



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
TESIS

Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR:

Bach. Cornejo Mera Lickenson Ailton

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

(ORCID: 0000-0001-6666-4721)

Lambayeque agosto de 2026

TESIS

Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)

AUTOR:

Bach. Cornejo Mera Lickenson Ailton

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

Aprobada por el siguiente jurado



Ing. Flores Paiva Alejandro, M. Sc.
Presidente



Ing. Bautista Espinoza Benito, M. Sc.
Secretario



Ing. Arriola Vega Allan Joel, M. Sc.
Vocal



Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Patrocinador

Acta de sustentación


60472

Acta de Sustentación de tesis del Señor Bachiller en Ingeniería Zootécnica Lickensm Alton Cernaño, Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

En la ciudad de Lambayeque, Siendo las 8:30 am del día 21 de agosto de 2026, en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Zootécnica de la Universidad del Pacífico, se reunieron los señores miembros del jurado de tesis, designados con Resolución Nº 128-2025- FIZ/2, de fecha 21 de octubre del 2025, Ing. Alejandro Flores Poma MSc. (Presidencia), Benito Bautista Espinoza U. Sc. (Secretaría), Alton José Arias Vega MSc. (Vocal), Napoleón Cordero Rodríguez, Dr. (Asesor), habiéndose aprobado el proyecto de tesis con la Resolución Nº 265-2025 de fecha 11 de mayo del 2026, y se modificó el nombre con Resolución Nº 265-2025- FIZ/2 de fecha 11 de mayo del 2026, El jurado se encargó de dictaminar una vez recibida el trabajo de tesis Titled "EFFECTO DEL NUTRIENTE DE LOS POCOS DEL COMPLEJO TURISMO FIZ- UPR-26 EN LOS INHIBIDORES PRODUCTIVOS Y CATABOLICOS ORGANOCATÁLISIS DE CROMO HIDROTERMO DE CEBADA (Hordeum vulgare)"

Presentado y expuesto el trabajo de tesis, cuya sustentación fue autorizada mediante Resolución Nº 128-2025- FIZ/2 de fecha 21 de agosto del 2026, derivada la pregunta por los miembros del jurado, dando las respuestas por el sustentante y aclaraciones por el asesor. El jurado luego de deliberar acordó Aprobar el trabajo de tesis con un puntaje de 19 Equivalente al calificativo de muy bueno debiendo ser convalidados el Examen final las sugerencias dadas por el jurado durante la sustentación.

Puesto tanto el Señor Bachiller Lickensm Alton Cernaño MSc, se encuentra apto para optar el título profesional de Ingeniero Zootécnico de acuerdo a lo establecido en la Ley.


Ing. Alejandro Flores Poma MSc.
Presidencia


Ing. Benito Bautista Espinoza U. Sc.
Secretaría


Ing. Alton José Arias Vega MSc.
Vocal


Ing. Napoleón Cordero Rodríguez Dr.
Asesor

Constancia de aprobación de originalidad de tesis

Yo, Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr., docente/Asesor de Tesis/revisor del trabajo de investigación del bachiller Cornejo Mera Lickenson Ailton, quien realizó el trabajo titulado: **“Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)”**; luego de la revisión exhaustiva del documento he constatado que tiene un índice de similitud de 17%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y ha concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen un plagio. Por lo que, a mi entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”

Lambayeque, julio de 2026



Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
DNI 16680503
Asesor

Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

17% INDICE DE SIMILITUD	16% FUENTES DE INTERNET	4% PUBLICACIONES	4% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	www.cientificos.pe Fuente de Internet	8%
2	docplayer.es Fuente de Internet	3%
3	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	3%
4	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Edson Ordoñez, Enrique-III Idrogo, Napoléon Corrales. "Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de <i>Hordeum vulgare</i>", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2018 Publicación	<1%

Excluir citas
Excluir bibliografía

Apagado
Apagado

Excluir coincidencias

Apagado


Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.
DNI 16680503
Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Lickenson Ailton Cornejo Mera
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPR...
Nombre del archivo:	10_TESIS_ailton_FINAL.docx
Tamaño del archivo:	568.79K
Total páginas:	66
Total de palabras:	14,886
Total de caracteres:	75,160
Fecha de entrega:	27-jul-2026 11:43p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	3004580417



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO BERRIO GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPR en los
indicadores productivos y comerciales agropecuarios de graneros
hidropónicos de cultivo (Lima Arequipa)

2026

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AL/71180

Mark Cornejo Mera Lickenson Ailton

ASESOR:
Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.
(DNI: 16680503)

Lima, 27 de julio de 2026.


Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.
DNI 16680503
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Bach. Cornejo Mera Lickenson Ailton, investigador principal e Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr. asesor, del trabajo de investigación: “Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)”, 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, mayo de 2026.



Bach. Cornejo Mera Lickenson Ailton
Investigador



Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.
Asesor

DEDICADO

A Areli Eva Mera Gamonal, mi madre, porque detrás de este logro hay mucho de ti: tu manera de sostenerme incluso en los momentos en que yo mismo dudaba, tus palabras cuando las necesitaba y ese amor que, sin hacer ruido, siempre estuvo presente. Esta meta también lleva tu nombre, porque una parte importante de lo que soy nació de todo lo que me enseñaste.

A Dayanna Huaman Calvay, por haber compartido conmigo una etapa que no siempre fue sencilla. Gracias por estar, por comprender mis ausencias, mis preocupaciones y esos días en los que la tesis parecía ocuparlo todo. Tenerte a mi lado hizo que este camino tuviera también momentos que valía la pena recordar.

A ustedes dos les dedico estas páginas, no solo por lo que hicieron por mí, sino por lo que significan en mi vida. Este trabajo lleva mi nombre, pero detrás de él también están sus huellas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, por haber estado a mi lado durante el desarrollo de esta investigación. Más allá de las orientaciones propias de la investigación, valoro especialmente sus observaciones y la forma de señalar aquello que podía mejorarse, incluso cuando eso significaba volver sobre algo que parecía terminado.

Su acompañamiento me permitió mirar este trabajo con mayor criterio y entender que una investigación no consiste únicamente en llegar a un resultado, sino también en aprender a cuestionar, corregir y hacer las cosas de una mejor manera.

Gracias, Ing. Napoleón, por el tiempo, las recomendaciones y la confianza brindada durante este proceso. Este trabajo también refleja parte de lo aprendido a lo largo de ese camino.

