que no involucran asociación.

Tabla 17: Valores promedios y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) para contenido de Proteína Bruta (%) en tratamientos, densidades de siembra y asociación.

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	2	17.95%	4	a
2°	4	17.05%	4	b
3°	6	16.84%	4	c
4°	8	16.74%	4	c
5°	10	14.44%	4	d
6°	3	13.76%	4	e
7°	5	13.63%	4	f
8°	9	13.32%	4	g
9°	7	12.98%	4	h
10°	1	12.48%	4	i

Orden	Densidad	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	d2: 8.12	15.41%	8	a
2°	d3: 11.36	15.24%	8	b
3°	d1: 4.87	15.22%	8	b
4°	d4: 14.61	14.86%	8	c
5°	d5: 17.86	13.88%	8	d

Orden	Asociación	Media	Nº Datos	Agrupación
1°	Asociado	16.60%	20	a
2°	Sin asociar	13.23%	20	b

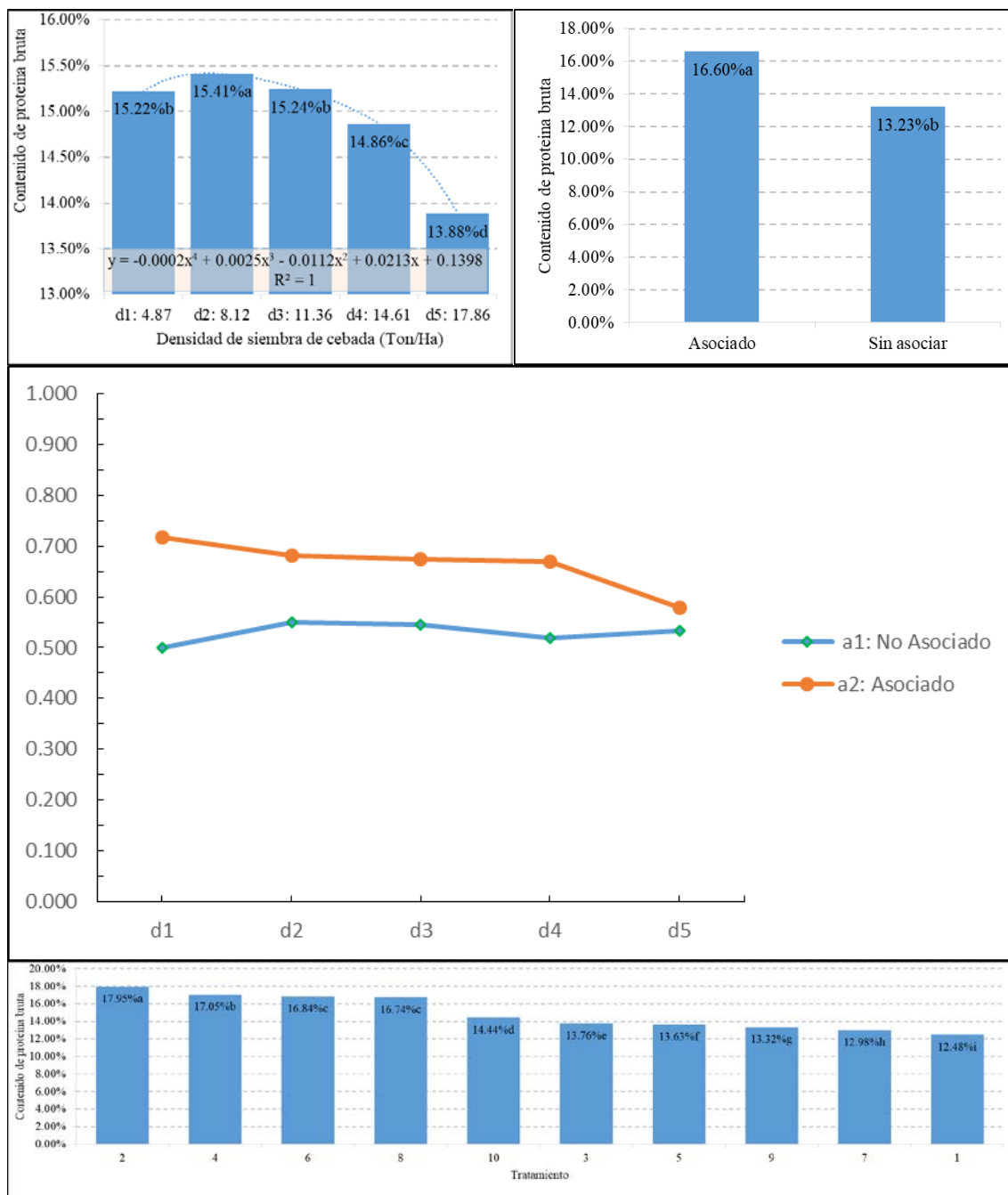


Figura 6: Medias y agrupamiento Duncan ($\alpha=0.05$) e interacción para contenido de proteína bruta (%).

El grafico presentado para la interacción indica, la existencia de significancia para esta fuente de variación, puesto que ante un incremento de las densidades de siembra sin asociar el contenido de proteína también se incrementa, contrariamente al incrementarse la densidad de siembra en asociación con arveja el contenido de proteína cruda disminuye; esto implica

realizar un análisis de contrastes ortogonales para la interacción 5Dx2A, Los Resultados se presentan a continuación.

Tabla 18: Análisis de varianza para contrastes ortogonales de cinco densidades y la asociación y no asociación en contenido de proteína bruta (%).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
D _L A _L	1	0.00073156	0.00073156	1400.3	*	4.21
D _Q	1	0.00693630	0.00693630	13276.6	*	4.21
D _C	1	0.00003214	0.00003214	61.5	*	4.21
A _Q	1	0.00616952	0.00616952	11808.9	*	4.21
A _C	0	0.00000000	.	.		
D _L A _Q	1	0.00004386	0.00004386	84.0	*	4.21
D _L A _C	0	0.00000000	.	.		
D _Q A _L	1	0.00000120	0.00000120	2.3	ns	4.21
D _Q A _Q	0	0.00000000	.	.		
D _Q A _C	0	0.00000000	.	.		
D _C A _L	1	0.00055968	0.00055968	1071.3	*	4.21
D _C A _Q	0	0.00000000	.	.		
D _C A _C	0	0.00000000	.	.		
Error	27	0.00001411	0.00000052			

A partir del cuadro anterior se encuentra que una respuesta a la asociación a través de un efecto cuadrático significativo al 5%, lo cual indica que un modelo parabólico se ajusta mejor a los datos. Para el caso de la densidad de siembra se induce que existe una respuesta de un efecto cúbico significativo al 5%, concluyendo que un modelo polinómico de grado 4 se ajusta mejor a los datos. Para el caso de la interacción se aprecia que existe una respuesta significativa al 5% para D_LA_Q como para D_CA_L a partir de ello se infiere que ante un incremento constante de la densidad de siembra el contenido de proteína cruda no aumenta constante sino que varía progresivamente y de modo particular cuando está asociado y no asociado, tal como se explicó en el párrafo anterior.

4.1.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

A partir del análisis económico, inferimos que el menor costo de producción se logró en el Tratamiento 10 (cultivo asociado en proporción 5 de cebada: 1 de arveja), con S/. 0.68/ Kg, igualmente este tratamiento presentó una mayor rentabilidad con 48%, menor precio por Kg de materia seca y menor precio por Kg de Proteína Cruda. Otra consideración a tener en cuenta es que los tratamientos que involucran la asociación con arveja tienen mayor rentabilidad frente a los tratamientos que son monocultivos. Choque, (2005), afirma que el objetivo de la siembra de leguminosa en mezcla con gramíneas forrajeras es elevar el rendimiento, mejorar la calidad del forraje y hacerlas más palatable y digestible para el animal; a partir de la presente investigación se puede considerar que otro beneficio de la asociación es la disminución de los costos de producción y una mayor rentabilidad en la actividad.

