



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



**OPTIMIZACION DEL RENDIMIENTO  
HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum  
vulgare*) EN FUNCION DEL TIEMPO DE  
COSECHA EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

**Presentada como requisito  
Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. CALVAY MARQUINA JOSE CARLOS**

**Lambayeque — Perú**

**2018**

**OPTIMIZACION DEL RENDIMIENTO HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum  
vulgare*) EN FUNCION DEL TIEMPO DE COSECHA EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

**Presentada como requisito Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. CALVAY MARQUINA JOSE CARLOS**

**Aprobada por el siguiente jurado**

---

**Ing. Francis Villena Rodríguez, MSc.  
Presidente**

---

**Ing. Carolina Aguilar Patilongo  
Secretario**

---

**Ing. Benito Bautista Espinoza  
Vocal**

---

**Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.  
Patrocinador**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Bero Calvay Flores y Delia Elena Marquina Tineo por sus sabios consejos y enseñanzas, por ser fuente de motivación para salir adelante.

A mi esposa Sarely Edely Quiroz Huancas y a mis hijos Iker y Carlos por ser motivo de mi superación personal.

A mis hermanos Danilo, Esleither, Anghel, Cristhiam y Marti quienes han contribuido en mi formación y apoyarme en cada paso para lograr mis objetivos.

A mis familiares y amigos por sus palabras de aliento y apoyo incondicional en todo momento.

A mi patrocinador Ing. Napoleón Corrales Rodríguez quien en cada momento me ayudo a formarme como profesional por sus consejos y enseñanzas de manera incondicional.

A todo aquel que lea este trabajo y le sirva de apoyo para poder realizar nuevas investigaciones, contribuyendo de esta manera con su formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su estímulo constante y su apoyo incondicional en mis estudios.

A mí a Patrocinador: Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez por su guía y orientación en la elaboración de este trabajo de investigación.

A los Ingenieros Zootecnistas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por los conocimientos brindados en mi formación profesional.

**CONTENIDO**

I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS	2
2.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo	2
2.2 Forrajes en cultivo hidropónico	3
2.3 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico	4
2.4 Ventajas de los cultivos hidropónicos	9
2.5 Desventajas de los cultivos hidropónicos	13
2.6 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH	14
2.7 Diseño experimental	18
III. MATERIAL Y METODOS	19
3.1 Lugar de Ejecución y Duración del Experimento	19
3.2 Tratamientos Evaluados	19
3.3 Material y Equipo Experimental	19
3.4 Metodología Experimental	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	25
4.1 Análisis de producción de germinado hidropónico de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) por tratamiento	25
4.1.1 Producción de germinado hidropónico por bandeja (TCO)	25
4.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de germinado hidropónico de cebada de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).	25
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	26
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	27
4.1.5 Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	28
4.1.6 Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	29
4.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	30
4.1.8 Producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	31

4.2 Análisis de productividad de germinado hidropónico de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) por tratamiento	32
4.2.1 Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)	33
4.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por kg de semilla procesada	34
4.3 Consumo de agua	35
4.4 Evaluación económica	36
4.4.1 Costo de producción por kilogramo de materia seca de semilla de cebada	36
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1 CONCLUSIONES	38
5.2 RECOMENDACIONES	38
VI. RESUMEN	39
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	40
VIII. ANEXOS	43
8.1 Análisis de varianza de Germinado Hidropónico por bandeja (Kg)	43
8.2 Análisis de varianza de Germinado Hidropónico por metro cuadrado	43
8.3 Análisis de varianza de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado	44
8.4 Análisis de varianza de Proteína Cruda por metro cuadrado.	45
8.5 Análisis de varianza de Extracto Etéreo metro cuadrado.	46
8.6 Análisis de varianza de Fibra Cruda por metro cuadrado.	47
8.7 Análisis de varianza de Cenizas por metro cuadrado.	47
8.8 Análisis de varianza de kilogramo de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla	48
8.9 Análisis de varianza de kilogramo de Materia Seca de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla	49
8.10 Estructura de costos de un kg de GH de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) aplicado a T5.	50

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo	9
Cuadro 2. Composición química del germinado Hidropónico de cebada	12

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso de germinado hidropónico por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) según tratamiento (Kg)	25
Tabla 2. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) por tratamiento (%)	26
Tabla 3. Producción de germinado hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	27
Tabla 4. Producción de materia seca de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	28
Tabla 5. Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	29
Tabla 6. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	30
Tabla 7. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	31
Tabla 8. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	32
Tabla 9. Rendimiento de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	34
Tabla 10. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	35
Tabla 11. Costos de producción de un kg de GH (TCO) y MS /kg de cebada procesada (%)	37

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Comparativo porcentual de costo de kg de materia seca de GH de cebada con diferente época (%)	37
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## I. INTRODUCCION

En el departamento de Lambayeque durante los últimos 5 años el forraje convencional ha incrementado sus costos en 140%, lo cual impacta en los costos de producción obligando al productor a buscar nuevas alternativas de provisión de forraje en la alimentación animal como el caso del germinado hidropónico potenciando su valor nutricional. La edad a la cosecha es variada desde los 10 días hasta los 21 días, no habiéndose abordado cosechas más tempranas que podrían estar concentrando mayor cantidad de proteína disponible para los animales por lo que nos planteamos la siguiente interrogante

¿Cuál es el tiempo adecuado de cosecha de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) para optimizar su rendimiento de proteína cruda en Lambayeque? Para responder a esta interrogante se plantearon los siguientes objetivos: a

- Determinar el tiempo de cosecha de Germinado Hidropónico (GH) de cebada para optimizar el rendimiento de proteína cruda en su composición.
- Determinar el valor nutricional del GH de cebada cosechada a diferente edad.
- Determinar el rendimiento de biomasa producido por cada kilogramo de semilla procesada de cebada.
- Determinar el costo de producción por kg de materia seca de GH de los tratamientos evaluados.



## II. ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS

### 2.1. **Cultivos hidropónicos: Generalidades. Técnicas de cultivo**

REGALADO (2009) señala que el forraje hidropónico (FH) viene a ser el resultado del proceso de germinación de los granos de cereales o leguminosas (cebada, maíz, soya, sorgo) que se realiza durante 9 a 15 días, alcanzando una altura de 20 a 25 cm., y que los animales consumen por completo: tallos, hojas, raizuelas, y restos de semilla.

TARRILLO (2005), recomienda utilizar semillas de cereales limpios de impurezas y que procedan de plantas libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizarse semillas tratadas con fungicidas o preservantes. La semilla debe ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo. Para la semilla de cebada, se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico por kilo de semilla.

CHAUCA *et al.* (1994) refieren que la cebada es la que presenta mayor precocidad para germinar, al tercer día se inicia la germinación y en solo 48 horas germina el 98%.

## **2.2 Forrajes en cultivo hidropónico**

MIRANDA (2006) describe los factores que influyen en la producción óptima de FVH:

- a. Luz:** Es necesario que durante los primeros 3 días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas, no se deben exponer las bandejas directamente al sol.
- b. Temperatura:** La temperatura debe estar entre 22°C y 25°C.
- c. Humedad:** Debe oscilar entre 65-70% de humedad relativa (H.R).
- d. Calidad de semilla:** El porcentaje de pureza debe ser de mayor a 80% y el poder germinativo aceptable debe estar entre 80 - 90%.