Índice

Índice.....	viii
Índice de Tablas.....	x
Resumen.....	xi
Summary.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Formulación del problema.....	1
Hipótesis.....	1
Justificación del estudio.....	2
Objetivos:	2
Objetivo general:	2
Objetivos específicos:	2
Estructura del informe.....	2
DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	7
1.2.1 Germinado hidropónico	7
1.2.2 Osmo acondicionamiento y desinfección	11
1.2.3 Hipoclorito de sodio.....	12
1.2.4 Agua salina.....	12
1.3 Operacionalización o categorización de variables	14
II. DISEÑO METODOLÓGICO	15
2.1. Tipo de estudio.....	15
Las variables estudiadas fueron las siguientes:.....	15
2.2 Diseño de estudio	16
2.3. Lugar y duración.....	17
2.4 Tratamientos evaluados	17
2.5 Materiales.....	17
Semilla de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	17
Agua	17
2.6 Instalaciones y equipo:.....	18
2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos	19
2.7.1 Producción de germinado hidropónico de cebada	19
III. RESULTADOS.....	22
3.1 Análisis de calidad del agua potable y de los pozos del Complejo Pecuario de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.....	22
3.2. Producción de germinado hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	23
3.2.1 Producción de germinado hidropónico (GH) por bandeja (TCO).....	23
3.2.2 Composición química del germinado hidropónico de cebada	23
3.2.3. Producción por metro cuadrado de germinado hidropónico (TCO), materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas en base seca	24
3.3 Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla.....	26
3.4 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%).....	27
3.5 Costos de producción de los tratamientos evaluados	27
3.6 Evaluación de características organolépticas.....	28
3.6.1 Longitud del tallo.....	28
3.6.2 Color del tallo	29

3.6.3 Raíces.....	29
IV. DISCUSIÓN.....	30
4.1 Calidad de agua.....	30
4.1.1 Agua potable.....	30
4.1.2 Agua de anillo circular de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.	30
4.1.3 Agua de pozo de tierra a tajo abierto.....	31
4.2 Producción de GH a la cosecha.....	31
4.3 Rendimiento por metro cuadrado.....	32
4.3.1 Rendimiento de germinado hidropónico fresco por metro cuadrado.....	32
4.3.2 Producción de materia seca (MS) por metro cuadrado.....	32
4.3.3 Producción de proteína cruda (PC) por metro cuadrado (Kg).....	33
4.3.4 Producción de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado (Kg).....	33
4.3.5 Producción de fibra cruda (FC) por metro cuadrado (Kg).....	34
4.3.6 Producción de cenizas (CEN) por metro cuadrado (Kg).....	34
4.4 Análisis de productividad de germinado hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento.....	35
4.4.1 Rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada (Kg).....	35
4.4.2 Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por kg de semilla procesada.....	36
4.5 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%).....	36
4.6 Costos de producción de los tratamientos evaluados.....	37
4.6.1 Evaluación comparativa de los costos de producción de kg de materia seca (%).....	37
4.7. Características organolépticas del germinado hidropónico.....	38
4.7.1 Longitud del tallo.....	38
4.7.2 Color del tallo.....	38
4.7.3 Raíces.....	39
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	42
ANEXOS.....	45

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Esquema de análisis de varianza</i>	16
Tabla 2 <i>Peso de germinado hidropónico a la cosecha según tratamiento (Kg)</i>	23
Tabla 3 <i>Composición química de Germinado Hidropónico de cebada por tratamiento (100% MS)</i>	24
Tabla 4 <i>Rendimiento por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg/m²)</i>	26
Tabla 5 <i>Rendimiento por kg de semilla procesada (Kg m²/)</i>	26
Tabla 6 <i>Temperatura (°C) y humedad relativa (%)</i>	27
Tabla 7 <i>Costo de producción de germinado hidropónico (S/)</i>	27
Tabla 8 <i>Medidas resumen de longitud del tallo por tratamiento y repetición (cm)</i>	28

Resumen

Efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)

El estudio se realizó en la provincia y distrito de Lambayeque del 2 al 17 de agosto de 2025 y tuvo como objetivos: a) Determinar el efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada; b) Determinar el rendimiento (kg/m²) de MS, PC, EE, FC y CEN de cada tratamiento; c) Determinar el mejor rendimiento (kg/kg de semilla procesada) de GH fresco y materia seca, d) Determinar los costos de producción de los tratamientos evaluados y e) Determinar las características organolépticas del germinado hidropónico producido. Se implementaron 3 tratamientos con diferente dosis agua de riego siendo T1: agua potable, T2: agua de pozo con anillo circular y T3: agua del pozo de tierra a destajo abierto. Se utilizó un Diseño Completo al Azar con 16 bandejas y 2 repeticiones de 8 bandejas por tratamiento. El análisis de varianza para el rendimiento (kg/m²) de GH, MS, PC, EE, FC así como el rendimiento en Kg de GH/kg de semilla y kg de MS/kg de semilla presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), obteniendo mejores resultados con agua potable. En el rendimiento de CEN/m², así como la longitud y color del tallo no se hallaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos

Palabras clave: hidroponía, cebada, aguas pozo

Summary

Effect of Water from Two Wells at the FIZ-UNPRG Livestock Complex on the Productive Indicators and Organoleptic Characteristics of Hydroponically Germinated Barley (*Hordeum vulgare*)

The study was conducted in the province and district of Lambayeque from August 2 to 17, 2025. Its objectives were: (a) to determine the effect of water from two wells at the FIZ-UNPRG Livestock Complex on the productive indicators and organoleptic characteristics of hydroponically germinated barley; (b) to determine the dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), and ash yields (kg/m²) of each treatment; (c) to determine the highest yields of fresh hydroponic germinated barley and dry matter, expressed as kg per kg of processed seed; (d) to determine the production costs of the evaluated treatments; and (e) to determine the organoleptic characteristics of the hydroponically germinated barley produced. Three treatments using different irrigation water sources were implemented: T1, drinking water; T2, well water with a circular ring; and T3, water from an open, ground-level well. A completely randomized design was used, with 16 trays and two replicates of eight trays per treatment. The analysis of variance showed statistically significant differences ($p < 0.05$) among treatments for the yields (kg/m²) of hydroponically germinated barley, DM, CP, EE, and CF, as well as for the yield of hydroponically germinated barley per kg of seed and the yield of DM per kg of seed. The best results were obtained with drinking water. No statistically significant differences ($p > 0.05$) were found among treatments for ash yield per square meter or for stem length and color.

Keywords: hydroponics, barley, well water

INTRODUCCIÓN

La progresiva salinización observada por la capilaridad y láminas de sales (Gestión, 2022) de los suelos destinados al cultivo de arroz en Lambayeque y la progresiva construcción de viviendas en campos agrícolas origina una escasez de forraje verde convencional en ascenso y ante esta situación se viene estudiando la producción de germinado hidropónico y mecanismos que optimicen el rendimiento de la semilla, pero siempre utilizando agua potable en el proceso. El complejo Pecuario de la Facultad de ingeniería Zootecnia se ubica cerca de las playas de San José y cuenta con dos pozos de agua que sirven para el riego de forrajes convencionales, cuyos rendimientos están sometidos al efecto perjudicial del estrés por la sal sobre el crecimiento de las plantas (Sheng et al., 2008) para auto abastecimiento de los animales que se crían en estas unidades de investigación y considerando que la cebada ha demostrado ser tolerante a la salinidad y, es clave para garantizar la seguridad de la producción agrícola (Xiang et al., 2024) resulta pertinente evaluar la influencia directa de las aguas de pozos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia en la producción de germinado hidropónico de cebada y sus características organolépticas por lo que amerita ser estudiada en estos aspectos.

Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada?

Hipótesis

La hipótesis planteada fue: El agua de los pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG tienen un efecto positivo en los indicadores productivos y características organolépticas del

germinado hidropónico de cebada.

Justificación del estudio

El presente trabajo se justifica porque busca determinar la potencialidad de la producción y características organolépticas del germinado hidropónico de cebada con aguas de pozos del complejo pecuario-FIZ lo que permitirá establecer parámetros propios para optimizar su respuesta productiva.

Objetivos:

Objetivo general:

Evaluar el efecto del agua de dos pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG en los indicadores productivos y características organolépticas de germinado hidropónico de cebada

Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN de los tratamientos evaluados.
- Determinar el rendimiento de germinado hidropónico fresco y kg de materia seca por kg de semilla procesada.
- Determinar el costo de producción de germinado hidropónico de cada tratamiento.
- Determinar las características organolépticas del germinado hidropónico producido.

Estructura del informe

El presente estudio está compuesto por 4 capítulos: Diseño teórico, Diseño metodológico, Resultados y Discusión, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Anexos.

DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Xiong et al. (2024) evaluaron dos variedades de cebada de diferente color para investigar de forma independiente el mecanismo de regulación de la tolerancia a la sal durante la germinación de las semillas. La alta salinidad retrasa la germinación de las semillas de cebada al disminuir la eficiencia de movilización del almidón. La prueba de placa de almidón que utilizaron reveló que la salinidad tuvo un efecto inhibitorio significativo sobre la actividad de la α -amilasa en las semillas de cebada. Además, el tratamiento con NaCl redujo la expresión de los genes Amy1, Amy2 y Amy3 en las semillas germinadas, inhibiendo así la actividad de la α -amilasa. Asimismo, el resultado del sistema de cultivo embriogénico in vitro mostró que el estrés salino inhibió significativamente la elongación del tallo de la cebada. Estos hallazgos indican que es factible estudiar el mecanismo de regulación de la salinidad en la germinación de semillas de cebada y el crecimiento embrionario desde la perspectiva de la comunicación fuente-sumidero relacionada con el almidón.

Vivas y Mejía (2022) presentan la información de la FAO (2001) e indica que después de haber lavado la semilla se procede a sumergirla en un recipiente con agua usando la siguiente proporción (1kg de semilla en 1 litro de agua) durante 24 horas, cambiando el agua cada vez que se torne turbia, esto ayuda una mejor oxigenación de la semilla. Terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ella las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que explica que se acelere el crecimiento de la semilla cuando la dejamos en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Esta etapa se considera como pre-germinación.

Ordoñez, et al. (2018) realizaron un estudio con el objetivo de 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. Trabajaron 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 a excepción del contenido de cenizas, en tanto que T0, T4 y T5 presentaron los menores valores. Por lo tanto, se concluye que la combinación de soluciones nutritivas en dosis de 0.75 ml A y 0.25 ml B diluidas en 4 litros de agua es la más apropiada para obtener mejores resultados en el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*.

Smith et al. (2023) realizaron 25 tratamientos, cada uno con 10 repeticiones de cebada. Cada tratamiento incluyó un periodo de pre-remojo seguido de un periodo de riego posterior al remojo. Cada repetición comenzó con 100 g de semillas viables colocadas en un recipiente de plástico estéril que contenía 500 mL de agua destilada con una solución al 20 % de hipoclorito de sodio (lejía) a temperatura ambiente. Se decidió probar diferentes tiempos de remojo de las semillas: 1, 3, 8, 16 y 24 horas, comparándolos con el control de 16 horas. Transcurrido el tiempo de remojo, las semillas se lavaron con agua corriente desionizada y se colocaron en sus respectivas bandejas de cultivo, protegiéndolas de la oscuridad. Cada bandeja medía 10 cm × 20 cm, lo que garantizó que las semillas lavadas tuvieran una profundidad de 1 cm. Posteriormente, los recipientes se

colocaron en el sistema hidropónico para su germinación. Las semillas se dejaron germinar y crecer formando una estera de forraje durante 8 días a 23 °C bajo un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Utilizaron tubos de riego por goteo para inundar cada bandeja de semillas con 1245 ml de agua, y el exceso se escurrió a través de los orificios de drenaje del recipiente. El agua de esorrentía se recogió y se canalizó de vuelta al depósito del sistema hidropónico para su reutilización. Cuando fue necesario, el depósito se rellenó con agua destilada mezclada con una solución de lejía al 20 % para garantizar la desinfección. Los cinco tratamientos se sometieron a cinco intervalos de riego diferentes, cada uno con 10 repeticiones. El riego por inundación se utilizó para llenar cada bandeja de semillas con agua cada 2, 4, 8, 10 y 12 horas, siendo el control un intervalo de riego de 2 horas. Este estudio revela que un tratamiento de remojo previo de 1 hora, con intervalos de riego de 4 o 12 horas, fue el mejor para el cultivo hidropónico de cebada, ya que permitió obtener un mayor rendimiento y una producción óptima de forraje fresco. En cuanto al peso del forraje seco, los mayores rendimientos se obtuvieron con intervalos de riego de 10 a 12 horas. Si bien otros parámetros de crecimiento investigados, como la longitud y la expansión del sistema radicular, se desviaron de esta tendencia, un menor tiempo de remojo con mayor frecuencia de riego resultó beneficioso para el agricultor en términos de peso, rendimiento de nutrientes y altura de *Hordeum vulgare*.

Abdul-Baki, A. (1974). Indica que las semillas esterilizadas con hipoclorito de sodio (NaOCl) retuvieron cantidades suficientes como para interferir en los estudios del metabolismo de los aminoácidos durante la germinación. Los lavados repetidos con agua no eliminaron completamente el NaOCl. Sin embargo, al sumergir las semillas durante

10 minutos en HCl 0,01 N , se eliminó por completo el NaOCl sin reducir la germinabilidad. El NaOCl residual reaccionó con los aminoácidos y redujo sus concentraciones en el medio de incubación. Esta reacción resultó en una alta producción de CO₂ y una baja absorción de aminoácidos por las semillas. La descarboxilación de los aminoácidos ocurrió en el medio de incubación fuera de la semilla, fue independiente de la presencia de semillas en la reacción y, por lo tanto, no estuvo relacionada con el metabolismo de los aminoácidos por las semillas. Los efectos del NaOCl sobre la absorción, la incorporación y la producción de CO₂ a partir del ácido indolacético fueron similares a los de los aminoácidos estudiados.

