



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque

TESIS

Presentada como requisito para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR:

**Bach. Vásquez Zevallos Reyner Misael
Asesor. Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.**

Lambayeque — Perú

2020

**“Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de Germinado
Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque ”**

TESIS

Presentada como requisito para optar el título profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA
AUTOR**

Bach. Vásquez Zevallos Reyner Misael

Aprobada por el siguiente jurado:

**Ing. Segundo F. Bernal Rubio
Presidente**

**Ing. Alejandro Flores Paiva
Secretario**

**Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal**

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

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Vásquez Zevallos Reyner Misael, investigador principal, el Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, asesor, del trabajo de investigación: “Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque”, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 2 de enero de 2020.

Vásquez Zevallos Reyner Misael.

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

ACTA DE SUSTENTACION FEDATEADA



00393

0000

Acta de Sustentación de Tesis del Bachiller en Ingeniería Zootecnia Reyner Misael Vásquez Zavallas para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

En la ciudad de Mérida Yucatán, siendo las 11:30 a.m. del día Lunes diecisiete de febrero del año dos mil veinte, en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Yucatanés Pedro Ruiz Gallo se reunieron los señores miembros del jurado de sustentación mediante Resolución N° 050-2019-GF/FEZ de fecha dos de setiembre del dos mil diecinueve: Ing° Segundo Filiberto Benal Rubio (Presidente), Ing° Alejandro Flores Paiva (Secretario), Ing° Benito Bautista Espinoza (Vocal) e Ing° Napoleón Camacho Rodríguez, Dr. (Patrocinador) en comparencia de readir y dictaminar sobre el trabajo de tesis titulado "Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de GERMINADO HIDROPONICO DE CEBADA (MONDARI VULGARE) en isótopo yegua" presentado por el Señor Bachiller en Ingeniería Zootecnia Reyner Misael Vásquez Zavallas, como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista.

Presentado y expuesto el trabajo de tesis, cuya sustentación fue autorizada por Resolución N° 050-2020 FEZ/D de fecha 14 de febrero de 2020, formuladas las preguntas por los miembros del jurado, ordenaron responder por el sustentante y las aclaraciones del Señor Pedro analista; el jurado luego de deliberar, acordó aprobar el trabajo de tesis con el calificativo de Muy Bueno, debiendo consignarse en el informe final las sugerencias de los miembros del jurado durante la sustentación.

Por lo tanto el Señor Bachiller en Ingeniería Zootecnia Reyner Misael Vásquez Zavallas se encuentra apto para recibir el título profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la normatividad vigente.

Ing° Segundo Filiberto Benal Rubio
PRESIDENTE

Ing° ALEJANDRO FLORES PAIVA
SECRETARIO

Ing° Benito Bautista Espinoza
VOCAL

Ing° Napoleón Camacho Rodríguez, Dr.
Patrocinador

VEREDICTO FINAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA

La presente es copia fiel del original a la que me remito en caso necesario

Lambayeque 5 de Mayo del 2020

Ing. Jairo V. Romero Perdomo
FEDATARIO

DEDICATORIA

Mi formación profesional, está dedicada a:

A mis padres, hermanos, abuelos, que sin ellos no hubiera logrado una meta más en vida profesional, gracias por estar a mi lado en esta etapa de mi grado académico, su apoyo moral y entusiasmo que me brindaron para seguir adelante en mis propósitos, por el tiempo que estuvieron, están y estarán conmigo, compartiendo sus experiencias, conocimientos y consejos, para seguir mejorando en la vida.

Gracias a mis docentes, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel. Quienes brindaron dedicación al impartir su cátedra de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida real, gracias por el apoyo brindado.

Gracias a Dios y al Divino Niño del Milagro, por darme la vida, salud y sabiduría, a lo largo del estudio de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme en llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimiento y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito.

CONTENIDO	Página
Resumen/Abstract	10
INTRODUCCION	11
 I. ANALISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	 13
1.1 Tipo y Diseño de Estudio	13
1.2 Lugar y duración	13
1.3 Tratamientos evaluados	13
1.4 Materiales	14
1.5 Instalaciones y equipo	14
1.6 Técnicas experimentales	15
1.7 Variables evaluadas	18
1.8 Evaluación de la información	19
 II. MARCO TEORICO	 21
2.1 Antecedentes Bibliográficos	21
2.2 Forraje en cultivo hidropónico	21
2.3 Calidad del agua	22
2.4 Nutrición mineral en los cultivos hidropónicos	22
2.5 Proceso de producción de forraje verde hidropónico	26
2.6 Ventajas de los cultivos hidropónicos	30
2.7 Desventajas de los cultivos hidropónicos	34
2.8 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH	34
2.9 Diseño Experimental	38
 III. RESULTADOS Y DISCUSION	 40
3.1 Análisis de producción de germinado hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento	40
3.1.1 Producción de germinado hidropónico por bandeja (TCO)	40
3.1.2 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).	41
3.1.3 Producción de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO)	42
3.1.4 Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	43
3.1.5 Producción de proteína cruda (PC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	44
3.1.6 Producción de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	45

3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	46
3.1.8 Producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	47
3.2 Análisis de productividad de germinado hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento	49
3.2.1 Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)	49
3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por kg de semilla procesada	50
3.3 Temperatura y humedad relativa	51
3.3 Evaluación económica	52
IV. CONCLUSIONES	53
V. RECOMENDACIONES	54
VI. BIBLIOGRAFIA CITADA	55
VII. ANEXOS	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza	10
Tabla 2. Fórmula química de las soluciones hidropónicas A y B.	13
Tabla 3. Composición de una solución nutritiva apta para FVH	14
Tabla 4. Elementos minerales esenciales para las plantas	15
Tabla 5. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo	20
Tabla 6. Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada	23
Tabla 7. Peso de germinado hidropónico por bandeja a 15 días de edad (Kg)	30
Tabla 8. Composición química de Germinado Hidropónico por tratamiento (100% MS)	31
Tabla 9. Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	32
Tabla 10. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	33
Tabla 11. Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	35
Tabla 12. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	36
Tabla 13. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	37
Tabla 14. Producción de extracto cenizas (CEN) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	38
Tabla 15. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	40
Tabla 16. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos Los tratamientos.	41
Tabla 17. Costos de producción de kg de Germinado Hidropónico y kg de Materia seca Por tratamiento	42

Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque

Resumen

El estudio se realizó en la provincia de Lambayeque del 10 al 25 de noviembre de 2019 y tuvo como objetivo general: Determinar la interacción óptima entre la dosis de dilución de solución nutritiva y volumen de aplicación por metro cuadrado en la producción de Germinado Hidropónico de cebada y específicos: a) Determinar el mejor rendimiento por metro cuadrado (kg/m²) de las siguientes variables: Germinado hidropónico (GH); materia seca; proteína cruda; fibra cruda; extracto etéreo y cenizas b) Determinar la productividad por kg de semilla de cebada: kg de GH (TCO) y kg de materia seca; c) Determinar el costo de producción de los tratamientos evaluados. Se implementaron 9 tratamientos producto de la interacción de los factores: a) Dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75A y 0.25 B) diluida en diferente cantidad de agua (L) 0; 2 y 4L y) volumen de aplicación por metro cuadrado (L/m²) siendo: T1, T2 y T3 agua potable sin solución nutritiva aplicando 2; 3 y 4 L/m² respectivamente; T4, T5 y T6 fueron dosis de 1 ml de solución nutritiva diluida en 2 litros de agua aplicando 2; 3 y 4 L/m² respectivamente y T7, T8 y T9 fueron dosis de 1 ml de solución nutritiva diluida en 4 litros de agua aplicando 2; 3 y 4 L/m² respectivamente. Se utilizó un DCR con arreglo factorial 3x3 con cinco repeticiones por tratamiento obteniendo mejores rendimientos (Kg/m²) de los factores evaluados, productividad por kg de semilla (GH y MS) y menores costos de producción con la interacción de 1 ml de solución nutritiva (0.75A-0.25B) diluida en 2 litros de agua aplicando 4 litros/m² de superficie.