Tabla 19: Análisis económico para los tratamientos en estudio.

INDICADOR	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Costos Fijos Unitarios (m2)	S/. 2.62	S/. 2.49	S/. 2.45	S/. 2.45	S/. 2.32	S/. 2.45	S/. 2.32	S/. 2.25	S/. 2.36	S/. 2.22
Costos Variables Unitarios (m2)	S/. 1.52	S/. 3.22	S/. 1.92	S/. 3.66	S/. 2.34	S/. 4.11	S/. 2.79	S/. 4.51	S/. 3.25	S/. 4.95
Costos Total de Producción (m2)	S/. 4.14	S/. 5.71	S/. 4.37	S/. 6.11	S/. 4.66	S/. 6.56	S/. 5.11	S/. 6.76	S/. 5.61	S/. 7.17
	\$1.28	\$1.77	\$1.35	\$1.89	\$1.44	\$2.03	\$1.58	\$2.09	\$1.74	\$2.22
RENDIMIENTO (Kg FVH/m2)	1.61	3.63	3.50	6.09	4.91	7.00	5.86	7.69	7.86	10.59
COSTO/ Kg de Forraje TCO	S/. 2.58	S/. 1.57	S/. 1.25	S/. 1.00	S/. 0.95	S/. 0.94	S/. 0.87	S/. 0.88	S/. 0.71	S/. 0.68
Costo de producción máximo esperado	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	-61%	-36%	-20%	0%	5%	7%	15%	14%	40%	48%
Rendimiento Anual (Kg/m2)	29.63	70.53	69.05	120.20	102.36	138.01	122.19	165.21	161.14	230.13
Rendimiento Anual de Forraje Fresco (ton/Ha)*	342.18	814.68	797.51	1388.31	1182.22	1594.04	1411.34	1908.15	1861.18	2657.97
Contenido de Materia Seca	21.30%	18.50%	13.80%	13.80%	13.00%	14.80%	14.80%	16.00%	11.50%	15.30%
Rendimiento por Ha de Materia Seca (ton)	72.88	150.71	110.06	191.59	153.69	235.92	208.88	305.30	214.04	406.67
Costo de 1 Kg de Materia Seca	\$3.75	\$2.63	\$2.80	\$2.25	\$2.26	\$1.96	\$1.82	\$1.70	\$1.92	\$1.37
	S/. 12.10	S/. 8.49	S/. 9.06	S/. 7.26	S/. 7.30	S/. 6.33	S/. 5.89	S/. 5.49	S/. 6.21	S/. 4.43
Contenido de Proteína Cruda	12.48%	17.95%	13.76%	17.05%	13.63%	16.84%	12.98%	16.74%	13.32%	14.44%
Rendimiento por Ha de Proteína Cruda (ton)	9.10	27.05	15.14	32.67	20.95	39.73	27.11	51.11	28.51	58.72
Costo de 1 Kg Proteína Cruda	\$28.51	\$13.91	\$19.36	\$12.53	\$15.75	\$11.06	\$13.35	\$9.64	\$13.70	\$9.02
	S/. 96.93	S/. 47.30	S/. 65.81	S/. 42.60	S/. 53.54	S/. 37.61	S/. 45.38	S/. 32.79	S/. 46.59	S/. 30.66

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

4.2.DISCUSIÓN

Respecto al rendimiento, Romero J. (2017), en cebada centenario sin asociación reporto un rendimiento de biomasa fresca de 10.38 Kg/m^2 y un índice de conversión de 4.57. el cual es superior a los valores logrados en la presente investigación, pero se debe considerar que empleo una densidad de 31.89 Ton/Ha. Sánchez, et al (2013), para forraje hidropónico de cebada reporta un índice de conversión variable entre 7.61 a 9.31, además mencionada que el índice es influenciado inversamente por la densidad de siembra, sin embargo esta teoría a partir de los presentes resultados es objetada, puesto que ante un incremento constante del nivel de densidad de siembra el índice de conversión no se sube constantemente, mas sino de modo variable; siendo un modelo polinómico de tercer grado el que se ajusta mejor para explicar la respuesta de índice de conversión frente a las densidades de siembra.

Referente a la materia seca, Contreras, Tunque y Cordero (2015), en forraje hidropónico de cebada reportan un contenido de materia seca de 8.48%. Romero J. (2017), en condiciones similares reporta un contenido de materia seca de 16%. Por lo que se puede afirmar que los resultados logrados son semejantes a lo logrado por los autores citados.

En referencia al contenido de proteína bruta Contreras y Tunque (2014), plantean una posición similar a los resultados de la investigación, afirmando que calidad nutritiva de los cultivos hidropónicos en términos de proteína cruda (%) se ven afectados por las asociaciones y por el nivel de proporción de leguminosa/gramínea. Semejantemente Contreras, Tunque y Cordero (2015), en forraje hidropónico de cebada reportan un contenido de 13.74% de proteína cruda. Romero J., (2017), reporta en cebada un contenido de proteína cruda de 16.50%.

V. CONCLUSIONES

- La densidad de siembra 5, equivalente a 17.86 Ton/Ha, en y sin asociación con arveja presenta mayores rendimientos de biomasa fresca, con 105.4 Ton/Ha y 78.4 Ton/Ha, respectivamente.
- Mayores densidades de siembra, así como la asociación con arveja, reducen el ciclo productivo del forraje.
- El tratamiento 1 y 2, equivalente a 4.87 Ton/Ha sin asociar y asociado con arveja, presentaron los mayores contenidos de materia seca con 21.3% y 18.5% respectivamente.
- La densidad de siembra equivalente a 4.87 Ton/Ha, presento un mayor contenido de cenizas con 4.41%
- El contenido de proteína bruta responde de manera independiente a las densidades de siembra y la asociación del cultivo de forraje verde hidropónico; en un cultivo asociado a mayor densidad el contenido de proteína bruta disminuye, mientras que en cultivo sin asociar a mayor densidad el contenido de proteína bruta aumenta significativamente.
- El tratamiento 10, es decir la densidad 17.86 Ton/Ha asociada con arveja, es la que presenta una mayor rentabilidad económica con 48%, además de presentar un menor costo de producción, costo por Kg de materia seca y proteína bruta.

VI. RECOMENDACIONES

- La asociación 5:1 de cebada con arveja, es la más idónea, para la producción de forraje verde hidropónico asociado.
- Investigar el comportamiento nutricional del forraje de acuerdo a los días de producción.
- Analizar el efecto de los niveles de las estanterías frente a la calidad nutricional del forraje hidropónico.
- Estudiar y optimizar el riego con fines de lograr un ahorro del agua.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agriculturers. (24 de octubre de 2014). *Qué es el forraje verde hidropónico y como producirlo*. Recuperado el 31 de julio de 2018, de [Agriculturers.com: http://agriculturers.com/origenes-y-uso-del-forraje-verde-hidroponico/](http://agriculturers.com/origenes-y-uso-del-forraje-verde-hidroponico/)
- Aguirre, C., Abarca, P., Mora, D., Silva, L., Olguin, J., Olguin, J., . . . Olguin, J. (29 de 10 de 2014). *Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH)*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producci%C3%B3n-de-forraje-verde-hidrop%C3%B3nico.pdf>
- Alvarez, F. (2011). *Producción de Forraje Verde Hidropónico: Una alternativa para la alimentación de animales en periodos de carencia de pastos*. Lima: Soluciones Prácticas.
- Calderón, M., & Rodríguez, C. (2016). *Efecto de la utilización con las asociaciones de gramíneas - leguminosas en (UDIVI) pastos y forraje, hato bovino de la ESOAM "MFL"*. Calceta: ESPAMMFL.
- Candia, G. (2011). *Producción de Festuca arundinacea Schreb sembrada sola y en mezcla con Lolium perenne L., en un andisol de la región de la Araucanía*. La Paz: UFT.
- Carhuapoma, W., Curi, G., Chávez, E., & Contreras, J. (2014). Producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) usando efluente de piscigranja de truchas. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 18-28.
- Castro, A. (2012). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Recuperado el 06 de 07 de 2017, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidropnico/17-para_cabras.pdf
- Chacón, P. (2015). *Cultivo de Pastos*. Lima: SN POWER.
- Choque, J. (2005). *Producción y manejo de especies forrajeras*. Puno: Universitaria.
- Contreras, J., & Tunque, M. C. (2014). *Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados*. Huancavelica: UNH.
- Durand, M. (2014). *Comportamiento productivo de alfalfa (medicago sativa l.) en cultivo puro y asociado con gramíneas forrajeras en el CIP - Camani*. Puni: UNA.
- Elizondo, J., & Boschini, C. (2001). *Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz*. Ochomogo: UCR.
- FAO. (2001). *Forraje Verde Hidropónico*. Santiago: FAO.