Ruesta (2013) en Lambayeque implementó un estudio experimental con dieciocho tratamientos para establecer el mejor desinfectante, tiempo de desinfección y concentración del desinfectante en Lambayeque para optimizar la producción y rendimiento en germinado hidropónico con Lejía al 0,1% con diferentes tiempos: 5 minutos (T1), 30 minutos (T2), 120 minutos (T3); Concentración con Lejía al 1,0% en diferentes tiempos: 5 minutos (T4); con 30 minutos (T5); con 120 minutos (T6); Concentración con lejía al 2,0%: con 5 minutos (T7); con 30 minutos (T8); con 120 minutos (T9) y con Yodo con concentración al 0,1%: con 5 minutos (T10); con 30 minutos (T11); con 120 minutos (T12); concentración con 1.0% de Yodo: con tiempo de 5 minutos (T13); con 30 minutos (T14); con 120 minutos (T15); concentración con 2.0% de Yodo: con 5 minutos (T16); con 30 minutos (T17) y con 120 minutos (T18). Los resultados demostraron que el tratamiento tres (T3) con lejía al 1% durante 120 minutos de tiempo de desinfección, superó a todos los tratamientos con un rendimiento de 6.859 Kg. de Germinado hidropónico (TCO) por cada Kg de semilla procesada.

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Germinado hidropónico

Beltrano y Gimenez (2016) indican que el cultivo en hidroponía, es una modalidad en el manejo de plantas para su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva

Mayagüez (2018) manifiesta que la germinación es un proceso fisiológico que finaliza con la emergencia del embrión que está contenido en la semilla. Este proceso es influenciado por factores externos e internos. Para que una semilla germine debe ocurrir un proceso de absorción de agua que es conocido como imbibición. Este proceso activa procesos metabólicos que promueven la expansión del embrión, y desarrollo y emergencia de la radícula. La absorción de agua por la semilla es la etapa inicial de la germinación.

Pérez et al. (2016) citan lo manifestado por Burris (1983): “El deterioro es un proceso que ocurre en la semilla relativamente seca y se expresa durante la rehidratación de la misma y sugiere tres hipótesis para describir los procesos que determinan el deterioro: 1) acumulación de productos deletéreos relacionados con el rompimiento de macromoléculas que inactivan tanto a enzimas como a los ácidos nucleicos o bien la aparición de membranas no funcionales y la acumulación de sustancias mutagénicas; 2) el deterioro causado por el desgaste natural, en el cual se considera que un incremento en el uso de organelos, células y órganos, causan reducción general de su capacidad de funcionamiento; y 3) mutaciones somáticas que aumentan en frecuencia con la edad de

la semilla” y citan además lo referido por Buras y Powell (1984): “La imbibición se da mediante la inmersión de las semillas en soluciones osmóticas o en cantidades determinadas de agua durante cierto periodo de tiempo” y lo indicado por Artola et al., (2003) y Sánchez et al., (2007): “La imbibición permite que un mayor número de semillas alcance rápidamente el mismo nivel de humedad y active el aparato metabólico relacionado con el proceso pre-germinativo. Este proceso mejora su calidad fisiológica uniformizando el porcentaje de germinación”.

Sati et al. (2023) manifiestan que la hidroponía es una técnica agrícola contemporánea que no depende del suelo y, en cambio, suministra a las plantas agua rica en nutrientes. Por el contrario, la agricultura tradicional se basa en el suelo y produce cultivos limitados al tiempo que utiliza cantidades sustanciales de agua para riego y fertilizantes. Una ventaja del cultivo hidropónico sobre los métodos tradicionales es la capacidad de practicar el cultivo vertical, lo que aumenta el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie. Además, la hidroponía no requiere tierra fértil para ser efectiva y requiere menos agua y espacio en comparación con la agricultura tradicional basada en el suelo.

SIAN (2011) indica que el verdadero valor de una semilla depende de una serie de factores, 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

Niño-Torres y Guerrero-Lopez. (2021) precisan que la producción intensiva de FVH en un entorno protegido no es susceptible al cambio climático, permite una programación eficaz del uso del agua y una producción frecuente durante todo el año, además una disminución de los fertilizantes, agroquímicos y mano de obra.

Kumar et al. (2023) indican que una ventaja del cultivo hidropónico sobre los métodos tradicionales es la capacidad de practicar el cultivo vertical, lo que aumenta el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie. Además, la hidroponía no requiere tierra fértil para ser efectiva y requiere menos agua y espacio en comparación con la agricultura tradicional basada en el suelo.

Bakshi, et al (2017) manifiestan las ventajas del forraje hidropónico enriquecido con otras referencias bibliográficas:

Eficiencia: Los sistemas hidropónicos minimizan el desperdicio de agua, ya que se aplica directamente a las raíces y a menudo se recicla y reutiliza varias veces. Sin embargo el agua debe estar limpia, ya que las bacterias y los hongos proliferan durante el ciclo de crecimiento. Se necesita entre 1.5 a 2.0 litros para producir 1 kg de forraje hidropónico, en comparación con los 73, 85 y 160 litros para producir un kg de forraje verde de cebada, alfalfa y pasto Rhodes en condiciones de campo, respectivamente.

Espacio: Los sistemas hidropónicos requieren menos espacio y tiempo que los sistemas convencionales, lo que los hace ideales para habitantes urbanos con espacio limitado en sus patios.

Uso de pesticidas, insecticidas y herbicidas: La agricultura tradicional depende de herbicidas, fungicidas y/o insecticidas para una producción óptima. El forraje hidropónico se cultiva en un entorno controlado sin tierra y por lo tanto no es susceptible a

enfermedades, plagas u hongos transmitidos por el suelo, minimizando así el uso de pesticidas, insecticidas y herbicidas.

Rendimiento de forraje: La producción de forraje se acelera hasta en un 25 % al llevar los nutrientes directamente a las plantas, sin desarrollar grandes sistemas radiculares para buscar alimento. Las plantas maduran más rápido y de manera más uniforme en un sistema hidropónico que en un sistema convencional basado en suelo.

Calidad del forraje: El contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y Ca aumentó, pero el contenido de materia orgánica (MO) y carbohidratos no fibrosos (CNF) disminuyó ($P < 0,05$) en el forraje verde hidropónico en comparación con la semilla original en base a materia seca

Impacto en la producción animal: Debido a que los forrajes hidropónicos son altamente succulentos, su consumo varió entre 15 a 25, 0,25 a 2,0, 1,5 a 2,0 y 0,1 a 0,2 kg/animal/día en grandes rumiantes, pequeños rumiantes, cerdos adultos y conejos respectivamente.