Palabras clave: Germinado Hidropónico, soluciones nutritivas, superficie

Summary

The study was carried out in the province of Lambayeque from November 10 to 25, 2019 and had as a general objective: To determine the optimal interaction between the dilution dose of nutrient solution and application volume per square meter in the production of Hydroponic Barley Germinate and specific: a) Determine the best performance per square meter (kg / m²) of the following variables: Hydroponic germination (GH); dry material; crude protein; raw fiber; ethereal extract and ashes b) Determine productivity per kg of barley seed: kg of GH (TCO) and kg of dry matter; c) Determine the production cost of the evaluated treatments. 9 treatments were implemented as a result of the interaction of the factors: a) Dose of 1 ml of hydroponic solution (0.75A and 0.25 B) diluted in different amounts of water (L) 0; 2 and 4L y) application volume per square meter (L / m²) being: T1, T2 and T3 drinking water without nutrient solution applying 2; 3 and 4 L / m² respectively; T4, T5 and T6 were doses of 1 ml of nutrient solution diluted in 2 liters of water applying 2; 3 and 4 L / m² respectively and T7, T8 and T9 were doses of 1 ml of nutrient solution diluted in 4 liters of water applying 2; 3 and 4 L / m² respectively. A 3x3 factorial DCR was used with five repetitions per treatment obtaining better yields (Kg / m²) of the evaluated factors, productivity per kg of seed (GH and MS) and lower production costs with the interaction of 1 ml of nutrient solution (0.75A-0.25B) diluted in 2 liters of water applying 4 liters / m² of surface.

Keywords: Hydroponic Germinate, nutritional solutions, surface

INTRODUCCION

La concentración de soluciones nutritivas para Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque ha derivado de soluciones fabricadas para hortalizas con estudio de dosis aproximadas que si bien favorecen la producción no llegan a superar los niveles establecidos por la FAO de 10 kg de GH/kg de semilla de cebada lo cual podría deberse a que no se había considerado la interrelación entre la concentración en un volumen determinado y el área de aplicación dado que normalmente los Germinados hidropónicos para animales se producen en torres verticales donde se utiliza el agua sin considerar el área de aplicación que si se considera en los cultivos convencionales.

Formulación del problema

Se ha formulado la siguiente interrogante: ¿Influye la interacción entre la dosis de dilución de solución nutritiva y volumen de aplicación por metro cuadrado en la producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque?

Hipótesis

La interacción entre la dosis de dilución de solución nutritiva y volumen de aplicación por metro cuadrado si influye en la producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque.

Justificación del estudio

El estudio se justifica porque permitirá medir el efecto de la interacción de dos factores que podrían afectar el rendimiento de Germinado Hidropónico de cebada, lo cual no sería posible si se evalúa cada factor de manera aislada.

Objetivos:

1.1.1. Objetivo general.

Determinar la interacción óptima entre la dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado en la producción de Germinado Hidropónico de cebada en Lambayeque.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Determinar el mejor rendimiento por **metro cuadrado** de las siguientes variables:
 - Producción de Germinado Hidropónico
 - Producción de materia seca.
 - Producción de proteína cruda.
 - Producción de fibra cruda
 - Producción de extracto etéreo
 - Producción de cenizas
- Determinar la mejor productividad por **kg de semilla** de cebada:
 - Producción de Germinado Hidropónico (TCO)
 - Producción de materia seca
- Determinar el **costo de producción** de Germinado Hidropónico de cebada de los tratamientos evaluados.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Tipo y Diseño de Estudio

El Diseño del estudio correspondió al experimental, el cual según Hernández *et al.* (2010) “Es el que se realiza para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y porque lo hacen”.

1.2 Lugar y duración

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocse de Lambayeque del 10 al 25 de noviembre de 2019 y 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.

1.3 Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron producto de la interacción de los niveles de dos factores: A) Dosis de dilución de soluciones hidropónicas (0.75mlA y 0.25mlB) en diferente volumen de agua (L): 0, 2 y 4 y factor B) Volumen de agua por superficie (L/m²) en tres niveles: 2, 3, 4 obteniendo los tratamientos siguientes:

T1= Agua sin soluciones hidropónicas aplicando 2L/m² por día en la etapa de producción.

T2= Agua sin soluciones hidropónicas aplicando 3L/m² por día en la etapa de producción.

T3= Agua sin soluciones hidropónicas aplicando 4L/m² por día en la etapa de producción.

T4= Agua con solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 2 L de agua aplicando 2L/m² por día en la etapa de producción.

T5= Agua con 1 ml de solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 2 L de agua aplicando 3L/m² por día en la etapa de producción.

T6= Agua con 1 ml de solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 2 L de agua aplicando 4L/m² por día en la etapa de producción.

T7= Agua con 1 ml de solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 4 L de agua aplicando 2L/m² por día en la etapa de producción.

T8= Agua con 1 ml de solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 4 L de agua aplicando 3L/m² por día en la etapa de producción.

T9= Agua con 1 ml de solución nutritiva (0.75mlA y 0.25mlB) diluida en 4 L de agua aplicando 4L/m² por día en la etapa de producción.

A cada tratamiento se le asignaron cinco repeticiones

1.4 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 determinar el valor cultural, obteniendo los siguientes resultados: 78 % y 84 %; procediendo a comprar 22.5 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. Para el proceso de remojo y riego durante todo el proceso de germinación y producción se utilizó agua potable para consumo humano. Adicionalmente se utilizó solución hidropónica A y B, adquirida en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

1.5 Instalaciones y equipo:

- ✓ 3 torres de hidroponía.
- ✓ 45 bandejas plásticas para hidroponía de 31 cm x 43 cm.
- ✓ 03 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 03 baldes de para oreo de semilla.

- ✓ 09 Equipos de riego por aspersión manual
- ✓ 1 Balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.

1.6 Técnicas experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 45 bandejas para el estudio, asignando cinco bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del germinado hidropónico.

- Etapas de Pre germinación:
 - Se calculó la cantidad de semilla de cebada necesaria para el proceso, para ello fue necesario primero calcular el área de las bandejas a emplear: $0.43 \text{ m} \times 0.31 \text{ m} = 0.133 \text{ m}^2$.
 - Utilizando la densidad de siembra de 3 kg /m² recomendado por Guevara (2012), se calculó la cantidad de semilla limpia por bandeja obteniendo 0.400 g. Luego se multiplicó por las 45 bandejas en estudio (5 por tratamiento) dando un total de 18 kg de semilla de cebada “limpia” y para garantizar esta cantidad se compró 22.5 kg de semilla de cebada en peso bruto.
 - Escogido de granos partidos, paja y otras impurezas para obtener 18 kg de semilla escogida para la investigación. Esta cantidad se dividió entre tres baldes siendo 6 kg por cada uno para un mejor procesamiento. En cada uno se realizaron las siguientes actividades:
 - Lavado con agua potable para eliminar polvo y otras impurezas.

- Durante 2 horas, se desinfectó con hipoclorito de sodio utilizando 1 ml por litro de agua.
- Para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla, se realizó un segundo lavado o enjuague de la semilla.
- Posteriormente se remojaron las semillas por veinticuatro horas.
- Luego del remojo las semillas fueron oreadas en tres 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 y se dividió entre 45 bandejas para realizar una siembra homogénea en cada bandeja, de cada tratamiento debidamente identificada.
 - Luego de sembrar las semillas en las bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura, donde permanecieron por 5 días. En la primera torre se colocaron las bandejas de los tratamientos T1, T2 y T3, en la segunda torre se colocaron las bandejas de T4, T5 y T6 y en la tercera torre se ubicaron las bandejas de T7, T8 y T9.
 - En esta etapa todos los tratamientos se regaron con agua sin soluciones nutritivas 3 veces al día: 6:00am; 12:00m y 7:00pm.