- Foncodes. (2014). *Siembra y manejo de pastos cultivados para familias rurales*. Lima: FONCODES.
- FRIMETS EIRL. (18 de Diciembre de 2017). Reporte Termohidrometro de Invernadero Piloto de Produccion de Forraje Verde Hidroponico. Huaraz, Huaraz, Ancash.
- Galvan, F. (2001). *Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Organización de las Naciones para la agricultura y la alimentación*. Santiago: FAO.
- Gómez, M. (2007). *Evaluación del Forraje Verde Hidropónico de Maiz y Cebada con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde en cuyes*. Riobamba: ESPOCH.
- Guzmán, G. (2004). *Hidroponía en casa: una actividad familiar*. San José: MAG.
- HITECH. (2015). *All About Fodder Growing Technology* . Recuperado el 06 de 07 de 2017, de <http://foddermachine.com/HydroponicFodderGrowingSystem.pdf>
- INATEC. (2016). *Pastos y Forrajes*. Nicaragua: INATEC.
- Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Crespo, E., Juárez, C., . . . Ortiz, M. (2013). *PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO* . Nayarit: UAN.
- Libélula. (2011). *Diagnostico de la agricultura en el Perú*. Lima: Peru Opportunity Fund.
- López, R., Murillo, B., & Rodriguez, G. (2009). *El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas*. Caracas: Interciencia.
- Merchant, I., & Solano, J. (2016). *Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión*. Morelos: UAEM.
- Meza, Z. (2005). *Evaluación de variedad de maíz y densidad de siembra en la poducción de forraje verde hidroponico*. San Nicolás : UANL.
- Miranda, F. (2008). *Influencia del mejoramiento del piso forrajero en la producción de leche en vacunos en la microcuenca San José - Azangaro - Puno*. Puno: UNA.
- Peña, A., Nuñez, F., & Gonzales, F. (2002). *Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad*. México: Pecu.
- Petit, J. (2001). *Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrimentos en sistemas agroforestales*. Mérida: UADY.
- Pintado, J., & Vásquez, C. (2016). *Relaciones entre composición botánica, disponibilidad y la producción de leche en vacas a pastoreo en los sistemas de producción en el cantón Cuenca*. Cuenca: UC.
- Quispe, A. (2012). *Forraje Verde Hidroponico*. Lima: UNALM.
- Ramírez, M. (2014). *Tipos y clasificación de hongos que afectan al forraje verde hidroponico en la comarca lagunera*. Terreón: UAAAN.

- Rodríguez, A., Chang, M., Paqui, L., & Orosco, J. (2016). *Curso práctico de hidroponía*. Lima: UNALM.
- Rodríguez, H., Rodríguez, A., Flores, I., Sánchez, E., Grado, A., Grado, A., . . . Grado, A. (2003). *Utilización del forraje verde hidropónico como suplemento para vacas lactantes durante la sequía*. Mexico: Hidroponia.
- Romero, J. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO DE CINCO ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO EN LA LOCALIDAD DE HUARAZ A 3070 m.s.n.m.* Huaraz: UNASAM.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (02 de 04 de 2009). *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en ganado lechero*. Recuperado el 06 de 07 de 2017, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/19-produccion.pdf
- Sánchez, F., Moreno, E., Contreras, E., & Joaquín, M. (2013). Produccion de forraje hidroponico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *Chapingo de Serie Horticultura*, 35-43.
- Smethurst, P., Baillie, C., Cherry, M., & Holz, G. (2003). *Fertilizer effects on LAI and growth of four Eucalyptus nitens plantations*. Australia: For. Ecol.
- Tello, G. (2013). *Evaluación del Forraje Verde Hidropónico en la sostenibilidad de explotaciones pecuarias como alternativa de desarrollo rural de guatemala*. Guatemala: FONACYT.
- UNASAM. (Noviembre de 2017). Analisis de agua con fines de riego . Huaraz, Huaraz, Ancash.
- Valverde, H. (06 de 2015). *Cultivando Pastos Asociados*. Recuperado el 07 de 07 de 2017, de <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Cultivando-Pastos-Asociados-Sistematizacion1.pdf>
- Vasquez, V. (2013). *Experimentacion Agricola - Soluciones con SAS*. Cajamarca: CONCYTEC.

ANEXOS

Anexo 1: Datos obtenidos en campo y análisis para días a la cosecha.

Bloque	Factor A: Densidad de siembra cebada	Factor B: Asociación	Tratamiento	CICLO PRODUCTIVO											
				FECHA						DURACIÓN (días)					
				Inicio	Germínación	Siembra	Crecimiento	Cosecha	Fin	Hidratación	Germínación	Oscuridad	Crecimiento	Oreo	Total
1	4.87 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T1	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	1/1/2018	2/1/2018	1	2	6	10	1	20
1	4.87 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T2	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	31/12/2017	1/1/2018	1	2	6	9	1	19
1	8.12 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T3	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
1	8.12 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T4	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
1	11.36 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T5	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
1	11.36 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T6	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
1	14.61 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T7	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
1	14.61 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T8	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
1	17.86 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T9	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
1	17.86 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T10	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	28/12/2017	29/12/2017	1	2	6	6	1	16
2	4.87 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T1	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
2	4.87 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T2	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
2	8.12 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T3	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
2	8.12 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T4	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
2	11.36 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T5	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
2	11.36 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T6	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
2	14.61 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T7	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
2	14.61 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T8	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	28/12/2017	29/12/2017	1	2	6	6	1	16
2	17.86 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T9	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
2	17.86 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T10	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	28/12/2017	29/12/2017	1	2	6	6	1	16
3	4.87 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T1	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	2/1/2018	3/1/2018	1	2	6	11	1	21
3	4.87 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T2	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	1/1/2018	2/1/2018	1	2	6	10	1	20
3	8.12 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T3	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	1/1/2018	2/1/2018	1	2	6	10	1	20
3	8.12 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T4	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	28/12/2017	29/12/2017	1	2	6	6	1	16
3	11.36 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T5	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
3	11.36 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T6	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
3	14.61 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T7	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	6	1	16
3	14.61 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T8	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
3	17.86 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T9	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
3	17.86 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T10	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
4	4.87 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T1	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	1/1/2018	2/1/2018	1	2	6	10	1	20
4	4.87 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T2	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	31/12/2017	1/1/2018	1	2	6	9	1	19
4	8.12 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T3	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	31/12/2017	1/1/2018	1	2	6	9	1	19
4	8.12 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T4	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	4/1/2018	5/1/2018	1	2	6	13	1	23
4	11.36 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T5	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
4	11.36 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T6	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	29/12/2017	30/12/2017	1	2	6	7	1	17
4	14.61 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T7	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	31/12/2017	1/1/2018	1	2	6	9	1	19
4	14.61 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T8	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
4	17.86 Ton/Ha Cebada	1 0 Ton/Ha Arveja	T9	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18
4	17.86 Ton/Ha Cebada	2 14.87 Ton/Ha Arveja	T10	13/12/2017	14/12/2017	16/12/2017	22/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	1	2	6	8	1	18