Consistencia en la alimentación: Uno de los principales obstáculos que enfrentan muchos productores de carne es la variabilidad/inconsistencia de las especies vegetales en sus pastizales, debido principalmente a las fluctuaciones estacionales. Al alimentar con forraje hidropónico, se garantiza la calidad y cantidad del forraje consumido. Esta consistencia en la alimentación puede resultar en productos finales de mejor sabor y calidad uniforme, lo cual es uno de los principales objetivos de los productores de carne. De igual manera, la consistencia en la alimentación también puede aumentar la calidad de la carne y otros productos de cerdos y aves de corral.

Huella de carbono reducida: La hidroponía es más respetuosa con el medio ambiente que la agricultura tradicional, ya que rara vez se utilizan fertilizantes. Esto reduce

considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. En la agricultura tradicional, la escorrentía puede provocar la degradación del entorno. Los sistemas hidropónicos contribuyen a reducir el consumo de combustible para el transporte de productos desde explotaciones agrícolas distantes y, por consiguiente, las emisiones de carbono.

Beltrano, J. Y Gimenez, D. (2016) dicen que una solución nutritiva es un medio que le provee a la planta el agua y nutrientes necesarios para su buen crecimiento y desarrollo. Una solución nutritiva completa debe tener los siguientes nutrientes; Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Los mismos son conocidos como macronutrientes (gr/L). Otros elementos como el Hierro (Fe), Molibdeno (Mo), Boro (B), Zinc (Zn), Nickel (Ni) y Cobre (Cu), son los micronutrientes (mg/L). La planta no puede absorber estos elementos en su forma simple por lo que se les deben proveer en forma de iones, para que los pueda asimilar. La mayoría de las especies cultivadas crecen en medios ligeramente ácidos en un rango de pH de 5.8-6.5. Si no se mantiene un rango de pH adecuado algunos elementos pueden precipitar, lo que ocasionaría que no estén disponibles para la planta y podrían presentar síntomas de deficiencia”

1.2.2 Osmo acondicionamiento y desinfección

Raya-Pérez, et al (2020) dicen que el osmo acondicionamiento consiste en la inmersión de las semillas en soluciones osmóticas o en agua por determinado tiempo con o sin deshidratación previa a la siembra y permiten que una gran proporción de las mismas alcance rápidamente el nivel de humedad y estado metabólico deseado como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos fisiológicos

relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y a la auto reparación enzimática de las membranas celulares.

Sánchez-Camargo & Juárez-Díaz (2019). En la fase I de la germinación, llamada hidratación, debido al incremento en la absorción de agua y a los procesos de reparación celular y molecular, dan lugar, entre otros eventos al aumento de la actividad mitocondrial que es necesaria para la obtención de energía para la siguiente fase cuando comienza la protrusión de la radícula. Finalmente, en la fase III de la germinación comienza la movilización de reservas de la semilla e inicia el crecimiento de la planta.

1.2.3 Hipoclorito de sodio

Muñoz-Castellanos, et al (2022) indican que el hipoclorito de sodio (NaClO) y su ingrediente activo, el ácido hipocloroso (HClO), son los desinfectantes a base de cloro más utilizados a nivel mundial. El HClO es un antimicrobiano de acción rápida que interactúa con muchas biomoléculas, como aminoácidos, lípidos, ácidos nucleicos y componentes de la membrana que contienen azufre, causando daño celular. El cloro se usa en procedimientos generales de desinfección, para inactivar bacterias, y bajo ciertas condiciones bacterias en biopelículas y virus.

1.2.4 Agua salina

Megha et al. 2025. Indican que, según la representación espacial de las proporciones iónicas, los acuíferos subterráneos, que tienen una conexión directa con los tramos de río influenciados por las mareas y con el mar, son más susceptibles a la salinización debido a la intrusión de agua de mar.

Ayers y Westcot. 1985. En una publicación para la FAO, manifiestan que los dos factores más comunes que influyen en la tasa de infiltración normal del agua son su

salinidad (cantidad total de sales) y su contenido de sodio en relación con el de calcio y magnesio. Un agua con alta salinidad aumenta la infiltración, mientras que un agua con baja salinidad o con una alta proporción de sodio respecto al calcio la disminuye. Ambos factores pueden actuar simultáneamente. Si el riego se prolonga durante un periodo extenso para lograr una infiltración adecuada, pueden surgir problemas secundarios, como la formación de costras en los semilleros, el exceso de malezas, trastornos nutricionales, el ahogamiento del cultivo, la pudrición de las semillas y un desarrollo deficiente del cultivo en zonas bajas y húmedas. Un efecto secundario grave de los problemas de infiltración es el posible desarrollo de enfermedades y plagas de vectores (mosquitos). Indica que, para calidad de agua de riego, una CE mayor de 3,0 dS/m o TDS mayor de 2000 mg/L implica una restricción severa de uso por salinidad; entre 0,7 y 3,0 dS/m ya hay restricción ligera a moderada, dependiendo del cultivo, suelo, drenaje y manejo.

Sierra, et al. (2014) indican que el cloro es un potente agente germicida con amplio espectro y activo frente a bacterias, esporas, hongos, virus y protozoos. La presencia de materia orgánica disminuye su actividad. Sus presentaciones más comunes son hipoclorito de sodio y cloramina, ambos usados como antisépticos.

1.3 Operacionalización o categorización de variables

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones / factores	Indicadores	Escala de medición	Niveles / categorías	Instrumento / técnica
Variable independiente	Agua pozos FIZ	Tipo de agua con presencia de sales utilizada para el riego según tratamiento.	Se emplearán dos fuentes de agua salina provenientes de dos pozos diferentes.	Fuente de agua	Tipo de pozo utilizado	Cualitativa nominal	Agua potable Pozo 1 y Pozo 2	Registro de procedencia del agua, análisis de agua
Variable dependiente	Producción de germinado hidropónico	Rendimiento de nutrientes por metro cuadrado	Se medirá la cantidad de GH, MS, PC, EE, FC y Cenizas	Rendimiento nutricional por metro cuadrado	Peso fresco del forraje	Cuantitativa a de razón	kg/m²	Balanza, registro de campo
		Rendimiento de GH y MS por kg de cebada procesada	Se determinará los kg de GH producidos por cada kg de cebada.	Germinado hidropónico y materia seca por kg. De semilla	Cálculo de rendimiento de GH por kg de semilla	Cuantitativa a de razón	kg/kg semilla	Balanza, registro de campo

II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio corresponde a una investigación aplicada, cuantitativa y experimental.

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

- Variables independientes

- Fuentes de agua del complejo Pecuario de la Facultad de ingeniería Zootecnia para producción de germinado hidropónico de cebada: agua potable, agua de pozo con anillo circular del complejo pecuario FIZ y agua de pozo de tierra a tajo abierto de la Facultad de ingeniería Zootecnia.