Etapas de Producción:

- Al sexto día post siembra, se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos iniciando la etapa de producción, donde permanecieron hasta cumplir 15 días de edad desde el inicio del proceso. El área de riego de cada tratamiento estuvo constituido por el área de cada bandeja (0.133 m²) multiplicada por 5 bandejas (repeticiones), por ello para los tratamientos que aplicaron 2 L/m² (T1, T4 y T7) se necesitó 0.27L/bandeja y en total 1.33 Litros/día/tratamiento; para los tratamientos que aplicaron 3 L/m² (T2, T5 y T8) se utilizó 0.4 L/bandeja y en total 2 Litros/día/tratamiento y para los tratamientos que aplicaron 4 L/m² (T3, T6 y T9) se utilizaron 0.53L/bandeja y en total 2.67 Litros/día/tratamiento.
- El agua utilizada para regar los tratamientos fue: agua sin soluciones nutritivas para los tratamientos de T1, T2 y T3; agua con soluciones nutritivas utilizando 0.75 de solución nutritiva A y 0.25 de solución nutritiva B diluidas en 2 litros de agua para los tratamientos T4, T5 y T6 y agua con soluciones nutritivas utilizando 0.75 ml de solución nutritiva A y 0.25ml de solución nutritiva B diluidas en 4 litros de agua para los tratamientos T7, T8 y T9.
- El programa de riego en esta etapa para los tratamientos fue:
- 3 veces al día para los tratamientos que aplicaron 2L/m² (T1, T4 y T7) a las 7.0 am; 2.0 pm y 7.0 pm.
- 4 veces al día para los tratamientos que aplicaron 3L/m² (T2, T5 y T8) a las 7.0 am; 2.0 pm y 6.0 pm y 10.0 pm.

- 5 veces al día para los tratamientos que aplicaron 4 L/m² (T3, T6 y T9) a las 7.0 am; 11.0 pm y 3.0 pm; 7.0 pm y 10.0 pm.
- Todos los riegos se realizaron con un aspersor manual
- Cosecha:
 - A los quince días de edad se cosechó el germinado hidropónico de todos los tratamientos y en cada uno se pesó la producción de cada bandeja con el registro respectivo. Inmediatamente después se procedió a sacar 5 sub muestras de cada bandeja y se depositaban en una bandeja común en donde al final se mezclaban las 35 sub muestras y se sacaba al azar un kg de muestra compuesta de cada tratamiento y se depositaba en una bolsa negra debidamente identificada para ser conducida al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para el análisis de composición química.

1.7 Variables evaluadas

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- A nivel de rendimiento por metro cuadrado de superficie (Kg/m²)
 - Rendimiento de germinado hidropónico fresco (TCO).
 - Rendimiento de materia seca de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO).
 - Rendimiento de Proteína Cruda (PC).
 - Rendimiento de Fibra Cruda (FC).
 - Rendimiento de Extracto Etéreo (EE).
 - Rendimiento de Cenizas (CEN).

- Producción por kilogramo de semilla procesada (Kg de producto/kg de semilla)
 - Producción de germinado hidropónico fresco (TCO).
 - Producción de Materia Seca (MS).
- Costo de producción de los tratamientos evaluados

1.8 Evaluación de la información

Por tratarse de un estudio experimental en el que se consideró la evaluación de nueve tratamientos se procedió a realizar el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

$$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9$$

H_a : Al menos una media difiere del resto

La hipótesis planteada fue la siguiente: La interacción entre la dosis de dilución de soluciones hidropónicas por volumen de agua y el Volumen de agua de riego por metro cuadrado de superficie si influye en el rendimiento de Germinado Hidropónico de cebada en Lambayeque.

Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un Diseño con arreglo factorial 3 x 3 (Dosis de dilución de soluciones hidropónicas por volumen de agua x Volumen de agua aplicada por superficie) con igual número de repeticiones por tratamiento (5 bandejas). El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Efecto de la i-ésima dosis de solución hidropónica, j-ésimo volumen de aplicada de la k esima bandeja.

μ = Media general.

A_i = Efecto de la i-ésima dilución de solución hidropónica por volumen de agua.

B_j = Efecto del j- ésimo volumen de agua aplicado por metro cuadrado de superficie

AB_{ij} = Efecto de la interacción de la i- ésima dilución de solución hidropónica por volumen de agua y j-ésimo volumen de agua por metro cuadrado de superficie

ϵ_{ijk} = Error experimental en la i-ésima dosis de aplicación de solución hidropónica y j-ésimo volumen de agua aplicado por metro cuadrado de superficie de la k-ésima bandeja.

1.8.1 Análisis de varianza.

El análisis de varianza utilizado en el presente estudio fue el siguiente:

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	GL	CM
Tratamientos	$(T-1) = 8$	
Factor A	$(A-1) = 2$	CMA
Factor B	$(B-1) = 2$	CMB
Interacción AxB	$(A-1) \times (B-1) = 4$	CM (AxB)
Error	28	CME
Total	44	CMT

Para la ejecución del ANAVA y prueba de comparación múltiple de Duncan ($p < 0.05$) se utilizó el programa estadístico Infostat Ve 2018.

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Bibliográficos

2.1. 1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, técnicas de cultivo

REGALADO (2009), señala que “El forraje hidropónico (FH) es 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 se recomienda utilizar 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 kilogramos de forraje hidropónico por kilogramo de semilla”.

CHAUCA *et al.* (1994), refieren que “La semilla de 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 tres 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 debe 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%”.

2.3 Calidad de agua

FAO (2001), refiere que “La condición básica del agua para ser usada en sistemas hidropónicos debe ser la 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. El valor del pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7; 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”.

2.4 Nutrición mineral de los cultivos hidropónicos

a. Solución Hidropónica:

REGALADO (2009), menciona que: “La solución hidropónica debe utilizarse para riego a partir del día 4 hasta el día 8, post siembra en bandejas, utilizando sólo la dosis media recomendada de las soluciones nutritivas A y B, equivalente a 1 ml de solución A y 0.5 ml de solución B en un litro de agua. Existen infinidad de fórmulas que alimentan las plantas. Hay fórmulas generales que son aptas para más de un tipo de

plantas y las estáticas que son solo para un tipo de planta. La fórmula comercial está compuesta según la tabla 2:

Tabla 2. Fórmula química de las soluciones hidropónicas A y B.

Solución Concentrada A: (para 5.0 litros de agua, volumen final)	Pesos
Nitrato de potasio	550.0 g
Nitrato de amonio	350.0 g
Superfosfato triple	180.0 g
Solución Concentrada B: (para 2.0 litros de agua, volumen final)	Pesos
Sulfato de magnesio	220.0 g
Quelato de hierro 6% Fe	17.0 g
Solución de Micronutrientes	400 ml

Fuente: Dr. Francisco Regalado Díaz”

SALAS et al. (2007) indican que: “estudiaron el efecto del tipo de fertilización (TF), genotipo (G) y días a la cosecha (DC) sobre el rendimiento y calidad nutrimental de forraje verde hidropónico (FVH). Evaluaron tres TF: orgánica (té de compost), química (solución nutritiva) y sin fertilizar (agua potable) sobre dos genotipos (híbrido y criollo) de maíz forrajero en tres fechas de cosecha (12, 14 y 16 días después de la siembra). Estos factores conformaron un arreglo factorial $3 \times 2 \times 3$ en un diseño completamente al azar, con seis repeticiones. Las variables de respuesta fueron: peso fresco (PF), materia seca (MS), contenido de proteína (PC), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) y grasa. Los resultados obtenidos indicaron que la calidad del FVH se encuentra dentro de los valores recomendados para su uso en alimentación animal. Los factores evaluados tuvieron efecto significativo: TF y DC sobre todas las variables, G sobre PC y FAD. En rendimiento y calidad nutrimental el FVH fertilizado con té de compost fue similar comparado con la fertilización química, excepto para FAD. A los 16 DC el FVH manifestó

efectos positivos sobre rendimiento, MS, FAD y FND. El maíz híbrido superó al criollo en todas las variables evaluadas”.

DOSAL (1987), probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró que: “Los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva y que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 %. En la tabla 3 se aprecia un ejemplo de fórmula de fertilización nitrogenada utilizada en el riego del FVH”.

Tabla 3. Composición de una solución nutritiva apta para FVH

Sal mineral	Cantidad (g)	Elemento que aporta	Aporte en ppm
Nitrato de sodio	355	Nitrógeno	207
Sulfato de potasio	113	Potasio	178
Superfosfato normal	142	Fosforo	83
Sulfato de magnesio	100	Magnesio	71
Sulfato de hierro	4	Hierro	10
----	---	Azufre	90

Fuente: Hidalgo. 1985.