### **2.2.1 Calidad de agua**

FAO (2001), refiere que la condición básica del agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, lluvia o agua corriente de cañerías. En caso que la calidad de agua no sea la conveniente, será imprescindible realizar un análisis químico detallado de la misma, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos respecto a (1) contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloró y boro); (2) contenido de microorganismos patógenos; (3) concentración de metales pesados y (4) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. El valor del pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7

y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse con un pH cercano a 7.5, el resto de semillas, cereales mayormente, no se comportan eficientes por encima de 7.0.

### **2.3 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico**

EDICIONES CULTURALES VER (1992) describe el siguiente proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH) de la siguiente manera:

- **Lavado:** Para realizar el lavado de la semilla se inunda el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza.
- **La pre-germinación:** Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en el que se encuentran los factores determinantes de la pre-germinación y son: la temperatura, humedad y oxigenación. Para realizar la pre-germinación la semilla se humedece durante 24 horas con agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener la humedad relativa alta.
- **La siembra:** Se realiza sobre las bandejas que se han escogido que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.

- **La germinación:** Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura las cuales le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta. Se recomienda utilizar: Semillas, solución de lejía (hipoclorito de sodio al 5.25%) al 1%, solución nutritiva, balanza, aspersor y señalan como procedimiento el siguiente: a) Pesar las semillas; b) Escoger las semillas para eliminar la presencia de semillas partidas, semillas de otra planta, piedras, pajas, etc.; c) Lavar las semillas con agua para eliminar residuos más pequeños y obtener semillas limpias; d) Las semillas deben ser lavadas y desinfectadas previamente con una solución de lejía al 1% (10 ml de lejía en un litro de agua), dejando remojar en esta solución por 30 minutos a 1 hora, luego se enjuaga con agua; e) Las semillas se remojan por 24 horas, añadiendo agua hasta sumergirlas completamente; f) Transcurrido el tiempo, se procede a escurrir el agua y a lavar la semilla. La capa de semillas se nivela en la bandeja y se riega con un nebulizador cada tres horas por 30 segundos, pero solo para mantener húmedas las semillas. La capa de semillas no debe exceder de 1.5cm; g) Cuando aparezcan las primeras hojitas, aproximadamente al cuarto día si se desea se riega con una solución de (5ml de la solución A y 2ml de la solución B por cada cuatro litros de agua), hasta el séptimo día, los demás días solo se regara con agua; h) La cosecha debe realizarse a los 10 días, con una altura promedio de forraje de 20 a 25cm y se obtiene alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1:6 aproximadamente.

Cuando el forraje tiene un crecimiento normal se observa un crecimiento homogéneo en la capa de raíces y las hojas pero durante el proceso pueden presentarse problemas y los más frecuentes son: La falta de luz o su mala distribución que ocasionan: a) Etiolación de las plantas con crecimiento alargado y amarillento causado por falta de luz; b) Deformación de la capa radicular por la mala distribución de luz, el efecto puede ser revertido hasta el quinto día girando la bandeja 180°. En el caso del agua tiene un efecto irreversible si hay estancamiento en las bandejas puede causar en los primeros días la pudrición de las semillas. Cuando la planta tienen varios días se produce la pudrición de las raíces (se tornan oscuras) y marchitamiento de la punta de las hojas. La falta de agua produce adelgazamiento de hojas y raíces. La presencia de hongos se debe a temperaturas elevadas, falta de circulación de aire en el ambiente y limpieza deficiente de las semillas y del ambiente.

TARRILLO (2005), indica los siguientes pasos para el sistema de producción de forraje hidropónico:

**Selección de semilla:** Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además, las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

**Lavado:** Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se repite tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas.

**Desinfección:** Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10ml. de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla.

**Remojo:** Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.

**Oreo:** Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un deposito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además el deposito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla.

**Germinación:** Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en las bandejas, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de

bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.

**Producción:** En esta etapa existe una mayor iluminación, además el FH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de este dura entre seis a ocho días alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm., la cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.

**Cosecha:** Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el FH en forma manual o mecánica, para un mejor suministro a los animales.

SIAN (2011) indica que el verdadero valor de una semilla depende de una serie de factores sin los cuales no es posible obtener los verdaderos rendimientos que se requiere para el progreso agrícola e Indica que son tres los factores que influyen sobre el valor de las semillas:

- 1º. Poder germinativo. - Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para es:  $((N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / \text{cantidad semillas sembradas}) \times 100)$ . Una semilla cuyo poder germinativo sea menor de 70% no es aconsejable para sembrarla.
- 2º. Coeficiente de pureza. - Es un factor importante y fácil de determinar con la siguiente formula:  $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$ .

3º. Valor cultural. - se calcula con la siguiente formula: (Coeficiente de pureza x coeficiente de germinación) /100. La mayor cifra que se puede obtener es de 100 y tanto mejor será la semilla cuanto más se acerque a dicho número.

## **2.4 Ventajas de los cultivos hidropónicos**

El Manual técnico de forraje verde hidropónico de la FAO, (2001), refiere las siguientes ventajas:

**Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro 2) Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12 % a 18 %. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Cuadro 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo

<b>ESPECIE</b>	<b>Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)</b>
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: Carámbula y Terra (2000).



- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.
- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el FVH (3.2 Mcal/kg).
- **Costos de producción.** Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. La ventaja que tiene este sistema de producción

por su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.

TARRILLO (2005), refiere que el forraje hidropónico presenta ventajas en varios aspectos:

1. Es un sistema nuevo para producir forrajes: En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
2. Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero: Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo cual nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
3. Requiere poca Agua: En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.
4. La Producción es constante todo el Año: El Sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas. Por ejemplo, si trabajamos con un invernadero de 480 bandejas en un periodo de crecimiento de 10 días, el primer día

sembraremos 48 bandejas, el segundo día otras 48 y así se proseguirá hasta el día decimo.

5. Desde un punto de vista nutricional: El forraje Hidropónico al alcanzar una altura de 20 a 30 cm es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables. La composición química se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada

ANALISIS		RAICES	TALLOS	HOJAS	TOTAL
Proteína	%	12.19	27.18	35.28	16.02
Grasa	%	5.68	4.55	3.76	5.37
Fibra cruda	%	10.29	26.32	21.50	12.94
ELN	%	69.28	36.78	34.66	62.63
Ceniza	%	2.56	5.17	4.8	3.03
N.D.T	%	84.03	61.29	76.26	80.91

FUENTE: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos Universidad Nacional Agraria La Molina

Las mejoras que obtenemos con el uso de forraje hidropónico en la alimentación animal se dan en: ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, mejor producción de leche con mayor contenido de grasa y solidos totales.

- 6.Reducción de Costos de Alimentación y de Inversiones: Muchos de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero o aun peor no disponen de terreno agrícola, como se da en el caso de criadores de cuyes, se ven obligados a comprar forraje la cual es cada vez una oferta más reducida. El costo del FVH es inferior a un forraje comprado.

ALIAGA, *et al* (2009), indican que el forraje de granos germinados es un alimento de alto rendimiento, cuyo valor nutritivo es alto y que se puede producir durante todo el año. Manifiesta además que en el proceso de germinación, las enzimas se movilizan e invaden el interior de las semillas, por lo que ocurre una disolución de paredes celulares por la acción de aquellas. Posteriormente, se liberarán granos de almidón, los cuales son transformados en azúcares y así empieza dicho proceso. El rendimiento del grano germinado es cinco a seis veces el peso de la semilla en un proceso de producción que dura 15 días en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de semillas. Los granos más utilizados en la producción de grano germinado son trigo, cebada, maíz y avena.