ANOVA: DIAS A LA COSECHA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F
Bloque	3	15.27500	5.09167	3.40	*	2.96
Tratamiento	9	31.02500	3.44722	2.30	*	2.25
D	4	26.40000	6.60000	4.40	*	2.73
A	1	3.02500	3.02500	2.02	ns	4.21
DxA	4	1.60000	0.40000	0.27	ns	2.73
Error	27	40.47500	1.49907			
Total	39	86.77500	2.22500			
CV = 6.83%				Media = 17.93		

BLOQUES					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					40.475
Cuadrado medio del error					1.50
Error Estandar (S_x)					0.39
N° de medias		2	3	4	5
Amplitud Estudentizada:		2.97	3.12	3.21	3.27
Rango crítico validado		1.1499	1.2080	1.2428	1.2661
Orden	Bloque	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	IV	18.9	10	a	17.66
2°	III	17.9	10	ab	16.69
3°	I	17.7	10	ab	
4°	II	17.2	10	b	

TRATAMIENTO					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					40.475
Cuadrado medio del error					1.50
Error Estandar (S_x)					0.61
N° de medias		7	8	9	10
Amplitud Estudentizada T_a		3.35	3.37	3.39	3.41
Rango crítico validado		2.0508	2.0631	2.0753	2.0875
Orden	Tratamiento	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	1	19.8	4	a	17.66
2°	2	18.8	4	ab	16.67
3°	3	18.5	4	ab	
4°	4	18.5	4	ab	
5°	9	17.8	4	ab	
6°	7	17.5	4	b	
7°	5	17.5	4	b	
8°	6	17.3	4	b	
9°	8	17.0	4	b	
10°	10	16.8	4	b	

DENSIDAD				
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y				
Alfa				0.05
Grados de libertad del error				40.475
Cuadrado medio del error				1.499
Error Estandar (S_x)				0.43
N° de medias	2	3	4	5
Amplitud Estudentizada Tabul	2.97	3.12	3.21	3.27
Rango crítico validado	1.2857	1.3506	1.3895	1.4155
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento
1°	d1: 4.87 Ton/Ha	19.3	8	a
2°	d2: 8.12 Ton/Ha	18.5	8	ab
3°	d3: 11.36 Ton/Ha	17.4	8	b
4°	d4: 14.61 Ton/Ha	17.3	8	b
5°	d5: 17.86 Ton/Ha	17.3	8	b

Anexo 2: Datos y análisis para rendimiento de biomasa fresca

Bloque	Factor A: Densidad de siembra cebada	Factor B: Asociación	Tratamiento	RENDIMIENTO												
				Siembra		Germinado		Fin Oseurridad	Biomasa Cosecha		Biomasa TCO		Relacion TCO/Siembra			
				Cebada	Arveja	Cebada	Arveja		g/bandeja	Kg/m ²	g/bandeja	Kg/m ²		Ton/HA		
1	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	87	0	135	0	324	372	3.7143	220	1.429	14.29	2.53
1	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	87	77	135	142	535	1017	6.6039	511	3.318	33.18	3.12
1	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	145	0	226	0	590	758	4.9221	421	2.734	27.34	2.90
1	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	145	77	226	142	868	1591	10.3312	970	6.299	62.99	4.37
1	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	203	0	282	0	821	1239	8.0455	860	5.584	55.84	4.24
1	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	203	77	282	142	1006	1759	11.4221	1251	8.123	81.23	4.47
1	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	261	0	374	0	805	1506	9.7792	733	4.760	47.60	2.81
1	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	261	77	374	142	1152	2075	13.4740	1335	8.669	86.69	3.95
1	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	319	0	446	0	1264	2490	16.1688	1530	9.935	99.35	4.80
1	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	319	77	446	142	1425	2309	14.9935	1437	9.331	93.31	3.63
2	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	87	0	135	0	307	851	5.5260	446	2.896	28.96	5.13
2	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	87	77	135	142	528	1346	8.7403	815	5.292	52.92	4.97
2	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	145	0	226	0	622	1412	9.1688	856	5.558	55.58	5.90
2	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	145	77	226	142	854	1675	10.8766	1166	7.571	75.71	5.25
2	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	203	0	282	0	804	1690	10.9740	1161	7.539	75.39	5.72
2	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	203	77	282	142	1027	2033	13.2013	1462	9.494	94.95	5.22
2	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	261	0	374	0	1010	2088	13.5584	1477	9.591	95.90	5.66
2	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	261	77	374	142	1165	2358	15.3117	1482	9.623	96.23	4.39
2	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	319	0	446	0	1375	2526	16.4026	1932	12.545	125.45	6.06
2	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	319	77	446	142	1522	2816	18.2857	2142	13.909	139.09	5.41
3	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	87	0	135	0	320	849	5.5130	300	1.948	19.48	3.74
3	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	87	77	135	142	536	1220	7.9221	613	3.981	39.805	4.96
3	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	145	0	226	0	613	1228	7.9740	719	4.669	46.688	4.96
3	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	145	77	226	142	825	1806	11.7273	1106	7.182	71.818	4.98
3	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	203	0	282	0	775	1519	9.8636	781	5.071	50.714	3.85
3	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	203	77	282	142	910	1866	12.1169	1076	6.987	69.870	3.84
3	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	261	0	374	0	959	1742	11.3117	981	6.370	63.701	3.76
3	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	261	77	374	142	1193	2014	13.0779	1258	8.169	81.688	3.72
3	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	319	0	446	0	1215	2530	16.4286	1609	10.448	104.481	5.04
3	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	319	77	446	142	1470	2598	16.8701	1794	11.649	116.494	4.53
4	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	87	0	135	0	286	510	3.3117	183	1.188	11.883	2.10
4	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	87	77	135	142	515	995	6.4610	509	3.305	33.052	3.10
4	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	145	0	226	0	586	906	5.8831	501	3.253	32.532	3.46
4	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	145	77	226	142	842	1464	9.5065	924	6.000	60.000	4.16
4	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	203	0	282	0	781	1213	7.8766	702	4.558	45.584	3.46
4	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	203	77	282	142	940	1573	10.2143	1035	6.721	67.208	3.70
4	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	261	0	374	0	922	1517	9.8506	989	6.422	64.221	3.79
4	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	261	77	374	142	1115	1766	11.4675	1262	8.195	81.948	3.73
4	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	319	0	446	0	991	1656	10.7532	538	3.494	34.935	1.69
4	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	319	77	446	142	1372	2598	16.8701	2002	13.000	130.000	5.06

ANOVA RENDIMIENTO BIOMASA FRESCA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	3	4540.925	1513.642	8.73	*	2.96
Tratamiento	9	31022.669	3446.963	19.87	*	2.25
D	4	25397.370	6349.343	36.60	*	2.73
A	1	5481.376	5481.376	31.60	*	4.21
DxA	4	143.923	35.981	0.21	ns	2.73
Error	27	4683.374	173.458			
Total	39	40246.968	1031.974			
CV = 19.74%		Media = 66.70				

BLOQUES				
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y				
Alfa				0.05
Grados de libertad del error				27
Cuadrado medio del error				173.46
Error Estandar (S_x)				4.16
Nº de medias	2	3	4	5
Amplitud Estudentizada:	2.97	3.12	3.21	3.27
Rango crítico validado	12.3696	12.9943	13.3691	13.6190
Orden	Bloque	Media	Nº Datos	Agrupamiento
1º	II	84.02	10	a
2º	III	66.47	10	b
3º	I	60.18	10	b
4º	IV	56.14	10	b