Tabla 4. Elementos minerales esenciales para las plantas

Elementos minerales	Símbolo químico
MACRONUTRIENTES	
Nitrógeno	N
Fósforo	P
Potasio	K
Calcio	Ca
Magnesio	Mg
Azufre	S
MICRONUTRIENTES	
Hierro	Fe
Manganeso	Mn
Zinc	Zn
Boro	B
Cobre	Cu
Molibdeno	Mo
Cloro	Cl

Fuente: Hidalgo. 1985.

CARRASCO (1996) indica que: “El riego con solución nutritiva debe realizarse apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Recordemos que, por cada litro de agua, usamos 1,25 cc de solución concentrada “A” y 0,5 cc de solución concentrada “B”. Recordar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua, para eliminar todo rastro de sales minerales, que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. Se debe recordar también que todas las sales minerales utilizadas para la preparación de la solución nutritiva deben ser de alta solubilidad. El no usar sales minerales de alta solubilidad, nos lleva a la formación de precipitados. Este fenómeno es un factor negativo para nuestro cultivo de FVH dado que a consecuencia de ello, se producen carencias nutricionales de algunos elementos”.

2.5 Proceso de producción de forraje verde hidropónico

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

- “- **Lavado:** El lavado de la semilla consiste en inundar 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 el poder germinativo de la semilla, es decir: romper el estado de latencia en el que se encuentra. Para realizar la pre-germinación, la semilla se humedece durante 24 horas con agua, luego de ello se recoge la semilla húmeda 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), 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 1.5 cm; g) Cuando aparezcan las primeras hojitas, aproximadamente al cuarto día, si se desea se riega con una solución de (5 ml de la solución A y 2 ml de la solución B por cada cuatro litros de agua), hasta el séptimo día, los demás días solo se regará con agua; h) La cosecha debe realizarse a los 10 días, con una altura promedio de forraje de 20 a 25 cm 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 tiene 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, 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 sumergiendo 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 objetivo 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 depósito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua. Además, el depósito 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”.

CURAY (2013) reporta lo indicado por SIAN (Sistema de Información Agrícola Nacional de Venezuela) respecto al valor cultural de la semilla quien dice: “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:

- 1°. Poder germinativo. - Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para hallarlo 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.

- 2°. Coeficiente de pureza. - Es un factor importante y fácil de determinar con la siguiente formula: $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$.
- 3°. Valor cultural. - Se calcula con la siguiente fórmula: $(\text{Coeficiente de pureza} \times \text{coeficiente de germinación}) / 100$. La mayor cifra que se puede obtener es de 100 y mejor será la semilla, cuanto más se acerque a dicho número”.

2.6 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 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.

Tabla 5. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo

ESPECIE	Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)
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 actitud 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:

- “- 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.
- 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.
- 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.
- 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 500 bandejas en un periodo de crecimiento de 10 días, el primer día sembraremos 50 bandejas, el segundo día otras 50 y así se proseguirá hasta el día decimo.
- 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 la siguiente tabla:

Tabla 6. 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.

- 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 GH son trigo, cebada, maíz y avena”.

2.7 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 brasileiros 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”.

2.8 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH

La FAO (2001), recomienda “Utilizar 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/dm² 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 cita a Falcones, J. (2000), indica que la especie que se adapta mejor a la producción de

FVH es la cebada 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/m², 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 %; Extracto Etéreo 4,29 y 4,35%; Fibra Cruda 11,95 y 12,58 % y Cenizas 2,85 y 3,12 % 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 Cen 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”.

ORDOÑEZ (2018) dice que “El objetivo de su estudio fue determinar el efecto de diferentes dosis de soluciones nutritivas A y B en el agua de riego de germinado hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) sobre el valor nutricional y rendimiento del germinado. Trabajó con seis tratamientos: Control - T0: sin solución A y B; T1: 1.00

ml A y 0.50 ml B; T2: 0.50 ml A y 0.125 ml B; T3: 0.75 ml A y 0.25 ml B; T4: 1.25 ml A y 0.75 ml B; T5: 1.50 ml A y 1.00 ml B, todos con seis repeticiones. Los resultados del análisis químico proximal y rendimiento del germinado fueron sometidos a un diseño completamente al azar. Las dosis de soluciones nutritivas influyeron significativamente en la totalidad de las variables evaluadas, siendo T3 quien demostró mejores valores de las variables evaluadas: Rendimiento de materia fresca 23.97 kg/m²; materia seca: 2.82 kg/m²; proteína cruda: 0.39 kg/m²; extracto etéreo: 0.11 kg/m²; fibra cruda 0.41 kg/m²; cenizas: 0.12 kg/m²; rendimiento GH base fresca: 7.5 kg/kg de semilla y rendimiento de materia seca: 0.88 kg/kg de semilla”.

ANDRADE et al. (2010), evaluaron cuatro densidades de siembra de cebada: 1 kg/m², 1.5 kg/m², 2.0 kg/m² y 2.5 kg/m² y concluyeron que: “El mejor rendimiento lo obtuvieron con la densidad 2.5 Kg. de semilla de cebada/m² 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 e indica que: “Encontró un rendimiento de 4.269 Kg. de germinado hidropónico por kilogramo de semilla de cebada procesada y 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 GH de cebada (*Hordeum vulgare*) en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/m² determinando que: “El mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m², 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 y 4,05 Kg de GH/Kg de semilla procesada a nivel de mínimas”.

RUESTA (2013) al evaluar el tiempo de remojo y concentración de cloro y/o lejía en desinfección de semilla en GH 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 GH 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 fresca; y 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 GH en base fresca por kg de semilla procesada fue de 5,36 kg”.

QUÍÑONEZ (2014) al evaluar la influencia del ciclo lunar en la producción de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque determinó que: “La mejor etapa del ciclo lunar 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 GH en base fresca por kg de semilla procesada fue de 7.13 kg y en términos de materia seca fue de 0.78 kg de materia seca por kg de semilla procesada”.

SINCHIGUANO (2008) indica que: “En Ecuador la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla fue 1.7 kg para cebada con 15 días 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”.

2.9 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. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento

3.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)

En la tabla 7 se presenta la producción de Germinado Hidropónico (GH) por bandeja de cada tratamiento cosechado a 15 días de edad. El análisis de varianza (Anexo 1) demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejor peso a la cosecha (TCO) el tratamiento que fue regado con agua conteniendo 1 ml de soluciones nutritivas (0.75A y 0.25 B) diluida en 2 litros de agua aplicando 4L/m² por día en la etapa de producción y los menores pesos lo presentaron los tratamientos que fueron regados con agua sin soluciones hidropónicas con diferentes volúmenes de aplicación por metro cuadrado (T1,T2 y T3) así como las bandejas que fueron regadas con agua conteniendo 1 ml de soluciones nutritivas (0.75A y 0.25 B) diluida en 4 litros de agua aplicando 4L/m² por día en la etapa de producción

Tabla 7. Peso de Germinado Hidropónico por bandeja a 15 días de edad (Kg)

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Bandeja									
B 1	2.20	2.52	2.17	2.60	2.16	2.76	2.31	2.02	2.12
B 2	2.20	2.13	2.62	2.21	2.65	2.71	2.24	2.21	2.26
B 3	2.40	2.33	2.55	2.46	2.66	2.60	2.51	2.69	2.46
B 4	2.04	2.40	2.37	2.08	2.63	2.93	2.18	2.26	2.06
B 5	2.02	2.04	2.29	2.24	2.69	2.57	2.30	2.16	1.82
Total/tratamiento	10.86	11.42	12.00	11.59	12.79	13.57	11.54	11.34	10.72
Promedio	2.17c	2.28bc	2.40bc	2.32bc	2.56ab	2.71a	2.31bc	2.27c	2.14c

3.1.2 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 seca (100% MS).

Los análisis de composición química del Germinado Hidropónico de cada tratamiento se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ing. Zootecnia, después de concluida la fase experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 8.

Tabla 8. Composición química de Germinado Hidropónico por tratamiento (100% MS)

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Materia seca (%)	20.62	20.32	19.98	22.01	19.80	21.01	20.01	19.85	19.72
PC (%)	12.72	12.40	13.36	13.31	13.23	12.71	12.24	11.64	12.22
EE (%)	3.44	4.07	4.13	4.13	4.29	4.40	3.95	3.63	3.50
FC (%)	13.46	12.79	12.84	12.90	13.84	12.56	12.49	12.19	11.82
CEN (%)	3.15	3.06	3.20	3.23	3.54	2.90	2.60	2.92	2.28

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG. 2019

A nivel de materia seca (TCO) el tratamiento que fue regado utilizando una dilución de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml A y 0.25 ml de B) en dos litros de agua y aplicando un volumen de 2 L/m² (T4).