## **2.5 Desventajas de los cultivos hidropónicos**

La FAO (2001) indica que hay una desinformación y sobrevaloración de la tecnología. 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. Asimismo, el costo de instalación elevado es una desventaja que presenta este sistema. Sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileños han optado por la producción de FH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro-túneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

## **2.6 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH**

La FAO (2001), recomienda una densidad de siembra de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja; realizando una cosecha entre los 10 a 15 días de haber sembrado con un rendimiento de 12 a 18 kilos de forraje por cada kilo de semilla.

LÓPEZ (2010), manifiesta que la densidad de siembra para la cebada en cultivo hidropónico es de 20 gr/dm<sup>2</sup> a una profundidad de 2 cm, menciona que los rendimientos son de 9 a 12 kilogramos de FVH por un kilogramo de semilla en condiciones normales. y citando a Falcones, (2000), indica que la especie que se adapta mejor a la producción de FVH es la cebada, que tiene mayor crecimiento (20,6 cm) y mayor rendimiento de materia verde (6,27 kg. / Kg. de semilla), en el menor tiempo necesario para su cosecha. También expresa que la cebada es la especie con la que se produce mejor forraje hidropónico en menor tiempo, tiene menor rendimiento de materia seca que la avena con 0,62 kg frente a 0,91 kg / Kg. de semilla sembrada.

CURAY (2013) evaluó el rendimiento de cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con y sin soluciones hidropónicas A y B en el agua de riego en Lambayeque, utilizando una densidad de siembra de 3 Kg/m<sup>2</sup>, 120 minutos de desinfección con lejía al 0,001 por ciento (1ml de lejía en 1 L de agua) y cosechada a los 15 días, concluyendo que el germinado con agua

pura rindió menos que el tratamiento que recibió agua con solución hidropónica, a excepción de fibra cruda. Presentando la siguiente composición química: Proteína cruda 15,54 y 16,89 por ciento; Extracto Etéreo 4,29 y 4,35 por ciento; Fibra Cruda 11,95 y 12,58 por ciento y Cenizas 2,85 y 3,12 por ciento, respectivamente. Al evaluar el rendimiento en kilogramos por metro cuadrado encontró: PC 0,44 y 0,52 Kg; FC 0,34 y 0,39 Kg; EE 0,12 Kg y 0,134 Kg y Cenizas 0,08 Kg y 0,08 Kg, respectivamente. El rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kilogramo de semilla procesada en promedio fue de 5,73 kg con agua pura y de 6,06 kg con solución hidropónica.

ANDRADE (2010), evaluó cuatro densidades de siembra de cebada: 1 kg/m<sup>2</sup>, 1.5 kg/m<sup>2</sup>, 2.0 kg/m<sup>2</sup> y 2.5, kg/m<sup>2</sup>, y concluyo que el mejor rendimiento se obtuvo con la densidad 2.5 Kg. de semilla de cebada/m<sup>2</sup>, con una tasa de conversión de 5.76 a 1, confirmándose de esta manera una de las grandes ventajas de este forraje.

MIRANDA (2006), manifiesta que se debe cosechar a los 10 días, obteniéndose alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1: 6 aproximadamente.

QUIÑONES (2011), evaluó la producción de germinado hidropónico de cebada y encontró un rendimiento de 4.269 Kg. de germinado hidropónico por kilogramo de semilla de cebada procesada, una composición química

de 14.15% MS y en base seca PC: 13.70%; 17.83% FC; 2.45% de grasa y 4.3% de cenizas. La densidad de siembra utilizada en su estudio fue de 6.0 kg. de semilla por metro cuadrado.

GUEVARA (2013) en Lambayeque evaluó el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/m<sup>2</sup> determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m<sup>2</sup>, obteniendo 0,779 Kg de MS/Kg de semilla procesada y en tal como ofrecido (TCO) logró un rendimiento máximo de 7,22 Kg de GH/Kg de semilla procesada a nivel de máximas, 4,05 Kg de GH/Kg de semilla procesada a nivel de mínimas.

RUESTA (2013) al evaluar el tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla en germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque, concluyó que los mejores resultados se hallaron con hipoclorito de sodio al 0.001 por ciento (1 ml de hipoclorito de sodio en 1 L de agua) con 120 minutos de tiempo, obteniendo un rendimiento de 6.857 Kg de GH/Kg de semilla procesada en base fresca con 17,48 por ciento de Proteína Cruda en base seca

AGUILAR (2014) en Lambayeque implementó cinco tratamientos para determinar el mejor tiempo de oscuridad para la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L) con dos días (T1), tres días (T2), cuatro días (T3), cinco días (T4) y seis días (T5) determinando que el mejor periodo es cinco días, logrando por metro cuadrado un rendimiento

de 1.6 kg de materia seca en base seca, 0,28 kg de proteína cruda; 0,08 kg de extracto etéreo; 0,06 kg de cenizas y un nivel de 0,23 kg de fibra cruda. El rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada fue de 5,36 kg.

QUIÑONEZ (2014) al evaluar la influencia del ciclo lunar en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque determinó que la mejor etapa es luna llena, donde la producción obtenida por metro cuadrado fue 0,30 kg de proteína cruda; 0,08 kg de extracto etéreo; 0,104 kg de cenizas y presentó un nivel de 0,30 kg de fibra cruda por metro cuadrado. El rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada fue de 7.13 kg, en términos de materia seca fue de 0.78 kg de materia seca por kg de semilla procesada.

SINCHIGUANO (2008) en Ecuador, evaluó la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla, determinando 1.7 kg para cebada con 15 días de periodo de producción.

TARRILLO (2005), menciona que para semillas de cebada, trigo y avena se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de FVH por cada kilo de semilla.

CORRALES (2009) indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de germinado hidropónico inducen a confusión, porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso: El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la



densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento “siembra en bandejas” y muchos confunden este término cuando nos queremos referir al peso inicial, por lo que propone llamar peso de semilla “procesada” a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

## **2.7 Diseño experimental**

PADRON (2009), indica que el diseño completamente al azar (DCR) es el diseño más simple y se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas, y la variación entre ellas es muy pequeña, como es el caso de experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros, granjas porcinas, etc. en que las condiciones ambientales son controladas; tal diseño es una prueba con un solo criterio de clasificación.

Las ventajas de este diseño son:

- Es fácil de planear.
- Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones, el límite está dado por el número de unidades experimentales en general.
- No es necesario que el número de tratamientos sea igual al número de repeticiones.
- El número de grados de libertad para el error aumenta por no tener muchas restricciones.

### **III. MATERIAL Y METODOS**

#### **3.1 Lugar de Ejecución y Duración del Experimento**

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque, del 15 al 31 de enero de 2018, los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

#### **3.2 Tratamientos Evaluados**

Se establecieron 5 tratamientos en función de la edad a la cosecha: 6, 8, 10 12 y 14 días.

T1: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 6 días de edad.

T2: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 8 días de edad.

T3: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 10 días de edad.

T4: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 12 días de edad.

T5: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 14 días de edad.

A cada tratamiento se le asignaron 8 repeticiones (bandejas).

#### **3.3 Material y Equipo Experimental**

##### **3.3.1 Materiales**

##### **Semilla de cebada (*Hordeum vulgare*)**

La cebada se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes

resultados: 78 % y 87 % procediendo a comprar 26 kg de semilla que presentó mayor valor cultural.