TRATAMIENTO									
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y									
Alfa									0.05
Grados de libertad del error									27
Cuadrado medio del error									173.46
Error Estandar (S_x)									6.59
Nº de medias	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amplitud Estudentizada Ta	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41
Rango crítico validado	19.558	20.546	21.138	21.534	21.863	22.060	22.192	22.324	22.455
Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupamiento					
1º	10	119.70	4	a					97.24
2º	9	91.10	4	b					68.78
3º	8	86.60	4	bc					64.41
4º	6	78.30	4	bcd					56.24
5º	7	67.90	4	cde					46.04
6º	4	67.60	4	cde					46.07
7º	5	56.90	4	def					35.76
8º	3	40.50	4	fg					19.95
9º	2	39.70	4	fg					20.14
10º	1	18.70	4	g					

DENSIDAD					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					27
Cuadrado medio del error					173.458
Error Estandar (S_x)					4.66
N° de medias	2	3	4	5	
Amplitud Estudentizada \bar{t}	2.97	3.12	3.21	3.27	
Rango crítico validado	13.8296	14.5280	14.9471	15.2265	
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	d5	105.4	8	a	90.17
2°	d4	77.2	8	b	62.25
3°	d3	67.6	8	bc	53.07
4°	d2	54.1	8	c	40.27
5°	d1	29.2	8	d	

Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento	
ASOCIACION					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					27
Cuadrado medio del error					173.46
Error Estandar (S_x)					2.94
N° de medias	2	3	4	5	
Amplitud Estudentizada:	2.97	3.12	3.21	3.27	
Rango crítico validado	8.7466	9.1883	9.4534	9.6301	
Orden	Asociación	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	Asociado	78.4	20	a	69.66
2°	Sin asociar	55.0	20	b	

ANOVA INDICE COVERSION BIOMASA TCO/SEMILLA						
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	3	22.36381	7.45460	15.25	*	2.96
Tratamiento	9	6.56314	0.72924	1.49	ns	2.25
D	4	5.74905	1.43726	2.94	*	2.73
A	1	0.41297	0.41297	0.84	ns	4.21
DxA	4	0.40112	0.10028	0.21	ns	2.73
Error	27	13.20061	0.48891			
Total	39	42.12756	1.08019			
CV = 16.78%				Media =	4.17	

BLOQUES					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					27
Cuadrado medio del error					0.49
Error Estandar (S_x)					0.22
N° de medias		2	3	4	5
Amplitud Estudentizada:		2.97	3.12	3.21	3.27
Rango crítico validado		0.6567	0.6899	0.7098	0.7230
Orden	Bloque	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	II	5.37	10	a	4.66
2°	III	4.19	10	b	3.50
3°	I	3.68	10	bc	3.03
4°	IV	3.43	10	c	

DENSIDAD					
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y					
Alfa					0.05
Grados de libertad del error					27
Cuadrado medio del error					0.489
Error Estandar (S_x)					0.25
N° de medias		2	3	4	5
Amplitud Estudentizada \bar{y}		2.97	3.12	3.21	3.27
Rango crítico validado		0.7342	0.7713	0.7936	0.8084
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento	
1°	d5: 1786	4.53	8	a	3.72
2°	d2: 812	4.50	8	b	3.70
3°	d3: 1136	4.31	8	bc	3.54
4°	d4: 1461	3.98	8	bcd	3.24
5°	d1: 487	3.52	8	d	

Anexo 3: Datos y análisis para indicadores calidad nutritiva

Bloque	Factor A: Densidad de siembra cebada	Factor B: Asociación	Tratamiento	CALIDAD NUTRITIVA										
				MATERIA SECA			CONTENIDO CENIZAS					Proteína Bruta%		
				TCO (g)	MS (g)	%MS	Muestra (g)	Crisol	Crisol+Ceniza	Cenizas (g)	% Cenizas			
1	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	55	8.79	15.98%	5.020	45.990	46.230	0.240	4.78%	12.42%
1	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	55	10.63	19.33%	4.870	45.810	46.010	0.200	4.11%	17.86%
1	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	76	9.154	12.04%	4.295	44.655	44.840	0.185	4.31%	13.74%
1	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	86	11.12	12.93%	5.071	45.080	45.230	0.150	2.96%	17.08%
1	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	69	7.828	11.34%	2.123	44.655	44.720	0.065	3.06%	13.57%
1	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	111	13.47	12.14%	2.496	45.084	45.169	0.085	3.41%	16.82%
1	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	77	13.302	17.28%	2.616	44.655	44.749	0.094	3.59%	13.07%
1	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	99	16.568	16.74%	2.332	45.084	45.178	0.094	4.03%	16.76%
1	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	86	9.7	11.28%	2.292	44.658	44.722	0.064	2.79%	13.40%
1	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	138	26.43	19.15%	2.653	74.276	74.344	0.068	2.56%	14.50%
2	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	70	17.025	24.32%	1.881	45.090	45.152	0.062	3.30%	12.57%
2	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	85	14.57	17.14%	2.212	44.144	44.212	0.068	3.07%	17.85%
2	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	83	11.483	13.83%	1.489	46.019	46.063	0.044	2.96%	13.83%
2	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	102	17.131	16.80%	1.984	45.848	45.918	0.070	3.53%	17.12%
2	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	75	9.506	12.67%	1.758	43.868	43.945	0.077	4.38%	13.67%
2	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	124	14.86	11.98%	1.723	46.279	46.332	0.053	3.08%	16.86%
2	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	122	16.615	13.62%	1.544	46.285	46.345	0.060	3.89%	12.94%
2	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	92	13.418	14.58%	1.324	43.868	43.921	0.053	4.00%	16.72%
2	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	90	8.78	9.76%	1.712	45.849	45.913	0.064	3.74%	13.37%
2	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	96	13.88	14.46%	1.621	46.024	46.072	0.048	2.96%	14.51%
3	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	68	10.79	15.87%	1.259	44.144	44.203	0.059	4.69%	12.39%
3	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	78	16.065	20.60%	2.623	45.092	45.172	0.080	3.05%	18.05%
3	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	86	11.279	13.12%	1.998	44.660	44.733	0.073	3.65%	13.69%
3	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	190	24.892	13.10%	3.230	74.278	74.374	0.096	2.97%	16.92%
3	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	84	13.76	16.38%	1.114	46.286	46.319	0.033	2.96%	13.69%
3	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	121	23.952	19.80%	1.786	43.874	43.917	0.043	2.41%	16.86%
3	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	94	14.408	15.33%	1.397	45.852	45.894	0.042	3.01%	12.89%
3	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	133	22.975	17.27%	2.860	46.025	46.119	0.094	3.29%	16.73%
3	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	169	21.031	12.44%	2.444	44.158	44.224	0.066	2.70%	13.24%
3	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	222	32.77	14.76%	4.133	45.090	45.219	0.129	3.12%	14.37%
4	1	4.87 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T1	81	23.539	29.06%	3.061	44.662	44.893	0.231	7.55%	12.54%
4	1	4.87 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T2	67	11.663	17.41%	2.415	74.278	74.393	0.115	4.76%	18.04%
4	2	8.12 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T3	66	10.625	16.10%	1.677	45.090	45.154	0.064	3.82%	13.78%
4	2	8.12 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T4	118	14.018	11.88%	3.759	46.286	46.429	0.143	3.80%	17.08%
4	3	11.36 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T5	50	6.152	12.30%	1.624	43.874	43.940	0.066	4.06%	13.59%
4	3	11.36 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T6	63	9.702	15.40%	2.834	45.852	45.940	0.088	3.11%	16.82%
4	4	14.61 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T7	76	9.674	12.73%	2.243	46.024	46.100	0.076	3.39%	13.02%
4	4	14.61 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T8	105	16.245	15.47%	2.605	44.158	44.231	0.073	2.80%	16.75%
4	5	17.86 Ton/Ha Cebada	1	0 Ton/Ha Arveja	T9	66	8.645	13.10%	1.845	44.662	44.721	0.059	3.20%	13.27%
4	5	17.86 Ton/Ha Cebada	2	14.87 Ton/Ha Arveja	T10	85	10.798	12.70%	3.718	74.281	74.410	0.129	3.47%	14.38%