El mayor contenido de Proteína cruda (PC) lo presentó el tratamiento regado con agua potable sin solución hidropónica y aplicando un volumen de 4 L/m² (T3). La mayor concentración de extracto etéreo (EE) lo presentó el tratamiento regado con una dosis de dilución de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml A y 0.25 ml de B) en dos litros de agua y aplicando 4 L/m² (T6). El mayor porcentaje de fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) lo presentó el mismo tratamiento regado con dosis de dilución de 1ml de solución hidropónica (0.75ml A y 0.25 ml de B) en dos litros de agua y aplicando un volumen de 3 L/m² (T5).

3.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

Para calcular la producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado se utilizó el área de bandeja que se utilizó en el presente estudio de 0.133 m² y con la información de la tabla 7, se calculó el rendimiento de GH por metro cuadrado de cada tratamiento, en base fresca que se aprecia en la tabla 9. Al aplicar el análisis de varianza (anexo 1) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p>0.05$) tanto al nivel del factor simple dosis de dilución e interacción de factores; presentando el mayor rendimiento de GH/m² con 20.36 kg la interacción de dosis de dilución de solución hidropónica en 2 litros de agua aplicando 4 L/m² (T6). El menor rendimiento de 16.08 kg de GH/m² se logró utilizando una dilución de 1 ml de solución hidropónica en 4 litros de agua y aplicando un riego de 4L/m² (T9) por día durante la etapa de producción.

Tabla 9. Producción de Germinado Hidropónico fresco (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²
Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	16.50	18.90	16.28	19.50	16.20	20.71	17.33	15.15	15.90
B2	16.50	15.98	19.65	16.58	19.88	20.33	16.80	16.58	16.95
B3	18.00	17.48	19.13	18.45	19.95	19.50	18.83	20.18	18.45
B4	15.30	18.00	17.78	15.60	19.73	21.98	16.35	16.95	15.45
B5	15.12	15.30	17.18	16.80	20.18	19.28	17.25	16.20	13.65
Total/tratamiento	81.43	85.67	90.02	86.95	95.95	101.80	86.57	85.07	80.42
Promedio	16.29c	17.13bc	18.00bc	17.39bc	19.19ab	20.36a	17.31bc	17.01c	16.08c

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

3.1.4 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, se utilizó la información de composición química de materia seca de cada tratamiento de la tabla 7 e información de la tabla 9. Los resultados se aprecian en la tabla 10 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) tanto a nivel del factor simple dosis de dilución de solución hidropónica e interacción de factores obteniendo la mejor producción de 4.28 kg de MS/m² con la interacción utilizando la dilución de soluciones hidropónicas en dos litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T6) superando al rendimiento de 2.82 kg de MS/m² logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua lo cual indica que el Germinado Hidropónico de cebada necesita mayor concentración de minerales para mejorar su rendimiento. El menor rendimiento de 3.17 kg de MS/m² lo presentó la interacción utilizando la dilución de soluciones hidropónicas en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T9).

Tabla 10. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²	2L/m ²	3L/m ²	4L/m ²
Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	3.40	3.84	3.25	4.29	3.21	4.35	3.47	3.01	3.14
B2	3.40	3.25	3.93	3.65	3.94	4.27	3.36	3.29	3.34
B3	3.71	3.55	3.82	4.06	3.95	4.10	3.77	4.01	3.64
B4	3.16	3.66	3.55	3.43	3.91	4.62	3.27	3.37	3.05
B5	3.12	3.11	3.43	3.70	4.00	4.05	3.45	3.22	2.69
Total/tratamiento	16.79	17.41	17.99	19.14	19.00	21.39	17.32	16.89	15.86
Promedio	3.36d	3.48bcd	3.60bcd	3.83b	3.80bc	4.28a	3.46bcd	3.38cd	3.17d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.5 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 composición química de cada tratamiento de la tabla 8 y la producción de MS de cada tratamiento de la tabla 10. Los resultados se aprecian en el la tabla 11 y al realizar el análisis de varianza (anexo 4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y al aplicar la prueba de Duncan el mejor rendimiento de 0.54 kg de proteína cruda (PC)/m² se logró con la interacción utilizando dilución de soluciones hidropónicas en dos litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T6) superando el nivel reportado por Curay (2013) de 0.52 kg en base seca que utilizó solución nutritiva en el agua de riego y al rendimiento de 0.39 kg de PC/m² logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua. Los menores rendimientos de PC/m² lo presentaron las interacciones utilizando la dilución de 1 ml de soluciones hidropónicas (0.75 ml de A y 0.25 ml de B) en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 3L/m² (T8) y la dilución de 1 ml de soluciones hidropónicas en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T9), ambos con 0.39 kg de PC/m². Todos los tratamientos superaron el valor obtenido por Quiñonez (2014) de 0.34 kg y de Aguilar (2014) con 0.28 kg de proteína cruda/m² quienes no utilizaron soluciones hidropónicas en el agua de riego.

Tabla 11. Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m2	3L/m2	4L/m2	2L/m2	3L/m2	4L/m2	2L/m2	3L/m2	4L/m2
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	0.43	0.48	0.43	0.57	0.42	0.55	0.42	0.35	0.38
B2	0.43	0.40	0.52	0.49	0.52	0.54	0.41	0.38	0.41
B3	0.47	0.44	0.51	0.54	0.52	0.52	0.46	0.47	0.44
B4	0.40	0.45	0.47	0.46	0.52	0.59	0.40	0.39	0.37
B5	0.40	0.39	0.46	0.49	0.53	0.51	0.42	0.37	0.33
Total/tratamiento	2.14	2.16	2.40	2.55	2.51	2.72	2.12	1.97	1.94
Promedio	0.43c	0.43c	0.48b	0.51ab	0.50ab	0.54a	0.42c	0.39c	0.39c

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

3.1.6 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 composición química de cada tratamiento de la tabla 8 y la producción de MS de cada tratamiento de la tabla 10. Los resultados se aprecian en el la tabla 12 y al realizar el análisis de varianza (anexo 5) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y al aplicar la prueba de Duncan el mejor rendimiento de 0.19 kg de Extracto etéreo (EE)/m² se logró con la interacción utilizando dilución de soluciones hidropónicas en dos litros de agua y aplicando en el riego 4L/m2 (T6) superando el nivel hallado por Curay (2013) de 0.13 kg de EE/m² y al rendimiento de 0.11 kg de EE/m2 logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua y el menor rendimiento de EE/m2 lo presentó la interacción utilizando la dilución de soluciones hidropónicas en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m2 (T9)

superando el rendimiento de Aguilar (2014) y Quiñonez (2014) que reportaron un rendimiento de 0.08 kg de EE/m² quienes no utilizaron soluciones hidropónicas en el agua de riego.

Tabla 12. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m	3L/m	4L/m2	2L/m2	3L/m2	4L/m2	2L/m2	3L/m2	4L/m2
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	0.12	0.16	0.13	0.18	0.14	0.19	0.14	0.11	0.11
B2	0.12	0.13	0.16	0.15	0.17	0.19	0.13	0.12	0.12
B3	0.13	0.14	0.16	0.17	0.17	0.18	0.15	0.15	0.13
B4	0.11	0.15	0.15	0.14	0.17	0.20	0.13	0.12	0.11
B5	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.14	0.12	0.09
Total/tratamiento	0.58	0.71	0.74	0.79	0.82	0.94	0.68	0.61	0.55
Promedio	0.12e	0.14c	0.15bc	0.16b	0.16b	0.19a	0.14cd	0.12de	0.11e

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.7 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, se utilizó la información de composición química de cada tratamiento de la tabla 8 y la producción de MS de cada tratamiento de la tabla 10. Los resultados se aprecian en el la tabla 13 y al realizar el análisis de varianza (anexo 6) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) tanto en el factor simple dosis de dilución de soluciones hidropónicas e interacción de factores y al aplicar la prueba de Duncan el mayor rendimiento de 0.19 kg de FC /m² se logró con la interacción utilizando la dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en dos litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T6) no logrando superar el rendimiento de 0.44 Kg FC/m² hallado por Curay (2013) que utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego ni al rendimiento de

0.41 kg de FC/m² logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua . El tratamiento con menor producción de 0.37 Kg FC/m² se obtuvo utilizando la dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T9) superando los valores reportados por Aguilar (2014) de 0.06 kg y de Quiñonez (2014) quien reportó 0.104 kg quienes no utilizaron solución hidropónica en el agua de riego.