Para la desinfección de semillas se utilizó lejía (hipoclorito de sodio) a dosis de 1 ml. por litro de agua pura.

### **3.3.2 Instalaciones y Equipo**

- ✓ 2 torres de hidroponía.
- ✓ 40 bandejas plásticas para hidroponía de 33 cm x 45 cm.
- ✓ 02 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 02 baldes de para oreo de semilla.
- ✓ Equipo de riego por aspersión manual
- ✓ 1 Balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.

## **3.4 Metodología Experimental**

### **3.4.1 Diseño de Contrastación de Hipótesis**

El tiempo de cosecha influye en el rendimiento de proteína cruda de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum Vulgare*) en Lambayeque.

Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con igual número de repeticiones (8 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Rendimiento de proteína de la  $j$  – ésima bandeja del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$ : Media general de la respuesta.

$A_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo tiempo de cosecha

$E$ : Error experimental de la  $j$ - ésima bandeja del  $i$ -ésimo tiempo de cosecha.

### 3.4.2 Técnicas Experimentales

#### **Sistema de cultivo hidropónico**

Se emplearon 40 bandejas para el estudio, asignando ocho bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del germinado hidropónico.

- **Etapas de Pre germinación:**

Calculo de cantidad de semilla de cebada necesaria:

- Se calculó el área de bandeja:  $0.33 \text{ m} \times 0.45 \text{ m} = 0.149 \text{ m}^2$ .
- Utilizando la densidad de siembra de  $3.5 \text{ kg /m}^2$ , superior a la densidad de  $3.0 \text{ kg}$  recomendado por Guevara (2012), se calculó la cantidad de semilla limpia por bandeja, obteniendo  $0.52 \text{ kg}$ , luego se multiplicó por 40 bandejas para cinco tratamientos, dando un total de  $20.79 \text{ kg}$  de semilla de cebada “limpia” y considerando un máximo de  $80 \%$  de pureza se compró  $26 \text{ kg}$  de semilla de cebada en peso bruto. Luego se siguió el siguiente procedimiento:

- Escogido de granos partidos paja y otras impurezas para obtener 20.79 kg de semilla escogida para la investigación.
- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
- Desinfección con hipoclorito de sodio al 0.001% (1 ml por litro de agua) durante 2 horas según las recomendaciones de RUESTA (2013).
- Segundo lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Inmediatamente después se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas, por veinticuatro horas utilizando un balde para cada grupo de estudio según densidad.
- Luego del periodo de remojo las semillas se orearon en dos baldes de oreo debidamente tapados por un periodo de 48 horas (dos días).

### **Etapas de Germinación:**

Proceso de siembra de bandeja por tratamiento:

Después del oreo, cuando habían brotado las raíces de la semilla, se procedió a pesar el total de semilla oreada entre 40 bandejas para realizar una siembra homogénea en cada una para cada tratamiento debidamente identificada.

Luego de sembrar las semillas en las bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provistas de mantas de color

negro donde permanecieron por un periodo de 5 días. Diariamente se regaron a las 6.00 am, a las 12.00m, 6.00 pm y 10 pm.

### **Etapas de Producción:**

Después de los 5 días de periodo de germinación u oscuridad, se procedió a retirar la manta negra dando inicio a la etapa de producción donde permanecieron hasta su periodo de cosecha según tratamiento. En esta etapa, se continuó con el programa de riego de 4 veces al día con micro aspersor con agua pura.

### **Cosecha**

Se realizó según la edad establecida para cada tratamiento, en cada uno se procedió a pesar cada bandeja con el registro respectivo, luego se procedió a extraer de cada una 5 sub muestras obteniendo un total de 40 sub muestras por tratamiento que fueron mezcladas en un recipiente y haciendo uso de la técnica del cuarteo se procedió a tomar 1 kg de muestra compuesta de cada tratamiento para su análisis en laboratorio.

### **3.4.3 Variables Evaluadas**

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).

- Producción de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Cenizas (CEN) por metro cuadrado (TCO).
- Rendimiento de Germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada (TCO).
- Rendimiento de Materia Seca (MS) de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada.

#### **3.4.4 Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCR) con igual número de repeticiones por tratamiento. Se realizó el Análisis de varianza para determinar si había diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. Para analizar cuál del o los tratamientos fueron mejores se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Análisis de producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento

#### 4.1.1 Producción de germinado hidropónico por bandeja (TCO)

A continuación, se presenta la producción en biomasa verde de germinado hidropónico por bandeja de cada tratamiento cosechado según tratamiento. El análisis de varianza demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) presentando el mejor peso las bandejas cosechadas a los 12 días (T4) y 14 días (T5), entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ), pero si diferencia numérica, superando T5 al peso de T4 en 0.56%.

Tabla 1. Peso (Kg) de germinado hidropónico por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) según tratamiento

Bandeja	T1 6 días	T2 8 días	T3 10 días	T4 12 días	T5 14 días
B 1	2.40	2.57	3.25	3.58	3.62
B 2	2.44	2.64	3.32	3.78	3.51
B 3	2.47	2.80	3.09	3.67	3.66
B 4	2.46	2.59	3.19	3.45	3.59
B 5	2.64	2.64	3.40	3.49	3.50
B 6	2.42	2.71	3.35	3.52	3.62
B 7	2.55	2.55	3.21	3.48	3.71
B 8	2.49	2.68	3.12	3.72	3.60
Total/tratamiento	19.86	21.18	25.93	28.67	28.80
Promedio	2.48d	2.65c	3.24b	3.58a	3.60a

#### 4.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de germinado hidropónico de cebada de cada tratamiento en base fresca (TCO) base seca.

Los análisis de composición química del GH de cada tratamiento se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería



Zootecnia después de concluida la fase experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2. Contenido nutricional (%) en base fresca (TCO) y base seca (BS) por tratamiento

	T1	T2	T3	T4	T5
Materia seca (% TCO)	13.15	14.84	11.17	15.22	14.90
PC (% BS)	10.18	11.43	13.65	14.98	14.78
EE (% BS)	2.21	2.29	3.40	3.51	3.46
FC (% BS)	10.42	11.72	12.68	14.17	14.79
CEN (% BS)	2.08	2.29	2.79	2.97	2.85

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

#### 4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

El área de bandeja que se utilizó en el presente estudio fue de 0.149 m,<sup>2</sup> con la información del anexo 8.1 inciso a, se calculó el rendimiento de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca, que se aprecia en la tabla 3. Al aplicar el análisis de varianza (ver anexo 8.2) se hallaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, obteniendo los mejores rendimientos T4 y T5, entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) entre ambos, pero sí hubo diferencias numéricas, donde T5 con 24.23 kg de GH/m<sup>2</sup> superó en 0.45% al rendimiento de T4, superó en 9.57% al rendimiento de T3, que rindió 21.82 kg. Todos estos pesos superaron los 18.64 kg de GH/m<sup>2</sup> reportados por CARRANZA (2017), quien utilizó agua energizada piramidal en el proceso y una densidad de siembra de 3 kg/m,<sup>2</sup> lo cual habría influido en esta desventaja debido a que en el presente estudio se utilizó una densidad de siembra de 3.5 kg/m,<sup>2</sup>.