ANOVA PARA CONTENIDO DE MATERIA SECA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	3	0.0000805	0.0000268	0.23	ns	2.96
Tratamiento	9	0.0081277	0.0009031	7.58	*	2.25
D	4	0.0061655	0.0015414	12.94	*	2.73
A	1	0.0000024	0.0000024	0.02	ns	4.21
DxA	4	0.0019598	0.0004899	1.18	ns	2.73
Error	27	0.0032158	0.0001191			
Total	39	0.0114239	0.0002929			
CV = 0.92%				Media =	1.19	

TRATAMIENTO										
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y										
Alfa										0.05
Grados de libertad del error										27
Cuadrado medio del error										0.0001
Error Estandar (S_x)										0.01
N° de medias	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Amplitud Estudentizada Ta	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	
Rango crítico validado	0.016	0.017	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	
Orden	Tratamiento	Media	N° Datos	Agrupamiento						
1°	1	21.3%	4	a	0.194					
2°	2	18.5%	4	ab	0.167					
3°	8	16.0%	4	bc	0.142					
4°	10	15.3%	4	bc						
5°	7	14.8%	4	bc						
6°	6	14.8%	4	bc						
7°	3	13.8%	4	bc						
8°	4	13.8%	4	bc						
9°	5	13.0%	4	c						
10°	9	11.5%	4	c						

DENSIDAD						
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y						
Alfa						0.05
Grados de libertad del error						27
Cuadrado medio del error						0.0001
Error Estandar (S_x)						0.00
N° de medias	2	3	4	5		
Amplitud Estudentizada \bar{T}	2.97	3.12	3.21	3.27		
Rango crítico validado	0.0115	0.0120	0.0124	0.0126		
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento		
1°	d1: 4.87	19.9%	8	a	0.186	
2°	d4: 14.61	15.4%	8	b	0.141	
3°	d3: 11.36	13.9%	8	b		
4°	d2: 8.12	13.8%	8	b		
5°	d5: 17.86	13.4%	8	b		

ANOVA PARA CONTENIDO CENIZAS						
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05
Bloque	3	0.00006	0.00002	2.10	ns	2.96
Tratamiento	9	0.00021	0.00002	2.70	*	2.25
D	4	0.00014	0.00003	3.91	*	2.73
A	1	0.00004	0.00004	4.09	ns	4.21
DxA	4	0.00004	0.00001	1.14	ns	2.73
Error	27	0.00024	0.00001			
Total	39	0.00050	0.00001			
CV = 0.24%				Media =	1.24	

TRATAMIENTO										
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y										
Alfa										0.05
Grados de libertad del error										27
Cuadrado medio del error										0.0000
Error Estandar (S _x)										0.00
N° de medias	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Amplitud Estudentizada Ta	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	
Rango crítico validado	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
Orden	Tratamiento	Media	N° Datos	Agrupamiento						
1°	1	5.08%	4	a	0.0458					
2°	2	3.75%	4	b	0.0325					
3°	3	3.69%	4	b						
4°	5	3.62%	4	b						
5°	8	3.53%	4	b						
6°	7	3.47%	4	b						
7°	4	3.32%	4	b						
8°	9	3.11%	4	b						
9°	10	3.11%	4	b						
10°	6	3.03%	4	b						

DENSIDAD						
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y						
Alfa						0.05
Grados de libertad del error						27
Cuadrado medio del error						0.0000
Error Estandar (S _x)						0.00
N° de medias	2	3	4	5		
Amplitud Estudentizada T	2.97	3.12	3.21	3.27		
Rango crítico validado	0.0031	0.0033	0.0034	0.0034		
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento		
1°	d1: 4.87	4.41%	8	a	0.041	
2°	d4: 14.61	3.50%	8	b	0.032	
3°	d2: 8.12	3.50%	8	b		
4°	d3: 11.36	3.31%	8	b		
5°	d5: 17.86	3.07%	8	b		

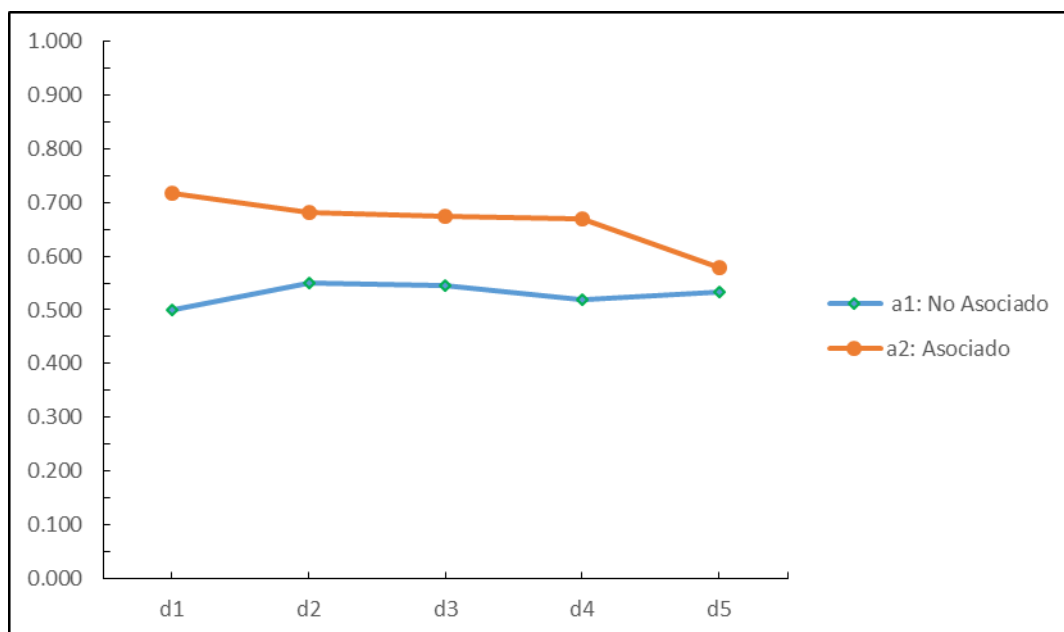
ANOVA PARA CONTENIDO DE PROTEINA BRUTA							
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05	F 0.01
Bloque	3	0.00000199	0.00000066	1.3	ns	2.96	4.60
Tratamiento	9	0.01449356	0.00161040	3082.4	*	2.25	3.15
D	4	0.00120534	0.00030133	576.8	*	2.73	4.11
A	1	0.01135690	0.01135690	21738.0	*	4.21	7.68
DxA	4	0.00193132	0.00048283	924.2	*	2.73	4.11
Error	27	0.00001411	0.00000052				
Total	39	0.01450966	0.00037204				
CV = 0.48%				Media = 14.9%			

TRATAMIENTO										
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y										
Alfa										0.05
Grados de libertad del error										27
Cuadrado medio del error										0.0000
Error Estandar (S_x)										0.00
N° de medias	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Amplitud Estudentizada T_a	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	
Rango crítico validado	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Orden	Tratamiento	Media	N° Datos	Agrupamiento						
1°	2	17.95%	4	a	0.1783					
2°	4	17.05%	4	b	0.1693					
3°	6	16.84%	4	c	0.1672					
4°	8	16.74%	4	c	0.1662					
5°	10	14.44%	4	d	0.1432					
6°	3	13.76%	4	e	0.1364					
7°	5	13.63%	4	f	0.1351					
8°	9	13.32%	4	g	0.1321					
9°	7	12.98%	4	h	0.1287					
10°	1	12.48%	4	i						