Tabla 13. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²
Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	0.46	0.49	0.42	0.55	0.44	0.55	0.43	0.37	0.37
B2	0.46	0.42	0.50	0.47	0.54	0.54	0.42	0.40	0.40
B3	0.50	0.45	0.49	0.52	0.55	0.51	0.47	0.49	0.43
B4	0.42	0.47	0.46	0.44	0.54	0.58	0.41	0.41	0.36
B5	0.42	0.40	0.44	0.48	0.55	0.51	0.43	0.39	0.32
Total/tratamiento	2.26	2.23	2.31	2.47	2.63	2.69	2.16	2.06	1.87
Promedio	0.45bc	0.45bc	0.46bc	0.49ab	0.53a	0.54a	0.43c	0.41cd	0.37d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.8 Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de cenizas (CEN) por metro cuadrado, se utilizó la información de composición química de cada tratamiento de la tabla 8 y la producción de MS de cada tratamiento de la tabla 10. Los resultados se aprecian en el la tabla 14 y al realizar el análisis de varianza (anexo 7) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) tanto en los factores simples dosis de dilución de soluciones

hidropónicas en agua y volumen de agua por metro cuadrado de superficie e interacción de factores y al aplicar la prueba de Duncan el mayor rendimiento de 0.13 kg de CEN /m² se logró con la interacción utilizando la dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en dos litros de agua y aplicando en el riego 3L/m² (T5) superando al rendimiento de 0.12 kg de CEN/m² logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua así como al valor reportado por Quiñonez (2014) de 0.10 kg y al rendimiento indicado por Curay (2013) de 0.08 kg quien sí utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego. El tratamiento menos favorecido se logró con la interacción utilizando la dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T9) con 0.07 kg CEN/m² superando al valor hallado por Aguilar (2014) de 0.06 kg quien no utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego.

Tabla 14. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²
Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B1	0.11	0.12	0.10	0.14	0.11	0.13	0.09	0.09	0.07
B2	0.11	0.10	0.13	0.12	0.14	0.12	0.09	0.10	0.08
B3	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.12	0.10	0.12	0.08
B4	0.10	0.11	0.11	0.11	0.14	0.13	0.09	0.10	0.07
B5	0.10	0.10	0.11	0.12	0.14	0.12	0.09	0.09	0.06
Total/tratamiento	0.53	0.53	0.58	0.62	0.67	0.62	0.45	0.49	0.36
Promedio	0.11cd	0.11cd	0.12bc	0.12ab	0.13a	0.12ab	0.09e	0.10de	0.07f

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.2 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)

3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)

Basados en la información de la Tabla 7, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 15. Al realizar el análisis de varianza (anexo 8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) tanto a nivel del factor simple dosis de dilución de solución nutritiva e interacción de factores logrando el mayor rendimiento en kg de GH/kg de semilla con la interacción utilizando la dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en dos litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T6) con 6.79 kg de GH/kg de semilla, valor que se ubica dentro del rango reportado por Tarrillo (2005) de 6 a 8 kg; superando ligeramente al rendimiento logrado por Ruesta (2013) de 6.86 kg de GH/kg de semilla procesada pero ligeramente por debajo del rendimiento de 7.5 kg de GH/kg de semilla logrados por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua, asimismo rindió por debajo del valor hallado por Quiñonez (2014) de 7.13 kg y de Guevara (2013) quien reportó 7.22 kg de GH/ Kg de semilla procesada, quienes no utilizaron soluciones hidropónicas en el agua de riego pero

sembraron con mayor densidad de siembra que en el presente estudio. El rendimiento menos favorecido con 5.36 kg se obtuvo con dosis de 1 ml de solución hidropónica diluida en cuatro litros de agua y aplicando en el riego 4L/m² (T9) similar al rendimiento hallado por Aguilar (2014) con 5.36 Kg.

Tabla 15. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Bandeja	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²	2L/m	3L/m	4L/m ²
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B 1	5.50	6.30	5.43	6.50	5.40	6.90	5.78	5.05	5.30
B 2	5.50	5.33	6.55	5.53	6.63	6.78	5.60	5.53	5.65
B 3	6.00	5.83	6.38	6.15	6.65	6.50	6.28	6.73	6.15
B 4	5.10	6.00	5.93	5.20	6.58	7.33	5.45	5.65	5.15
B 5	5.04	5.10	5.73	5.60	6.73	6.43	5.75	5.40	4.55
Total/tratamiento	27.14	28.56	30.01	28.98	31.98	33.93	28.86	28.36	26.81
Promedio	5.43c	5.71bc	6.00bc	5.80bc	6.40ab	6.79a	5.77bc	5.67c	5.36c

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

3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada

Para obtener el rendimiento en kilogramos de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento, se aplicaron los niveles de materia seca de cada tratamiento, presentados en la tabla 8 a la información de la tabla 15 cuyos resultados se aprecian en la tabla 16 y al realizar el análisis de varianza (anexo 9) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) tanto a nivel del factor simple dosis de dilución de soluciones hidropónicas e interacción de factores, presentando el mayor rendimiento de 1.43 kg MS/kg de semilla con la dosis de dilución de 1 ml de solución hidropónica en 2 L de agua y suministro de 4 litros por metro

cuadrado (T6) superando el rendimiento de 0.88 kg de MS/kg de semilla logrado por Ordoñez (2018) quien utilizó soluciones hidropónicas en dosis de 0.75 ml de A y 0.25 ml de B diluidos en 4 litros de agua reportado por López (2010) de 0.62 kg y por encima del rendimiento de 0.78 kg de MS/kg de semilla reportado por Quiñonez (2014) quien no utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego; pero se halló por debajo del rendimiento logrado por Sinchiguano (2008) de 1.7 kg de MS/kg de semilla en Ecuador utilizando 17 días en proceso de producción.

El tratamiento menos rendidor fue obtenido utilizando la dosis de dilución de 1 ml de solución hidropónica en 4 L de agua y suministro de 4 litros por metro cuadrado (T9) con 1.06 kg de MS/kg de semilla procesada.

Tabla 16. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Bandeja	Agua sin soluciones nutritivas			0.75A-0.25B diluidas en 2L agua			0.75A-0.25B diluidas en 4L agua		
	2L/m	3L/m	4L/m2	2L/m	3L/m	4L/m2	2L/m	3L/m	4L/m2
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
B 1	1.13	1.28	1.08	1.43	1.07	1.45	1.16	1.00	1.05
B 2	1.13	1.08	1.31	1.22	1.31	1.42	1.12	1.10	1.11
B 3	1.24	1.18	1.27	1.35	1.32	1.37	1.26	1.34	1.21
B 4	1.05	1.22	1.18	1.14	1.30	1.54	1.09	1.12	1.02
B 5	1.04	1.04	1.14	1.23	1.33	1.35	1.15	1.07	0.90
Total/tratamiento	5.60	5.80	6.00	6.38	6.33	7.13	5.77	5.63	5.29
Promedio	1.12d	1.16bcd	1.20bcd	1.28b	1.27bc	1.43a	1.15bcd	1.13cd	1.06d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.3 Temperatura y humedad relativa

La temperatura se midió en grados centígrados (°C) y la humedad relativa en porcentaje (%) en la etapa de producción hasta la cosecha, los resultados se aprecian en el anexo 10.

La temperatura promedio de mínimas fue 18.71 ± 0.65 °C y de máximas 21.74 ± 1.33 °C y la humedad relativa promedio de mínimas fue $69.04 \pm 5.33\%$ y de máximas $83.13 \pm 1.2\%$.