Tabla 3. Producción de germinado hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	16.13	17.31	21.89	24.07	24.34
B2	16.43	17.78	22.36	25.45	23.64
B3	16.63	18.82	20.81	24.68	24.65
B4	16.59	17.44	21.48	23.20	24.18
B5	17.78	17.78	22.90	23.50	23.54
B6	16.30	18.25	22.56	23.70	24.38
B7	17.17	17.17	21.62	23.43	24.98
B8	16.73	18.05	20.98	25.02	24.23
Total/tratamiento	133.76	142.59	174.58	193.06	193.93
Promedio	16.72d	17.82c	21.82b	24.13a	24.24a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ )

#### 4.1.4 Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Para calcular el aporte de materia seca (MS) por metro cuadrado de cada tratamiento que se aprecia en la tabla 4, se utilizó la información de aporte de materia seca de cada tratamiento (tabla 2) e información de la tabla 3. Al aplicar el análisis de varianza (anexo 8.3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), obteniendo los mejores rendimientos T4 y T5, entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ), pero si diferencias numéricas, donde el rendimiento de la cosecha a 12 días (T4) con 3.67 kg MS/m<sup>2</sup>, superó en 1.63% al rendimiento de T5. Ambos superaron los 3.29 kg de MS logrados por Carranza (2017), quien utilizó 3 kg de GH/m<sup>2</sup> y utilizó agua energizada piramidal en el agua de riego. En tercer lugar, se ubicó el rendimiento del GH cosechado a los 8 días (T2),

Co

2.65 kg MS/m<sup>2</sup>,

Tabla 4. Producción de materia seca de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	2.12	2.57	2.44	3.66	3.63
B2	2.16	2.64	2.50	3.87	3.52
B3	2.19	2.79	2.32	3.76	3.67
B4	2.18	2.59	2.40	3.53	3.60
B5	2.34	2.64	2.56	3.58	3.51
B6	2.14	2.71	2.52	3.61	3.63
B7	2.26	2.55	2.41	3.57	3.72
B8	2.20	2.68	2.34	3.81	3.61
Total/tratamiento	17.59	21.16	19.50	29.38	28.89
Promedio	2.20d	2.65b	2.44c	3.67a	3.61a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.1.5 Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de proteína cruda (PC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional de la tabla 2 y la producción de MS/m<sup>2</sup> de cada tratamiento (tabla 4), y al aplicar el análisis de varianza (anexo 8.4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), encontrándose los mejores rendimientos cosechando a los 12 días (T4) con 0.55 kg de PC/m<sup>2</sup>, superando en 3.64% al rendimiento del GH cosechado a los 14 días que obtuvo 0.53 kg PC/m<sup>2</sup>. Ambos rindieron por encima de los 0.46 kg de PC logrados por CARRANZA (2017), quien utilizó una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechando a los 15 días de edad y utilizando agua energizada piramidal en el agua de riego, así como a los 0.44 kg/m<sup>2</sup> reportados por CURAY (2013), quien utilizó una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> utilizando

solución hidropónica en el agua de riego y también a los 0.47 kg PC/m<sup>2</sup> logrados por RUESTA (2013) quien recomendó la dosis de 1ml por litro de agua durante dos horas con hipoclorito de sodio en el proceso de desinfección utilizando una densidad de siembra de 3kg/m<sup>2</sup> y cosechado a los 15 días. El rendimiento de T4 superó en 40% al del GH cosechado a los 10 días (T3) que rindió 0.33 kg PC/m<sup>2</sup> y éste superó en 9.09% al rendimiento de T2 cosechado a los 10 días con 0.30 kg PC/m<sup>2</sup> similar a los 0.3 kg reportados por QUIÑONEZ (2014) utilizando una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> y sembrando en luna nueva. El menor rendimiento de PC lo presentó el GH de cebada cosechado a los 6 días de edad, evidenciando que cosechar a esta edad aun no hay la formación de proteína cruda suficiente para realizar la cosecha.

Tabla 5. Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0.22	0.29	0.33	0.55	0.54
B2	0.22	0.30	0.34	0.58	0.52
B3	0.22	0.32	0.32	0.56	0.54
B4	0.22	0.30	0.33	0.53	0.53
B5	0.24	0.30	0.35	0.54	0.52
B6	0.22	0.31	0.34	0.54	0.54
B7	0.23	0.29	0.33	0.53	0.55
B8	0.22	0.31	0.32	0.57	0.53
Total/tratamiento	1.79	2.42	2.66	4.40	4.27
Promedio	0.22e	0.30d	0.33c	0.55a	0.53b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.1.6 Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional de la tabla 2 y la producción de

MS de cada tratamiento (tabla 4). Al realizar el análisis de varianza (anexo 8.5) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos; el mejor rendimiento de EE/m<sup>2</sup> se logró con el GH cosechado a los 12 días, (T4) con 0.13 kg, similar al rendimiento de 0.13 kg EE/m<sup>2</sup> hallado por CURAY (2013).y superó en 7.69 % al rendimiento del GH cosechado a los 14 días (T5) con 0.12 kg EE/m<sup>2</sup>, superando al rendimiento de 0.11 kg EE/m<sup>2</sup> logrado por AGUILAR (2014) y QUIÑONEZ (2014), que reportaron un rendimiento de 0.08 kg de EE/m<sup>2</sup> quienes utilizaron una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 15 días y su rendimiento fue similar al logrado con el GH cosechado a los 10 días (T3) de este estudio.

Tabla 6. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0.05	0.06	0.08	0.13	0.13
B2	0.05	0.06	0.08	0.14	0.12
B3	0.05	0.06	0.08	0.13	0.13
B4	0.05	0.06	0.08	0.12	0.12
B5	0.05	0.06	0.09	0.13	0.12
B6	0.05	0.06	0.09	0.13	0.13
B7	0.05	0.06	0.08	0.13	0.13
B8	0.05	0.06	0.08	0.13	0.12
Total/tratamiento	0.39	0.48	0.66	1.03	1.00
Promedio	0.05e	0.06d	0.08c	0.13a	0.12b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de fibra cruda (FC) por metro cuadrado que se aprecia en la tabla 7, se utilizó la información de aporte nutricional de la

tabla 2 y la producción de MS de cada tratamiento (tabla 4). Al realizar el análisis de varianza (anexo 8.6) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos. El mayor rendimiento lo presentó el GH cosechado a los 14 días (T5) con 0.53 kg FC/m<sup>2</sup> superando a 0.45 kg logrados por CARRANZA (2015), quien utilizó agua piramidal como agua de riego con una densidad de siembra cosechado a los 15 días y a los 0.06 kg de FC/m<sup>2</sup> reportados por AGUILAR (2014) y de QUIÑONEZ (2014), 0.104 kg FC/m<sup>2</sup>, utilizando ambos una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> y cosechados a los 15 días de edad.

Tabla 7. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0.22	0.30	0.31	0.52	0.54
B2	0.23	0.31	0.32	0.55	0.52
B3	0.23	0.33	0.29	0.53	0.54
B4	0.23	0.30	0.30	0.50	0.53
B5	0.24	0.31	0.32	0.51	0.52
B6	0.22	0.32	0.32	0.51	0.54
B7	0.24	0.30	0.31	0.51	0.55
B8	0.23	0.31	0.30	0.54	0.53
Total/tratamiento	1.83	2.48	2.47	4.16	4.27
Promedio	0.23d	0.31c	0.31c	0.52b	0.53a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.1.8 Producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de cenizas (CEN) por metro cuadrado que se aprecia en la tabla 8, se utilizó la información de aporte nutricional de la tabla 2 y la producción de MS de cada tratamiento (tabla 4). Al aplicar el análisis de varianza (anexo 8.7) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) presentando el mayor contenido

el GH cosechado a los 12 días (T4) con 0.11 kg de CEN/m<sup>2</sup>, valor inferior a los 0.127 kg Cen/m<sup>2</sup>, logrados por Carranza (2017), que utilizó agua energizada piramidal como agua de riego, con una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup>, cosechado a los 15 días pero superó en 9.09% al rendimiento del GH cosechado en 14 días (T5) con 0.1 kg valor superior al valor hallado por AGUILAR (2014) de 0.06 kg CEN/m<sup>2</sup>, y al reportado por CURAY (2013) de 0.08 kg CEN/m<sup>2</sup> quien utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego ambos utilizaron una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechando a los 15 días de edad.