- Variables dependientes:

- Rendimiento de germinado hidropónico (GH) por metro cuadrado en base fresca.
- Rendimiento de Materia Seca de GH por metro cuadrado.
- Rendimiento de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado.
- Rendimiento de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado.
- Rendimiento de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado.
- Rendimiento de Cenizas (CEN) por metro cuadrado.
- Producción de germinado hidropónico (GH) por kg de semilla procesada.
- Producción de Materia Seca (MS) de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada.
- Costo de producción de cada tratamiento.
- Características organolépticas del germinado hidropónico cosechado.

2.2 Diseño de estudio

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Ho: No existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

Ha: Al menos la media de un tratamiento difiere del resto

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

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

Donde:

Y_{ij} : Peso de germinado hidropónico de la j-ésima bandeja del i-ésimo tratamiento

μ : Efecto de la media poblacional.

A_i : Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} : Efecto del error de la j-ésima bandeja del i-ésimo tratamiento

Se aplicó el Análisis de varianza visto en la tabla 1 y en caso de existir diferencias estadísticas ($p < 0.05$) se utilizó la prueba de Tuckey.

Tabla 1

Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado
Repetición	1	SC Rep	SC Rep / 1	(CM Rep / CM Error)
Tratamiento	2	SC Trat	SC Trat / 2	(CM Trat / CM Error)
Error	44	SC Error	SC Error / 44	
Total	47	SC Total		

Para la ejecución del ANAVA y prueba de comparación múltiple de Tuckey ($p < 0.05$) se utilizó el programa estadístico Infostat Ve 2020.

2.3. Lugar y duración

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el Complejo Pecuario de la Facultad de ingeniería Zootecnia, provincia y distrito de Lambayeque del 2 al 17 de agosto de 2025 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y laboratorio privado.

2.4 Tratamientos evaluados

Se implementaron 3 tratamientos producto de la evaluación de tres tipos de agua con 16 bandejas y dos repeticiones por tratamiento.

T1 = Agua potable

T2 = Agua de pozo con anillo circular de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

T3 = Agua de pozo a tierra con tajo abierto de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

2.5 Materiales

Semilla de cebada (*Hordeum vulgare*)

La cebada se adquirió a la altura de las intersecciones de las avenidas Venezuela y Bolívar en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales, para determinar el valor cultural, obteniendo 83% y 72 % procediendo a comprar 39 kg de la semilla que presentó mayor valor cultural.

Agua

El agua para la realización de los tratamientos procedió de tres fuentes:

- a. Agua potable. Disponible en el local donde se llevó a cabo la fase experimental del

estudio ubicado a 5 cuadras de los pozos de agua propios del Complejo Pecuario de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

- b. Pozo con anillo circular. Ubicado en la zona adyacente al galpón de aves y cuyes, ubicados en el Complejo Pecuario de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la UNPRG.
- c. Agua de pozo de tierra a tajo abierto se encuentra ubicado en la parte posterior de la antigua zona de crianza de patos del Complejo Pecuario de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la UNPRG y que sirve para riego de los pastos y forrajes cercanos a la zona de producción de porcinos.

2.6 Instalaciones y equipo:

3 torres hidropónicas.

48 bandejas plásticas para hidroponía de 33 cm x 42 cm.

3 baldes de plástico para remojo de semilla.

3 baldes de para oreo de semilla.

1 Tanque de plástico para 200 L para almacenaje de agua de pozo con anillo circular.

1 tanque de plástico para 200 L para almacenaje de agua de pozo a tierra con destajo abierto.

6 sacos de yute para abrigo de semilla.

03 mochilas para riego por aspersión.

1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.

1 termo higrómetro.

1 carretilla.

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos

2.7.1 Producción de germinado hidropónico de cebada

Se emplearon 48 bandejas para el estudio, asignando ocho bandejas a cada tratamiento.

- **Etapas de Pre-germinación:**

Se calculó la cantidad de semilla de cebada necesaria utilizando el área de bandeja de 0,139 m² y la densidad de siembra de 3,5 kg /m², obteniendo 0.49 kg por bandeja y al multiplicar por las 48 bandejas en estudio dio un total de 23,39 kg de semilla de cebada “limpia” y considerando un máximo de pureza de 80 %, se adquirió 29,23 kg de cebada bruta para todo el estudio. Luego se escogieron los granos partidos paja y otras impurezas para obtener la cantidad de semilla limpia necesaria para el estudio. Esta cantidad se dividió entre 3 tratamientos, asignando 8,80 kg de cebada a cada uno utilizando un balde de plástico para cada tratamiento.

- Para procesar la semilla de cada tratamiento se procedió de la siguiente manera:
 - Pesado de 8,80 kg de semilla limpia
 - Primer lavado con su agua correspondiente para eliminar polvo e impurezas.
 - Desinfección con 1 ml de hipoclorito de sodio/L de agua durante 2 horas
 - Segundo lavado con agua del tratamiento para eliminar el hipoclorito de sodio de las semillas.
 - Remojo de semilla de cada tratamiento con su propia agua durante 24 horas, considerando que luego de 12 horas se daba un oreo intermedio de 1 hora eliminando el agua y luego se llenaba nuevamente para continuar con el proceso de remojo hasta

cumplir con 12 horas adicionales.

- Luego del remojo, las semillas de cada balde se trasladaron a baldes de oreo, provistos de agujeros en la base, por 48 horas debidamente tapados e identificados.

- Después del oreo, se pesó la semilla oreada de cada tratamiento y se dividió entre 16 para realizar una siembra homogénea por bandeja.

- Luego las bandejas se trasladaron a las cámaras de germinación provistas de manta oscura donde permanecerán por 5 días y se regaba tres veces al día (7 am; 12 m; 7 pm) aplicando riego por aspersión mediante una mochila de riego manual.

- El día 6 post siembra en bandejas se procedió a retirar la manta negra de las torres dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos donde permanecieron hasta la cosecha (15 días de edad) ajustando el programa de riego al requerimiento de las plantas según su tasa de evaporación.

Cosecha:

- Todos los tratamientos se cosecharon a 15 días de edad, procediendo a pesar cada bandeja de cada tratamiento y luego de cada tratamiento se eligieron 3 bandejas al azar y de cada una se extrajeron 5 submuestras que se colocaron en un valde vacío, conteniendo 15 sub muestras por tratamiento y luego de mezclarlos se extrajo un kg de muestra compuesta que se colocaba en una bolsa plástica negra debidamente identificada para ser trasladada al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia y Laboratorio privado para el análisis de composición química de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de cada tratamiento.