DENSIDAD						
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y						
Alfa						0.05
Grados de libertad del error						27
Cuadrado medio del error						0.0000
Error Estandar (S_x)						0.00
N° de medias	2	3	4	5		
Amplitud Estudentizada T	2.97	3.12	3.21	3.27		
Rango crítico validado	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008		
Orden	Densidad	Media	N° Datos	Agrupamiento		
1°	d2: 8.12	15.41%	8	a	0.1533	
2°	d3: 11.36	15.24%	8	b	0.1516	
3°	d1: 4.87	15.22%	8	b	0.1514	
4°	d4: 14.61	14.86%	8	c	0.1478	
5°	d5: 17.86	13.88%	8	d		

ASOCIACION						
Prueba del rango múltiple de Duncan para Y						
Alfa						0.05
Grados de libertad del error						27
Cuadrado medio del error						0.0000
Error Estandar (S_x)						0.00
N° de medias	2	3	4	5		
Amplitud Estudentizada:	2.97	3.12	3.21	3.27		
Rango crítico validado	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005		
Orden	Asociación	Media	N° Datos	Agrupamiento		
1°	Asociado	16.60%	20	a	0.1655	
2°	Sin asociar	13.23%	20	b		

TOTALES CONTENIDO DE PROTEINA BRUTA				
ASOCIACIÓN (A)				
		a1: No Asociado	a2: Asociado	Total
Densidad (D)	d1	0.499	0.718	1.217
	d2	0.550	0.682	1.232
	d3	0.545	0.674	1.219
	d4	0.519	0.670	1.189
	d5	0.533	0.578	1.110
Total		2.647	3.321	5.968



ANOVA DE LAS INTERACCIONES DXA CONTENIDO PROTEINA BRUTA							
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Sig	F 0.05	0.01
D _L A _L	1	0.00073156	0.00073156	1400.3	*	4.21	7.68
D _Q	1	0.00693630	0.00693630	13276.6	*	4.21	7.68
D _C	1	0.00003214	0.00003214	61.5	*	4.21	7.68
A _Q	1	0.00616952	0.00616952	11808.9	*	4.21	7.68
A _C	0	0.00000000	.	.			
D _L A _Q	1	0.00004386	0.00004386	84.0	*	4.21	7.68
D _L A _C	0	0.00000000	.	.			
D _Q A _L	1	0.00000120	0.00000120	2.3	ns	4.21	7.68
D _Q A _Q	0	0.00000000	.	.			
D _Q A _C	0	0.00000000	.	.			
D _C A _L	1	0.00055968	0.00055968	1071.3	*	4.21	7.68
D _C A _Q	0	0.00000000	.	.			
D _C A _C	0	0.00000000	.	.			
Error	27	0.00001411	0.00000052				

Anexo 4: Datos y análisis económico

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO							
TRATAMIENTO 1							
Consumo de agua (l/m2/día)		2.55		Dosis siembra (Kg/m2)		0.487	
Ciclo productivo (días)		19.8		Capacidad Productiva (Bandejas)		150	
Días de fertirriego (días)		17.8		Capacidad Productiva (m2)		23.1	
				Cosechas al año		18.4	
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	20	S/. 20.40	S/. 1.11
1.02 Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 1.07
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/. 2.62
COSTOS VARIABLES							
Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2		
2.01 Semilla Cebada		Kg	0.49	S/. 1.27	S/. 0.62		
2.02 Semilla Arveja		Kg	0.00	S/. 3.39	S/.		
2.03 Agua		L	45.31	S/. 0.0002	S/. 0.009		
2.04 Sales para Solucion Hidroponica		Juego	0.05	S/. 15.30	S/. 0.69		
2.05 Lejia		L	0.01	S/. 2.54	S/. 0.02		
2.06 Mano de Obra		Jornal	0.0013	S/. 35.00	S/. 0.05		
2.07 Energia Electrica		Global	1.00	S/. 0.05	S/. 0.05		
Sub Total Costos Variables						S/.	1.45
Imprevistos (5%)						S/.	0.07
Total Costos Variables						S/.	1.52
Costos Fijos Unitarios (m2)						S/.	2.62
Costos Variables Unitarios (m2)						S/.	1.52
Costos Totales						S/.	4.14
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)							3.3
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m2							1.61
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m2						S/.	2.58
Rendimiento Anual (Kg/m2)							29.63
Rendimiento Anual (ton/Ha)*							342.2

* 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

TRATAMIENTO 2	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	18.8
Días de fertirriego (días)	16.8

Dosis siembra (Kg/m ²)	0.487
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	19.4

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 1.05
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 1.02
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/. 0.23
Total Costos Fijos								S/. 2.49

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	0.49	S/. 1.27	S/. 0.62
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.49	S/. 3.39	S/. 1.65
2.03	Agua	L	42.76	S/. 0.0002	S/. 0.009
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.65
2.05	Lejia	L	0.01	S/. 2.54	S/. 0.02
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0014	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 3.06
Imprevistos (5%)					S/. 0.15
Total Costos Variables					S/. 3.22
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.49
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 3.22
Costos Totales					S/. 5.71
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					3.73
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m ²					3.63
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m ²					S/. 1.57
Rendimiento Anual (Kg/m ²)					70.53
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					814.7

* 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

TRATAMIENTO 3	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	18.5
Días de fertirriego (días)	16.5

Dosis siembra (Kg/m ²)	0.812
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	19.7

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 1.03
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 1.00
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/. 0.23
Total Costos Fijos								S/. 2.45

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	0.81	S/. 1.27	S/. 1.03
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.00	S/. 3.39	-
2.03	Agua	L	42.00	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.64
2.05	Lejia	L	0.02	S/. 2.54	S/. 0.04
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0014	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 1.83
Imprevistos (5%)					S/. 0.09
Total Costos Variables					S/. 1.92
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.45
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 1.92
Costos Totales					S/. 4.37
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.31
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m²					3.50
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m²					S/. 1.25
Rendimiento Anual (Kg/m²)					69.05
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					797.5

* 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

TRATAMIENTO 4	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	18.5
Días de fertirriego (días)	16.5

Dosis siembra (Kg/m ²)	0.812
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	19.7

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 1.03
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 1.00
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/. 0.23
Total Costos Fijos								S/. 2.45

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	0.81	S/. 1.27	S/. 1.03
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.49	S/. 3.39	S/. 1.65
2.03	Agua	L	42.00	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.64
2.05	Lejia	L	0.02	S/. 2.54	S/. 0.04
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0014	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 3.48
Imprevistos (5%)					S/. 0.17
Total Costos Variables					S/. 3.66
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.45
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 3.66
Costos Totales					S/. 6.11
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.69
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m²					6.09
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m²					S/. 1.00
Rendimiento Anual (Kg/m²)					120.20
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1388.3

* 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

TRATAMIENTO 5	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	17.5
Días de fertirriego (días)	15.5

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.136
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	20.9

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.98
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 0.95
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/. 0.22
Total Costos Fijos								S/. 2.32

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.14	S/. 1.27	S/. 1.44
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.00	S/. 3.39	S/. -
2.03	Agua	L	39.45	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.60
2.05	Lejia	L	0.02	S/. 2.54	S/. 0.06
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0015	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 2.23
Imprevistos (5%)					S/. 0.11
Total Costos Variables					S/. 2.34
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.32
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 2.34
Costos Totales					S/. 4.66
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.32
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m ²					4.91
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m ²					S/. 0.95
Rendimiento Anual (Kg/m ²)					102.36
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1182.2

* 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

TRATAMIENTO 6	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	18.5
Días de fertirriego (días)	16.5

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.136
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	19.7

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 1.03
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 1.00
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/. 0.23
Total Costos Fijos								S/. 2.45

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.14	S/. 1.27	S/. 1.44
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.49	S/. 3.39	S/. 1.65
2.03	Agua	L	42.00	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.64
2.05	Lejia	L	0.02	S/. 2.54	S/. 0.06
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0014	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 3.91
Imprevistos (5%)					S/. 0.20
Total Costos Variables					S/. 4.11
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.45
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 4.11
Costos Totales					S/. 6.56
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.31
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m ²					7.00
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m ²					S/. 0.94
Rendimiento Anual (Kg/m ²)					138.01
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1594.0