Tabla 8. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0.04	0.06	0.07	0.11	0.10
B2	0.05	0.06	0.07	0.12	0.10
B3	0.05	0.06	0.06	0.11	0.10
B4	0.05	0.06	0.07	0.10	0.10
B5	0.05	0.06	0.07	0.11	0.10
B6	0.04	0.06	0.07	0.11	0.10
B7	0.05	0.06	0.07	0.11	0.11
B8	0.05	0.06	0.07	0.11	0.10
Total/tratamiento	0.37	0.48	0.54	0.87	0.82
Promedio	0.05e	0.06d	0.07c	0.11a	0.10b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.2 Análisis de productividad de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento

La productividad expresada en el rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en rendimiento de germinado hidropónico y en kg de

materia seca por kg de semilla procesada. Los dos métodos se expresan en base fresca (TCO)

#### **4.2.1 Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)**

Basados en la información de la tabla 1, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO), obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 9. Al realizar el análisis de varianza (anexo 8.8) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), obteniendo el mejor rendimiento el GH cosechado a los 14 días (T5), con 6.93 kg y el cosechado a los 12 días (T4) con 6.90 kg, entre los cuales no hubo diferencia estadística ( $p > 0.05$ ), pero ubicándose por debajo de los 7.13 kg hallados por QUIÑONEZ (2014) y de GUEVARA (2013) quien reportó 7.22 kg de GH/Kg de semilla procesada así como los 7.79 kg obtenidos por CARRANZA (2017), quienes utilizaron una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 15 días de edad. En tercer lugar con 6.23 kg de GH/kg de semilla se ubicó el rendimiento del GH cosechado a los 10 días (T3) superando al rendimiento hallado por AGUILAR (2014) de 5.36 Kg GH/kg de semilla procesada. Los mejores rendimientos de este estudio se hallaron dentro del rango establecido por TARRILLO (2005) de 6 a 8 kg de GH por kg de semilla procesada, pero por debajo de los 10 a 12 kg referidos por la FAO (2001).



Tabla 9. Rendimiento de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B 1	4.61	4.94	6.25	6.88	6.96
B 2	4.69	5.08	6.39	7.27	6.75
B 3	4.75	5.38	5.95	7.05	7.04
B 4	4.74	4.98	6.14	6.63	6.91
B 5	5.08	5.08	6.54	6.71	6.72
B 6	4.66	5.21	6.45	6.77	6.96
B 7	4.91	4.91	6.18	6.70	7.14
B 8	4.78	5.16	5.99	7.15	6.92
Total/tratamiento	38.22	40.74	49.88	55.16	55.41
Promedio	4.78d	5.09c	6.23b	6.90a	6.93a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

#### 4.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por kg de semilla procesada

Considerando el rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 9 y el contenido de MS por tratamiento visto en la tabla 2, se calculó el rendimiento de MS por tratamiento presentado en la tabla 10. Al realizar el análisis de varianza (anexo 8.9) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, obteniendo los mejores resultados con el GH cosechado a los 12 días (T4) con 1.05 kg y 14 días (T5) con 1.03 kg de MS/m<sup>2</sup> entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) y una mínima diferencia numérica de 20 gramos por kg de peso en materia seca. Todos los tratamientos de este estudio rindieron menos que el reporte de 1.19 kg MS/m<sup>2</sup> obtenidos por CARRANZA (2017) cosechando a los 15 días, regando con agua energizada piramidal y debajo de los 1.7 kg MS/m<sup>2</sup>, logrados por

SINCHIGUANO (2008) en Ecuador utilizando 17 días en proceso de producción. Pero todos superaron el rendimiento reportado por LÓPEZ (2010) de 0.62 kg y de QUIÑONEZ (2014) con 0.78 kg.

Tabla 10. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5
B 1	0.61	0.73	0.70	1.05	1.04
B 2	0.62	0.75	0.71	1.11	1.01
B 3	0.63	0.80	0.66	1.07	1.05
B 4	0.62	0.74	0.69	1.01	1.03
B 5	0.67	0.75	0.73	1.02	1.00
B 6	0.61	0.77	0.72	1.03	1.04
B 7	0.65	0.73	0.69	1.02	1.06
B 8	0.63	0.77	0.67	1.09	1.03
Total/tratamiento	5.03	6.05	5.57	8.39	8.25
Promedio	0.63d	0.76b	0.70c	1.05a	1.03a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 4.3 Consumo de agua

En la etapa de pre germinación para toda la semilla se utilizó 18 litros de agua para el primer lavado de polvo e impurezas, en la etapa de desinfección se utilizaron 20 litros de agua y para el segundo lavado se necesitaron 18 litros de agua, realizando dos enjuagues para eliminar el hipoclorito de sodio de las semillas.

A partir de la etapa de germinación o cámara oscura el gasto de agua por tratamiento fue de 2 litros por día distribuidos en cuatro riegos diarios: 6.0 am; 12.0 m; 6.0 pm y 12.0 pm. La duración en esta etapa fue de 3 días para T1 debido a la cosecha a los 6 días de edad y 5 días para los demás tratamientos. Al término de esta etapa se

cosecharon las bandejas de T2 por tener 8 días de edad por lo que entraron al periodo de producción que se inició desde el día 6 hasta el día 14, donde se continuó con el mismo programa de riego pero la cantidad de agua diaria se incrementó a 3 litros por tratamiento. Las bandejas de T3 permanecieron en esta etapa 2 días (10 días de edad), las de T4 permanecieron 4 días (12 días de edad) y las de T5 permanecieron 6 días (14 días de edad)

#### **4.4 Evaluación económica**

##### **4.4.1 Costo de producción por kilogramo de materia seca de semilla de cebada**

Los costos considerados para el presente estudio fueron semilla de cebada S/.1.10 por kilo; agua S/.0.05 por litro; lejía S/.1.90/litro; Hora hombre: S/. 3.79 por hora y las instalaciones y equipos se valoraron como 5% del costo total por concepto de depreciación.