- Evaluación del tallo de germinado hidropónico

En todas las bandejas de cada tratamiento se realizó la medición de altura del tallo de 4 plantas completas, haciendo un total de 64 mediciones por tratamiento. Se utilizó una regla metálica graduada ubicada sobre el colchón de raíces de las bandejas elegidas, midiendo dos plantas a los extremos y dos plantas al centro de cada bandeja.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de calidad del agua potable y de los pozos del Complejo Pecuario de la Facultad de Ingeniería Zootecnia

En el cuadro 1 se aprecia los resultados de análisis de las tres fuentes de agua utilizadas en el presente estudio, el agua potable (T1) procedió del local donde se llevó a cabo la evaluación experimental, ubicado a 800 m de distancia del Complejo Pecuario de la Facultad de Ing. Zootecnia, el agua de T2, procedió del pozo con anillo circular ubicado cerca del galpón de aves y el agua de T3 procedió del pozo de tierra a tajo abierto ubicado cerca de la explotación de cerdos del Complejo Pecuario FIZ. Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos Facultad de Agronomía UNPRG.

Cuadro 1.

Análisis de agua potable de Lambayeque y de pozos del Complejo Pecuario FIZ

MUESTRAS /DENOMINACIONES								
PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS		Unidades	Agua potable (T1)		Agua de pozo con anillo circular(T2)		Agua de pozo tierra a tajo abierto (T3)	
1.	pH		8.24	-----	8.30	-----	7.70	-----
2.	Conductividad	us/cm	600	Clase 2 (Media)	4000	Clase 4 (Muy alta)	7300	Clase 6 (Excesiva)
ANIONES SOLUBLES								
3.	CO ₃ ²⁻	meq/L	0.4		0.5		0.3	
4.	HCO ₃ ¹⁻	meq/L	3.1	Moderado	6.1	Alto	10.8	Excesivamente alto
5.	Cloruros	meq/L	1	Peligro inexistente	12	Peligro grave	25	Peligro grave
	Sulfatos	meq/L	1.90	-----	21.4	-----	33.9	-----
CATIONES SOLUBLES								
6.	Calcio (Ca ²⁺)	meq/L	2.9	-----	5.3	-----	9.3	-----
7.	Magnesio (Mg ²⁺)	meq/L	0.87	-----	2.1	-----	4.1	-----
8.	Potasio (K ⁺)	meq/L	6	-----	2	-----	2	-----
9.	Sodio (Na ⁺)	meq/L	0.09	Peligro inexistente	10.96	Peligro grave	12.5	Peligro grave
CALCULO DE USO AGRICOLA								
10.	RAS	meq/L	0.06	Riesgo de sodicidad Baja - S1	5.70	Riesgo de sodicidad Baja - S1	4.83	Riesgo de sodicidad Baja - S1
11.	Dureza	ppm	174.05	Semi blanda	343.68	Dura	623.84	Muy dura

Fuente: Laboratorio de Suelos Facultad de Agronomía UNPRG (2025)

3.2. Producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)

3.2.1 Producción de germinado hidropónico (GH) por bandeja (TCO)

En la tabla 2 se observa la producción en biomasa verde de germinado hidropónico por bandeja de cada tratamiento, cosechado a 15 días de edad.

Tabla 2

Peso de germinado hidropónico a la cosecha según tratamiento (Kg)

Repetición	Bandeja	T1 Agua potable	T2 Agua pozo con anillo circular	T3 Agua pozo tierra a destajo abierto
I	B 1	2,95	2,35	3,35
	B 2	2,75	2,58	2,15
	B 3	2,40	2,10	2,20
	B 4	2,75	2,95	2,35
	B 5	3,10	2,84	3,60
	B 6	2,55	2,75	2,20
	B 7	2,35	2,25	2,10
	B 8	2,65	2,30	2,20
II	B 1	2,85	2,35	2,50
	B 2	2,68	2,40	2,20
	B 3	2,74	2,40	2,55
	B 4	2,75	2,20	2,35
	B 5	2,30	2,35	2,25
	B 6	2,80	2,30	2,50
	B 7	3,50	2,30	1,85
	B 8	2,60	2,28	2,20
Promedio		2,73	2,42	2,41
Desviación estándar		0,29	0,24	0,45

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($P>0.05$)

3.2.2 Composición química del germinado hidropónico de cebada

Los resultados del análisis de composición química del GH de cada tratamiento se aprecian en la tabla 3.

Tabla 3

Composición química de Germinado Hidropónico de cebada por tratamiento (100% MS)

	T1	T2	T3
Materia seca	20,93	21,12	20,11
PC	11,47	11,51	11,39
EE	3,39	3,46	3,48
FC	11,75	11,88	11,98
CEN	3,20	3,36	3,43

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG y Laboratorio privado (2025)

3.2.3. Producción por metro cuadrado de germinado hidropónico (TCO), materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas en base seca

Con la información de las tablas 2 y 3 se calculó el rendimiento por metro cuadrado de germinado hidropónico en base fresca (GH/m²) que se aprecia en el anexo 1.1, el análisis de varianza que se aprecian en el anexo 3.2, encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) y la prueba de Tuckey demostró que el mayor rendimiento de germinado hidropónico por metro cuadrado (Kg GH/m²), lo presentó el tratamiento que utilizó agua potable (T1), superando en 11,48 % al tratamiento con agua del pozo con anillo circular(T2) y en 11,83 % al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo a tierra con tajo abierto (T3) como se observa en la tabla 4.

Los rendimientos en materia seca por metro cuadrado (MS/m²) se calcularon con información de la tabla 3 e información del anexo 1.2, y el análisis de varianza (Anexo 3.3), encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y la prueba de Tuckey indicó que el mejor rendimiento de MS/m² lo obtuvo el tratamiento que utilizó agua potable (T1), que superó en 10,68 % al tratamiento con agua del pozo con anillo circular(T2) y en 15,28 % al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo a tierra con tajo abierto (T3) como se aprecia en la tabla 4.

Los rendimientos de proteína cruda por metro cuadrado (PC/m^2) se calcularon con información de la tabla 3 e información del anexo 1.3, y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 3.4), se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y la prueba de Tuckey indicó que los mejores resultados de $0,47 \text{ kg de } PC/m^2$ lo obtuvo el tratamiento que utilizó agua potable (T1), que superó en $9,59 \%$ al tratamiento con agua del pozo con anillo circular (T2) y en $15,18 \%$ al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo a tierra con tajo abierto (T3) como se ve en la tabla 4.

Los rendimientos de extracto etéreo por metro cuadrado (EE/m^2) se calcularon con información de la tabla 3 e información del anexo 1.4, y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 3.5), se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y la prueba de Tuckey indicó que los mejores resultados de $0,14 \text{ kg de } EE/m^2$ se logró con el agua potable (T1), quien superó en $8,99 \%$ al tratamiento con agua del pozo con anillo circular (T2) y en $13,07 \%$ al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo a tierra con tajo abierto (T3) como vemos en la tabla 4.