3.4 Evaluación económica

3.4.1 Costo de producción

Para calcular los costos de producción de cada tratamiento cuya estructura se aprecia en el anexo 11, el costo por kg de semilla fue S/ 1.50; el litro de agua se valoró en S/ 0.05; el costo de mililitro (ml) de solución hidropónica en S/ 0.04 y el costo de mano de obra fue S/ 3.13 por hora hombre (HH). Los costos de producción de 1 kg de Germinado Hidropónico y de 1 kg de materia seca de GH de cada tratamiento se presentan en la tabla 16 apreciándose que los menores costos se lograron utilizando una dosis de dilución de 1 ml de solución hidropónica (0.75 ml de A y 0.25 ml de B) diluidos en 2 L de agua aplicando 4 litros por metro cuadrado de Germinado Hidropónico producido.

Tabla 17. Costos de producción de kg de Germinado Hidropónico y kg de Materia Seca por tratamiento

Tratamientos	Costo/kg	
	Costo/kg (S/.)	MS (S/.)
T1	0.8	3.68
T2	0.8	3.72
T4	0.78	3.38
T5	0.74	3.53
T6	0.73	3.29
T7	0.78	3.71
T8	0.83	3.98
T9	0.91	4.42

IV. CONCLUSIONES

- La interacción entre la dosis de dilución de solución nutritiva por volumen de agua y volumen de aplicación por metro cuadrado si influye en la producción de GH de cebada validando la hipótesis científica del presente estudio
- Los mejores rendimientos de producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado se lograron utilizando una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicando 4 litros por metro cuadrado (*Hordeum vulgare*) por día durante la etapa de producción: 20.36 kg GH (TCO); 4.28 kg MS; 0.54 kg PC; 0.19 kg EE; 0.54 kg FC y 0.12 kg CEN.
- La mejor productividad por kg de semilla de cebada se logró con la interacción de una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicación de 4 litros por metro cuadrado por día durante la etapa de producción: 6.79 kg de Germinado Hidropónico (TCO) y 1.43 kg de MS cosechados a 15 días de edad.
- El mejor costo de producción de kg de GH de cebada en base fresca (TCO) y kg de MS de GH de cebada lo presentó la interacción de una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicación de 4 litros por metro cuadrado (*Hordeum vulgare*) por día durante la etapa de producción.

V. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la interacción de dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de Germinado Hidropónico en otras gramíneas.

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, R; RICO, E & 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.
- CARRASCO, G. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala. En línea. Recuperado el 16 de setiembre de 2019 de <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/2927>
- 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; ZALDIVAR; MUSCARI; HIGAONNA; GAMARRA & FLORIAN. 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.
- DOSAL, E. 1987. La fertilización en hidroponía. Manual de hidropónica. FAO. 2da. Parte.
- 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.

- 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.
- ORDOÑEZ, E. 2018. Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. Rev Inv Vet Perú 2018; 29(2): 389-395. En línea. Recuperado el 2 de enero de 2019 de <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14477>
- PADRON, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.
- QUINONEZ, 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.
- SALAS et. al. 2007. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318502007.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. En línea. Recuperada el 2 de diciembre de 2019. 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.

ANEXOS

1. ANAVA del peso de germinado hidropónico por bandeja a la cosecha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg/bandeja	45	0.49	0.38	8.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.33	8	0.17	4.33	0.0010
Dosis dilucion	0.73	2	0.37	9.49	0.0005
Litros/m2	0.18	2	0.09	2.40	0.1052
Dosis dilucion*Litros/m2	0.42	4	0.10	2.71	0.0452
Error	1.39	36	0.04		
Total	2.72	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0385 gl: 36

Dosis dilucion	Medias	n	E.E.
2.00	2.53	15	0.05 A
0.00	2.29	15	0.05 B
4.00	2.24	15	0.05 B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0385 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.
4.00	2.42	15	0.05 A
3.00	2.37	15	0.05 A B
2.00	2.27	15	0.05 B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0385 gl: 36

Dosis dilucion	Litros/m2	Medias	n	E.E.		
2.00	4.00	2.71	5	0.09	A	
2.00	3.00	2.56	5	0.09	A	B
0.00	4.00	2.40	5	0.09		B C
2.00	2.00	2.32	5	0.09		B C
4.00	2.00	2.31	5	0.09		B C
0.00	3.00	2.28	5	0.09		B C
4.00	3.00	2.27	5	0.09		C
0.00	2.00	2.17	5	0.09		C
4.00	4.00	2.14	5	0.09		C

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

2. ANAVA producción de GH/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/M2 (TCO)	45	0.49	0.38	8.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	75.01	8	9.38	4.33	0.0010
Dosis dilución	41.13	2	20.56	9.49	0.0005
Litros/m2	10.39	2	5.20	2.40	0.1052
Dosis dilución*Litros/m2	23.50	4	5.87	2.71	0.0452
Error	78.00	36	2.17		
Total	153.01	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 2.1666 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	18.98	15	0.38	A
0.00	17.14	15	0.38	B
4.00	16.80	15	0.38	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 2.1666 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
4.00	18.15	15	0.38	A
3.00	17.78	15	0.38	A B
2.00	17.00	15	0.38	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 2.1666 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.		
2.00	4.00	20.36	5	0.66	A	
2.00	3.00	19.19	5	0.66	A	B
0.00	4.00	18.00	5	0.66		B C
2.00	2.00	17.39	5	0.66		B C
4.00	2.00	17.31	5	0.66		B C
0.00	3.00	17.13	5	0.66		B C
4.00	3.00	17.01	5	0.66		C
0.00	2.00	16.29	5	0.66		C
4.00	4.00	16.08	5	0.66		C

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

3. ANAVA Rendimiento MS/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS/m ²	45	0.58	0.48	8.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.37	8	0.55	6.12	0.0001
Dosis dilución	3.28	2	1.64	18.37	<0.0001
Litros/m ²	0.17	2	0.09	0.96	0.3927
Dosis dilución*Litros/m ²	0.92	4	0.23	2.57	0.0542
Error	3.21	36	0.09		
Total	7.59	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0893 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	3.97	15	0.08	A
0.00	3.48	15	0.08	B
4.00	3.34	15	0.08	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0893 gl: 36

Litros/m ²	Medias	n	E.E.	
4.00	3.68	15	0.08	A
3.00	3.55	15	0.08	A
2.00	3.55	15	0.08	A

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0893 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m ²	Medias	n	E.E.				
2.00	4.00	4.28	5	0.13	A			
2.00	2.00	3.83	5	0.13		B		
2.00	3.00	3.80	5	0.13		B	C	
0.00	4.00	3.60	5	0.13		B	C	D
0.00	3.00	3.48	5	0.13		B	C	D
4.00	2.00	3.46	5	0.13		B	C	D
4.00	3.00	3.38	5	0.13			C	D
0.00	2.00	3.36	5	0.13				D
4.00	4.00	3.17	5	0.13				D

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

4. ANAVA Rendimiento PC/M2 (BS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC/m2	45	0.70	0.64	8.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.12	8	0.02	10.72	<0.0001
Dosis dilución	0.10	2	0.05	36.73	<0.0001
Litros/m2	0.01	2	3.0E-03	2.12	0.1347
Dosis dilución*Litros/m2	0.01	4	2.9E-03	2.01	0.1132
Error	0.05	36	1.4E-03		
Total	0.17	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	0.52	15	0.01	A
0.00	0.45	15	0.01	B
4.00	0.40	15	0.01	C

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
4.00	0.47	15	0.01	A
2.00	0.45	15	0.01	A
3.00	0.44	15	0.01	A

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.	
2.00	4.00	0.54	5	0.02	A
2.00	2.00	0.51	5	0.02	A B
2.00	3.00	0.50	5	0.02	A B
0.00	4.00	0.48	5	0.02	B
0.00	3.00	0.43	5	0.02	C
0.00	2.00	0.43	5	0.02	C
4.00	2.00	0.42	5	0.02	C
4.00	3.00	0.39	5	0.02	C
4.00	4.00	0.39	5	0.02	C

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

5. ANAVA Rendimiento EE/m² (BS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EE/m2	45	0.83	0.80	8.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	8	3.1E-03	22.44	<0.0001
Dosis dilución	0.02	2	0.01	63.33	<0.0001
Litros/m2	1.2E-03	2	5.8E-04	4.22	0.0225
Dosis dilución*Litros/m2	0.01	4	1.5E-03	11.10	<0.0001
Error	5.0E-03	36	1.4E-04		
Total	0.03	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Dosis dilucion	Medias	n	E.E.	
2.00	0.17	15	3.0E-03	A
0.00	0.14	15	3.0E-03	B
4.00	0.12	15	3.0E-03	C