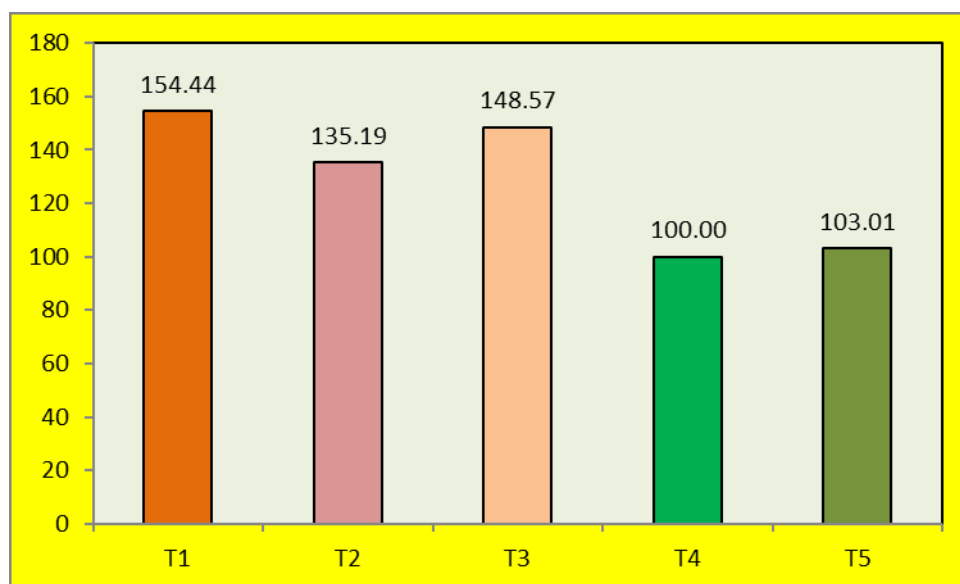
Los costos por kg de Germinado Hidropónico se obtuvieron dividiendo el costo total en base fresca (TCO), cuya estructura se aprecia en el anexo 8.10, entre el rendimiento de cada tratamiento a la cosecha. En los costos de producción presentados en la tabla 11 se aprecia que los mejores precios por kg en base fresca (TCO) y kg de materia seca se lograron cosechando a los doce días de edad (T4), al realizar la evaluación comparativa porcentual tomando como base a este tratamiento vemos que la cosecha a los 14 días fue 3.01% más cara y la cosecha a edades tempranas como 6 y 8

días fueron los más ineficientes, ya que fueron 54.4% y 35.19 % más caros que T4, a pesar que tuvieron menos costo en la etapa de producción y haber sido cosechados en menor tiempo.

Tabla 11. Costos de producción de un kg de GH (TCO) y MS /kg de cebada procesada (%)

Tratamientos	Costo/kg TCO (S/.)	Costo/kg MS (S/.)
T1	1.39	10.27
T2	1.38	8.99
T3	1.15	9.88
T4	1.05	6.65
T5	1.06	6.85

Grafico 1. Comparativo porcentual de costo de kg de materia seca de GH de cebada con diferente época (%)



## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- La época de cosecha influye en la concentración nutricional de proteína cruda y productividad del Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque, lográndose los mejores resultados cosechando a los 12 días de edad.
- El mejor costo de producción de kg de GH en base fresca (TCO) y kg de MS de GH de cebada se obtuvo cosechando a los 12 días de edad (T4) siendo 3.01% más barato que la cosecha a 14 días de edad.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Evaluar densidades de siembra de maíz cosechando a los 12 días de edad.

## VI RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce, del Distrito y Provincia Lambayeque, del 16 al 31 de Enero de 2018, tuvo como objetivos a) Determinar el tiempo de cosecha de Germinado Hidropónico (GH) de cebada sembrada con una densidad de  $3.5 \text{ kg/m}^2$  para optimizar el rendimiento de proteína cruda en su composición; b) Determinar el valor nutricional del GH de cebada cosechada a diferente edad; c) Determinar el rendimiento de biomasa producido por cada kilogramo de semilla procesada de cebada y e) Determinar el costo de producción por kg de materia seca de GH de los tratamientos evaluados. Para ello se establecieron 5 tratamientos en función de la edad a la cosecha: T1: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 6 días de edad; T2: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 8 días de edad; T3: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 10 días de edad; T4: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 12 días de edad y T5: Germinado hidropónico de cebada cosechado a los 14 días de edad. A cada tratamiento se le asignaron 8 repeticiones (bandejas). El mayor rendimiento nutricional de Proteína Cruda, Extracto etéreo, Fibra Cruda y Cenizas, así como los menores costos de producción se lograron cosechando a los 12 días de edad.

## VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGUILAR, M. 2014. Influencia del periodo de oscuridad en el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 76 p.
- ALIAGA, L., MONCAYO; RICO., CAICEDO, A. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.
- ANDRADE, D., CASANOVA,D. 2010. Evaluación de tres densidades de siembra, días al corte e intensidades lumínicas en forraje verde hidropónico (FVH) de cebada (*Hordeum vulgare*) en la granja experimental ECCA. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Ibarra. 137 p.
- CARRANZA, S. 2017. densidad de siembra y riego con agua energizada piramidal y agua destilada en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 65 p.
- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- CURAY, I. 2013. Cultivo Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) con y sin solución hidropónica en el agua de riego. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 67 p.

- CHAUCA, L; ZALDIVAR, M; MUSCARI, J; HIGAONNA, R; GAMARRA, J; FLORIAN, A. 1994. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes. Tomo II. Instituto de Investigación Agraria INIA, Lima – Perú. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo CIID, Canadá.
- EDICIONES CULTURALES VER. 1992. Cultivos Hidropónicos. Industria Agroquímica, S.A., fascículo 9, Bogotá, Colombia. 152 p.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.
- GUEVARA, S. 2013. Rendimiento de germinado hidropónico (G.H.) de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en seis niveles de densidad de siembra. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 67 p.
- LOPEZ, E. (2010), Hidroponía. En línea s/f. Recuperado el 11 febrero de 2018 de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPITULO%20II.pdf>
- MIRANDA, I. 2006. Fertilizantes foliares en cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*). Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 49 p.
- PADRON, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.



- QUIÑONEZ, P. 2014. Influencia del ciclo lunar en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. 56 p.
- REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 48 p.
- RUESTA, I. 2013. Tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque. Tesis ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. 105 p.
- SIAN, SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA. 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea. Recuperado el 15 de febrero de 2018 de <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>
- SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. (en línea). Tesis (Ing. Zoot). Riobamba, EC, Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. 108 p. Recuperado el 21 de enero de 2018 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.

## VIII. APENDICE

### 8.1 Análisis de varianza de Germinado Hidropónico por bandeja (Kg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GH/band (Kg)	40	0.97	0.96	3.24

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.76	11	0.80	78.49	<0.0001
Bandeja	0.03	7	4.4E-03	0.43	0.8735
Tratamiento	8.73	4	2.18	215.08	<0.0001
Error	0.28	28	0.01		
Total	9.05	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0101 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	3.14	5	0.05	A
B2	3.14	5	0.05	A
B5	3.13	5	0.05	A
B6	3.12	5	0.05	A
B8	3.12	5	0.05	A
B7	3.10	5	0.05	A
B1	3.08	5	0.05	A
B4	3.06	5	0.05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0101 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T5	3.60	8	0.04	A
T4	3.59	8	0.04	A
T3	3.24	8	0.04	B
T2	2.65	8	0.04	C
T1	2.48	8	0.04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.2 Análisis de varianza de Germinado Hidropónico por metro cuadrado

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GH/M2 (TCO)	40	0.97	0.96	3.24

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	396.44	11	36.04	78.14	<0.0001
Bandeja	1.39	7	0.20	0.43	0.8746
Tratamiento	395.05	4	98.76	214.14	<0.0001
Error	12.91	28	0.46		
Total	409.35	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.4612 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B2	21.13	5	0.30	A
B3	21.12	5	0.30	A
B5	21.10	5	0.30	A
B6	21.04	5	0.30	A
B8	21.00	5	0.30	A
B7	20.88	5	0.30	A
B1	20.75	5	0.30	A
B4	20.58	5	0.30	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.4612 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T5	24.24	8	0.24	A		
T4	24.13	8	0.24	A		
T3	21.82	8	0.24		B	
T2	17.82	8	0.24			C
T1	16.72	8	0.24			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**8.3 Análisis de varianza de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS/m <sup>2</sup> (TCO)	40	0.98	0.98	3.21