* 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

TRATAMIENTO 7	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	17.5
Días de fertirriego (días)	15.5

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.461
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	20.9

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M2/año)	Depreciacion (S./M2/cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.98
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 0.95
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/. 0.22
Total Costos Fijos								S/. 2.32

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M2
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.46	S/. 1.27	S/. 1.86
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.00	S/. 3.39	S/. -
2.03	Agua	L	39.45	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.60
2.05	Lejia	L	0.03	S/. 2.54	S/. 0.07
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0015	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 2.66
Imprevistos (5%)					S/. 0.13
Total Costos Variables					S/. 2.79
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.32
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 2.79
Costos Totales					S/. 5.11
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.01
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m²					5.86
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m²					S/. 0.87
Rendimiento Anual (Kg/m²)					122.19
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1411.3

* 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

TRATAMIENTO 8	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	17
Días de fertirriego (días)	15

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.461
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	21.5

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.95
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 0.92
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/. 2.25

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.46	S/. 1.27	S/. 1.86
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.49	S/. 3.39	S/. 1.65
2.03	Agua	L	38.18	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.58
2.05	Lejia	L	0.03	S/. 2.54	S/. 0.07
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0015	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 4.29
Imprevistos (5%)					S/. 0.21
Total Costos Variables					S/. 4.51
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.25
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 4.51
Costos Totales					S/. 6.76
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					3.95
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m ²					7.69
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m ²					S/. 0.88
Rendimiento Anual (Kg/m ²)					165.21
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1908.1

* 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

TRATAMIENTO 9	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	17.8
Días de fertirriego (días)	15.8

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.786
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	20.5

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/.,9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.99
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/.,5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 0.96
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/. 2.36

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.79	S/. 1.27	S/. 2.27
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.00	S/. 3.39	S/. -
2.03	Agua	L	40.22	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.62
2.05	Lejia	L	0.04	S/. 2.54	S/. 0.09
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0015	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 3.10
Imprevistos (5%)					S/. 0.15
Total Costos Variables					S/. 3.25
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.36
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 3.25
Costos Totales					S/. 5.61
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.4
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m²					7.86
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m²					S/. 0.71
Rendimiento Anual (Kg/m²)					161.14
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					1861.2

* 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

TRATAMIENTO 10	
Consumo de agua (l/m ² /día)	2.55
Ciclo productivo (días)	16.8
Días de fertirriego (días)	14.8

Dosis siembra (Kg/m ²)	1.786
Capacidad Productiva (Bandejas)	150
Capacidad Productiva (m ²)	23.1
Cosechas al año	21.7

COSTOS FIJOS

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total	Vida Útil (año)	Depreciacion (S./M ² /año)	Depreciacion (S./M ² /cosecha)
1.01	Invernadero	m ²	20	S/. 471.15	S/./9,423.04	20	S/. 20.40	S/. 0.94
1.02	Modulos Forrajeros Automaticos de 50 Bandejas	Und.	3	S/. 1,822.03	S/./5,466.09	12	S/. 19.72	S/. 0.91
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/. 2.22

COSTOS VARIABLES

Item	Detalle	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo/M ²
2.01	Semilla Cebada	Kg	1.79	S/. 1.27	S/. 2.27
2.02	Semilla Arveja	Kg	0.49	S/. 3.39	S/. 1.65
2.03	Agua	L	37.67	S/. 0.0002	S/. 0.008
2.04	Sales para Solucion Hidroponica	Juego	0.04	S/. 15.30	S/. 0.58
2.05	Lejia	L	0.04	S/. 2.54	S/. 0.09
2.06	Mano de Obra	Jornal	0.0015	S/. 35.00	S/. 0.05
2.07	Energia Electrica	Global	1.00	S/. 0.06	S/. 0.06
Sub Total Costos Variables					S/. 4.71
Imprevistos (5%)					S/. 0.24
Total Costos Variables					S/. 4.95
Costos Fijos Unitarios (m ²)					S/. 2.22
Costos Variables Unitarios (m ²)					S/. 4.95
Costos Totales					S/. 7.17
RENDIMIENTO (Kg FVH/Kg Semilla)					4.66
RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Kg/m²					10.59
COSTO POR Kg de Forraje Fresco/m²					S/. 0.68
Rendimiento Anual (Kg/m²)					230.13
Rendimiento Anual (ton/Ha)*					2658.0

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

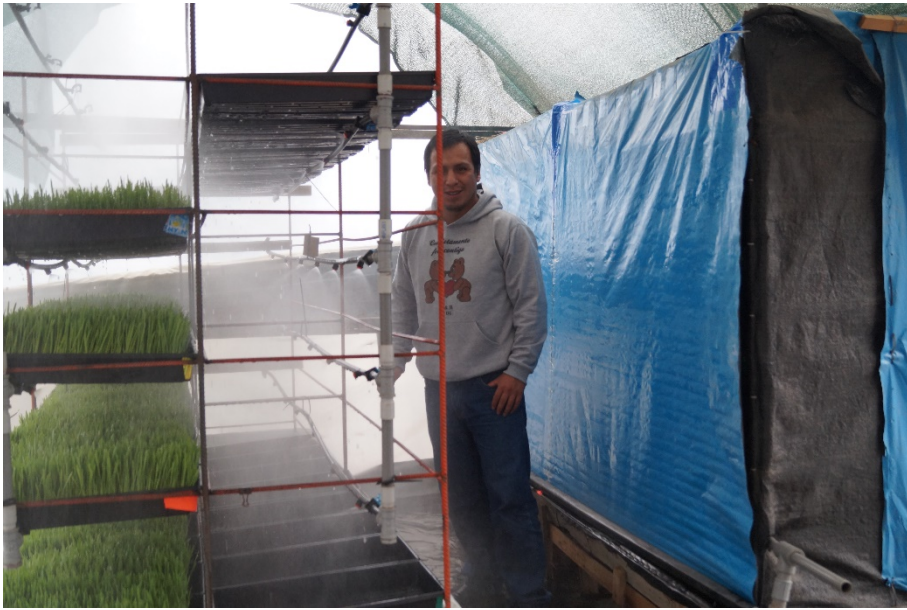
Anexo 5: Panel fotográfico



Instalación del ensayo



Bandejas del ensayo al finalizar crecimiento en cámara oscura.



Evaluación y manejo del ensayo.



Evaluaciones de producción del ensayo



Cosecha y oreado de los forrajes

Anexo 6: Análisis de laboratorio para determinar cantidad de proteína total.



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

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0130/2018

CLIENTE : ROSARIO JARAMILLO RAUL
NOMBRE DEL PRODUCTO : 10 muestras de forraje hidropónico molido
(Denominación responsabilidad del cliente)
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 23-01-2018
FECHA DE ANÁLISIS : Del 23/01/18 al 05/02/18
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicados en tabla
PRESENTACION : Muestra en bolsa de polietileno
IDENTIFICACION : AQ18-0130/01-10


RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

CÓDIGO	MUESTRA	PESO (gramos)	PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %
AQ18-0130/01	T1	17	12.48
AQ18-0130/02	T2	21	17.96
AQ18-0130/03	T3	16	13.76
AQ18-0130/04	T4	19	17.02
AQ18-0130/05	T5	14	13.63
AQ18-0130/06	T6	22	16.84
AQ18-0130/07	T7	15	12.98
AQ18-0130/08	T8	24	16.74
AQ18-0130/09	T9	16	13.32
AQ18-0130/10	T10	30	14.44

Métodos utilizados:

AOAC (2005), 984.13

Atentamente,


Ing. Gloria Palacios Pinto
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos



La Molina, 05 de Febrero del 2018

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830