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
4.00	0.15	15	3.0E-03	A
3.00	0.14	15	3.0E-03	A B
2.00	0.14	15	3.0E-03	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.	
2.00	4.00	0.19	5	0.01	A
2.00	3.00	0.16	5	0.01	B
2.00	2.00	0.16	5	0.01	B
0.00	4.00	0.15	5	0.01	B C
0.00	3.00	0.14	5	0.01	C
4.00	2.00	0.14	5	0.01	C D
4.00	3.00	0.12	5	0.01	D E
0.00	2.00	0.12	5	0.01	E
4.00	4.00	0.11	5	0.01	E

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

6. ANAVA rendimiento FC/m² (BS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC/m2	45	0.68	0.61	8.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.11	8	0.01	9.53	<0.0001
Dosis dilución	0.10	2	0.05	33.13	<0.0001
Litros/m2	6.5E-05	2	3.2E-05	0.02	0.9779
Dosis dilución*Litros/m2	0.01	4	3.6E-03	2.48	0.0612
Error	0.05	36	1.4E-03		
Total	0.16	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Dosis dilucion	Medias	n	E.E.	
2.00	0.52	15	0.01	A
0.00	0.45	15	0.01	B
4.00	0.41	15	0.01	C

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
3.00	0.46	15	0.01	A
2.00	0.46	15	0.01	A
4.00	0.46	15	0.01	A

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0014 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.			
2.00	4.00	0.54	5	0.02	A		
2.00	3.00	0.53	5	0.02	A		
2.00	2.00	0.49	5	0.02	A	B	
0.00	4.00	0.46	5	0.02		B	C
0.00	2.00	0.45	5	0.02		B	C
0.00	3.00	0.45	5	0.02		B	C
4.00	2.00	0.43	5	0.02			C
4.00	3.00	0.41	5	0.02			C
4.00	4.00	0.37	5	0.02			D

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

7. ANAVA rendimiento cenizas/m² (BS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CEN/m2	45	0.83	0.80	8.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	8	1.8E-03	22.52	<0.0001
Dosis dilución	0.01	2	0.01	75.06	<0.0001
Litros/m2	6.9E-04	2	3.4E-04	4.22	0.0225
Dosis dilución*Litros/m2	1.8E-03	4	4.4E-04	5.40	0.0016
Error	2.9E-03	36	8.1E-05		
Total	0.02	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	0.13	15	2.3E-03	A
0.00	0.11	15	2.3E-03	B
4.00	0.09	15	2.3E-03	C

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
3.00	0.11	15	2.3E-03	A
2.00	0.11	15	2.3E-03	B
4.00	0.10	15	2.3E-03	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.	
2.00	3.00	0.13	5	4.0E-03	A
2.00	4.00	0.12	5	4.0E-03	A B
2.00	2.00	0.12	5	4.0E-03	A B
0.00	4.00	0.12	5	4.0E-03	B C
0.00	3.00	0.11	5	4.0E-03	C D
0.00	2.00	0.11	5	4.0E-03	C D
4.00	3.00	0.10	5	4.0E-03	D E
4.00	2.00	0.09	5	4.0E-03	E
4.00	4.00	0.07	5	4.0E-03	F

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

8. ANAVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg GH/Kg semilla	45	0.49	0.38	8.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.33	8	1.04	4.33	0.0010
Dosis dilución	4.57	2	2.28	9.49	0.0005
Litros/m2	1.15	2	0.58	2.40	0.1052
Dosis dilución*Litros/m2	2.61	4	0.65	2.71	0.0452
Error	8.67	36	0.24		
Total	17.00	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2407 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	6.33	15	0.13	A
0.00	5.71	15	0.13	B
4.00	5.60	15	0.13	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2407 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
4.00	6.05	15	0.13	A
3.00	5.93	15	0.13	A B
2.00	5.67	15	0.13	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2407 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.	
2.00	4.00	6.79	5	0.22	A
2.00	3.00	6.40	5	0.22	A B
0.00	4.00	6.00	5	0.22	B C
2.00	2.00	5.80	5	0.22	B C
4.00	2.00	5.77	5	0.22	B C
0.00	3.00	5.71	5	0.22	B C
4.00	3.00	5.67	5	0.22	C
0.00	2.00	5.43	5	0.22	C
4.00	4.00	5.36	5	0.22	C

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

9. ANAVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg MS/Kg semilla	45	0.58	0.48	8.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.49	8	0.06	6.12	0.0001
Dosis dilución	0.36	2	0.18	18.37	<0.0001
Litros/m2	0.02	2	0.01	0.96	0.3927
Dosis dilución*Litros/m2	0.10	4	0.03	2.57	0.0542
Error	0.36	36	0.01		
Total	0.84	44			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0099 gl: 36

Dosis dilución	Medias	n	E.E.	
2.00	1.32	15	0.03	A
0.00	1.16	15	0.03	B
4.00	1.11	15	0.03	B

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0099 gl: 36

Litros/m2	Medias	n	E.E.	
4.00	1.23	15	0.03	A
3.00	1.18	15	0.03	A
2.00	1.18	15	0.03	A

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

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0099 gl: 36

Dosis dilución	Litros/m2	Medias	n	E.E.				
2.00	4.00	1.43	5	0.04	A			
2.00	2.00	1.28	5	0.04		B		
2.00	3.00	1.27	5	0.04		B	C	
0.00	4.00	1.20	5	0.04		B	C	D
0.00	3.00	1.16	5	0.04		B	C	D
4.00	2.00	1.15	5	0.04		B	C	D
4.00	3.00	1.13	5	0.04			C	D
0.00	2.00	1.12	5	0.04				D
4.00	4.00	1.06	5	0.04				D

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

10. Temperatura (°C) y humedad relativa (%) en la etapa de producción

Fecha		6am		12m		6pm		10pm	
		min	max	min	max	min	max	min	max
19/11/2019	Tº (°C)	16.8	19.9	17.2	25.7	18.7	25	18	18.9
	Hº (%)	71	88	62	86	62	79	78	83
20/11/2019	Tº (°C)	16.6	18.5	23.3	20.4	18.5	19.3	19.2	20.3
	Hº (%)	82	90	80	85	62	76	65	80
21/11/2019	Tº (°C)	18.1	20.7	20.2	24.5	18.3	22.1	18.3	26.3
	Hº (%)	62	88	60	87	60	71	60	85
22/11/2019	Tº (°C)	19.1	19.7	18.6	25.2	19	22.2	17.1	20.2
	Hº (%)	79	83	80	85	67	72	80	85
23/11/2019	Tº (°C)	17.8	17.9	18.1	22	19.8	20.7	18.1	21.3
	Hº (%)	66	88	77	91	69	76	65	78
24/11/2019	Tº (°C)	18.4	20.7	18.3	24.8	19.8	20.1	18.1	26
	Hº (%)	75	85	68	90	63	83	64	81
25/11/2019	Tº (°C)	19.2	20.6	23.7	20	18.1	24.7	17.5	21.1
	Hº (%)	83	87	69	81	60	72	76	81

11. Estructura de costos de producción de materia seca de GH de T6

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACIÓN (3 días)					
	Cebada	Kg.	2.00	1.50	3.00
	Agua	L	5.00	0.05	0.25
	Lejía	ml	5.00	0.01	0.025
	Mano de obra	Horas	0.70	3.13	2.19
	Sub Total				5.46
GERMINACION (5 días)					
	Agua	L	9.60	0.05	0.48
	Soluciones nutritivas	ml	2.40	0.04	0.10
	Mano de obra	Horas	0.28	3.13	0.86
	Sub Total				1.44
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	22.39	0.05	1.12
	Soluciones nutritivas	ml	5.60	0.04	0.22
	Mano de Obra	Horas	0.33	3	1.00
	Sub Total				2.34

Costo de producción por tratamiento (S/)	9.24
Rendimiento/tratamiento (Kg)	2.85
Costo de 1 Kg de Germinado Hidropónico	3.24
Costo de depreciación/kg	0.05
Costo Total de 1 Kg. de Germinado Hidropónico de cebada	3.29