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.00	11	1.36	155.75	<0.0001
Bandeja	0.03	7	4.2E-03	0.48	0.8426
Tratamiento	14.97	4	3.74	427.48	<0.0001
Error	0.25	28	0.01		
Total	15.24	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0088 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	2.95	5	0.04	A
B2	2.94	5	0.04	A
B8	2.93	5	0.04	A
B5	2.92	5	0.04	A
B6	2.92	5	0.04	A
B7	2.90	5	0.04	A
B1	2.88	5	0.04	A
B4	2.86	5	0.04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0088 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	3.67	8	0.03	A
T5	3.61	8	0.03	A
T2	2.65	8	0.03	B
T3	2.44	8	0.03	C
T1	2.20	8	0.03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.4 Análisis de varianza de Proteína Cruda por metro cuadrado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PC/m2 (TCO)	40	0.99	0.99	3.29

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.68	11	0.06	376.69	<0.0001
Bandeja	5.2E-04	7	7.5E-05	0.46	0.8564
Tratamiento	0.68	4	0.17	1035.10	<0.0001
Error	4.6E-03	28	1.6E-04		
Total	0.68	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0002 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	0.39	5	0.01	A
B2	0.39	5	0.01	A
B8	0.39	5	0.01	A
B6	0.39	5	0.01	A
B5	0.39	5	0.01	A
B7	0.39	5	0.01	A
B1	0.39	5	0.01	A
B4	0.38	5	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0002 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	0.55	8	4.5E-03	A
T5	0.53	8	4.5E-03	B
T3	0.33	8	4.5E-03	C
T2	0.30	8	4.5E-03	D
T1	0.22	8	4.5E-03	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.5 Análisis de varianza de Extracto Etéreo metro cuadrado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EE/m2 (TCO)	40	0.99	0.99	3.35

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.04	11	3.9E-03	437.84	<0.0001
Bandeja	2.6E-05	7	3.7E-06	0.42	0.8815
Tratamiento	0.04	4	0.01	1203.31	<0.0001
Error	2.5E-04	28	8.9E-06		
Total	0.04	39			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B2	0.09	5	1.3E-03	A
B3	0.09	5	1.3E-03	A
B8	0.09	5	1.3E-03	A
B6	0.09	5	1.3E-03	A
B5	0.09	5	1.3E-03	A
B7	0.09	5	1.3E-03	A
B1	0.09	5	1.3E-03	A
B4	0.09	5	1.3E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.				
T4	0.13	8	1.1E-03	A			
T5	0.12	8	1.1E-03		B		
T3	0.08	8	1.1E-03			C	
T2	0.06	8	1.1E-03				D
T1	0.05	8	1.1E-03				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.6 Análisis de varianza de Fibra Cruda por metro cuadrado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FC/m2 (TCO)	40	0.99	0.99	3.25

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.61	11	0.06	362.29	<0.0001
Bandeja	4.9E-04	7	7.1E-05	0.46	0.8533
Tratamiento	0.61	4	0.15	995.48	<0.0001
Error	4.3E-03	28	1.5E-04		
Total	0.61	39			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0002 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	0.39	5	0.01	A
B2	0.38	5	0.01	A
B8	0.38	5	0.01	A
B6	0.38	5	0.01	A
B5	0.38	5	0.01	A
B7	0.38	5	0.01	A
B1	0.38	5	0.01	A
B4	0.37	5	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0002 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T5	0.53	8	4.4E-03	A
T4	0.52	8	4.4E-03	B
T2	0.31	8	4.4E-03	C
T3	0.31	8	4.4E-03	C
T1	0.23	8	4.4E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.7 Análisis de varianza de Cenizas por metro cuadrado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CEN/m2 (TCO)	40	0.99	0.99	3.30

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	11	2.2E-03	338.26	<0.0001
Bandeja	2.1E-05	7	3.0E-06	0.46	0.8562
Tratamiento	0.02	4	0.01	929.42	<0.0001
Error	1.8E-04	28	6.5E-06		
Total	0.02	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	0.08	5	1.1E-03	A
B2	0.08	5	1.1E-03	A
B8	0.08	5	1.1E-03	A
B6	0.08	5	1.1E-03	A
B5	0.08	5	1.1E-03	A
B7	0.08	5	1.1E-03	A
B1	0.08	5	1.1E-03	A
B4	0.08	5	1.1E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	0.11	8	9.0E-04	A
T5	0.10	8	9.0E-04	B
T3	0.07	8	9.0E-04	C
T2	0.06	8	9.0E-04	D
T1	0.05	8	9.0E-04	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.8 Análisis de varianza de kilogramo de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg GH/Kg semilla	40	0.97	0.96	3.24

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32.36	11	2.94	78.14	<0.0001
Bandeja	0.11	7	0.02	0.43	0.8746
Tratamiento	32.25	4	8.06	214.14	<0.0001
Error	1.05	28	0.04		
Total	33.42	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0376 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B2	6.04	5	0.09	A
B3	6.03	5	0.09	A
B5	6.03	5	0.09	A
B6	6.01	5	0.09	A
B8	6.00	5	0.09	A
B7	5.96	5	0.09	A
B1	5.93	5	0.09	A
B4	5.88	5	0.09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0376 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T5	6.93	8	0.07	A
T4	6.90	8	0.07	A
T3	6.23	8	0.07	B
T2	5.09	8	0.07	C
T1	4.78	8	0.07	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.9 Análisis de varianza de kilogramo de Materia Seca de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg MS/Kg semilla	40	0.98	0.98	3.21

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.22	11	0.11	155.75	<0.0001
Bandeja	2.4E-03	7	3.4E-04	0.48	0.8426
Tratamiento	1.22	4	0.31	427.48	<0.0001
Error	0.02	28	7.1E-04		
Total	1.24	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0007 gl: 28

Bandeja	Medias	n	E.E.	
B3	0.84	5	0.01	A
B2	0.84	5	0.01	A
B8	0.84	5	0.01	A
B5	0.84	5	0.01	A
B6	0.83	5	0.01	A
B7	0.83	5	0.01	A
B1	0.82	5	0.01	A
B4	0.82	5	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0007 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	1.05	8	0.01	A
T5	1.03	8	0.01	A
T2	0.76	8	0.01	B
T3	0.70	8	0.01	C
T1	0.63	8	0.01	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**8.10 Estructura de costos de un kg de GH de cebada (Hordeum vulgare) aplicado a T5.**

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
Cebada	Kg.	4.16	0.80	3.33
Agua	L	11.2	0.05	0.56
Lejía	L	0.0112	1.20	0.013
Mano de obra	Horas	2.50	3.54	8.85
<b>Sub Total</b>				<b>12.75</b>
Agua	L	10.00	0.05	0.50
Mano de obra	Horas	1.00	3.54	3.54
<b>Sub Total</b>				<b>4.04</b>
Agua	L	21	0.05	1.05
Mano de Obra	Horas	3.20	3.54	11.33
<b>Sub Total</b>				<b>12.38</b>

Costo de producción por tratamiento (S/)	29.17
Rendimiento/tratamiento (Kg)	28.80
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	1.01
Costo de depreciación/kg	0.05
Costo Total de 1 Kg. de GH de Cebada	1.06