Los rendimientos de fibra cruda por metro cuadrado (FC/m^2) se calcularon con información de la tabla 3 e información del anexo 1.5 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 3.6), se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y la prueba de Tuckey indicó que el mejor resultado de $0,48 \text{ kg de } FC/m^2$ se logró con el agua potable (T1), quien superó en $9,68 \%$ al tratamiento con agua del pozo con anillo circular (T2) y en $13,62 \%$ al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo a tierra con tajo abierto (T3) como se ve en la tabla 4.

Los rendimientos de cenizas por metro cuadrado (CEN/m^2) se calcularon con información de la tabla 3 e información del anexo 1.6 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 3.7), se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y la

prueba de Tuckey indicó que los mejores resultados de 0,13 kg de CEN/m² lo obtuvo el tratamiento que utilizó agua potable (T1) superando en 5,88 % al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo con anillo circular(T2) y en 10.48 % al del tratamiento trabajado con agua del pozo de tierra con tajo abierto (T3) como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4

Rendimiento por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg/m²)

	Agua potable	Pozo con anillo circular	Pozo tierra tajo abierto
	T1	T2	T3
GH/m ²	19,62a	17,37ab	17,31b
MS/m ² (BS)	4,11a	3,67b	3,48b
PC/m ² (BS)	0,47a	0,42ab	0,40b
EE/m ² (BS)	0,14a	0,13ab	0,12b
FC/m ² (BS)	0,48a	0,43ab	0,42b
CEN/m ² (BS)	0,13a	0,12a	0,12a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (P>0.05)

3.3 Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla

Con la información de la tabla 2 y cantidad de semilla por bandeja se calculó el rendimiento de GH/Kg de semilla que se aprecia en el anexo 2.1 y el análisis de varianza que se ve en el anexo 3.8, encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos (p<0,05) y la prueba de Tuckey indicó que los mejores resultados de 5,61 Kg de GH/kg de semilla se lograron con agua potable (T1), que superó en 11,48 % al tratamiento que fue trabajado con agua del pozo con anillo circular(T2) y superó en 11,83 % al rendimiento logrado con agua del pozo de tierra a tajo abierto (T3) como vemos en la tabla 5.

Tabla 5

Rendimiento por kg de semilla procesada (Kg m²/)

	Agua potable	Pozo con anillo circular	Pozo tierra tajo abierto
Bandeja	T1	T2	T3
GH/Kg semilla	5,61a	4,97b	4,94b
MS/Kg semilla	1,17a	1,04b	0,99b

3.4 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%)

La temperatura máxima y mínima se tomó con un termo higrómetro a las 7:00 am; 1:00 pm y 7:00 pm (Anexo 4), los promedios y desviación estándar de las temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa máxima y mínima presentados en la tabla 6.

Tabla 6
Temperatura (°C) y humedad relativa (%)

	Temperatura (°C)		Humedad (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Media	20,14	20,65	76,31	78,67
SD	+ 1.68	+ 1.85	+ 7.80	+ 6.54

3.5 Costos de producción de los tratamientos evaluados

Para determinar los costos de producción por kg de Germinado Hidropónico se utilizó la estructura de costos presentada en el anexo 1.11 tanto en base fresca (TCO) y materia seca (MS), el costo por kg de semilla fue S/ 2,20; por litro de agua S/ 0,05; costo por litro de lejía al 3,5% S/ 2,00; costo por litro de lejía al 7,5% S/ 4,29 ; costo por hora de mano de obra S/ 3,13; costo por depreciación de maquinaria y equipos S/ 0,05. Los costos de producción más económicos por kg de materia seca lo presentaron el tratamiento que utilizó el agua potable en el proceso de producción de germinado hidropónico (T1).

Tabla 7
Costo de producción de germinado hidropónico (S/)

Tratamiento	TCO	MS
T1	0,76	3,47
T2	0,86	3,87
T3	0,86	4,08

3.6 Evaluación de características organolépticas

3.6.1 Longitud del tallo

Los resultados de la evaluación de longitud del tallo de 64 plantas por tratamiento que hacen un total de 192 mediciones se observan en el anexo 6 pero considerando que las 4 plantas se midieron dentro de una misma bandeja comparten el mismo ambiente y no constituyen unidades experimentales independientes (sub-muestras), el análisis se realizó sobre el promedio de las 4 plantas por bandeja, considerando la bandeja como unidad experimental nos dio un total de $n = 16$ por tratamiento y población ($N = 48$). Los resultados descriptivos se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Medidas resumen de longitud del tallo por tratamiento y repetición (cm)

Tratamiento	Repetición	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
T1	I	8	18,22	5,81	10,15	26,13	18,49
T1	II	8	14,55	6,26	6,50	23,88	14,69
T2	I	8	15,67	7,29	5,13	26,00	15,69
T2	II	8	15,86	7,81	6,38	24,63	14,44
T3	I	8	14,91	6,49	5,75	24,00	15,31
T3	II	8	14,14	5,97	5,25	24,75	14,75

La prueba de normalidad de Shapiro Wilks que se aprecia en el anexo 6.1 encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos y repeticiones por lo que no se cumplió con el supuesto de normalidad y la prueba de homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de Levene visto en el anexo 6.2 no encontró diferencias estadísticas ($p > 0,05$) por lo que no se pudo aplicar el análisis de varianza convencional y se procedió a aplicar la prueba de Scheirer-Ray-Hare que es la indicada para rangos del ANOVA de dos factores, la cual tampoco encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos, repeticiones ni en la interacción entre tratamientos x repeticiones ($p < 0,05$) como observamos en el anexo 6.3.

3.6.2 Color del tallo

En los tres tratamientos se observó una tonalidad verde natural homogénea en los tres tratamientos evaluados.

3.6.3 Raíces

No presentaron coloración diferente, todas fueron de blanco cremosas, sin manchas necróticas intensas al momento de la cosecha.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Calidad de agua

4.1.1 Agua potable

El agua potable utilizada en el estudio presentó una conductividad eléctrica de 0,6 mS/cm pero con un pH de 8,24 el cual supera al pH de 6,95 recomendado por Birgi et al. (2018) para producción de germinado de cebada en Patagonia Sur, que sumados a la CE de 1,19 mS/cm con los cuales obtuvieron los mejores rendimientos y calidad. Asimismo, estuvo por encima de los rangos recomendados para producción de germinado hidropónico de pH 5,5 a 6,5 para gramíneas forrajeras y una CE preferiblemente inferior a 1,2 dS/m (Hernández, 2024). De acuerdo a estos resultados, el elevado pH del agua potable habría interferido en el rendimiento final del germinado hidropónico de T1, motivo por el cual no pudo superar en mayor nivel a las producciones de T2 y T3 que presentaron conductividades eléctricas mayores a las recomendadas en hidroponía.

4.1.2 Agua de pozo con anillo circular de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Esta agua presentó una salinidad muy alta con una conductividad de 4000 μ S/cm (salinidad muy alta), con un nivel de sodio en "peligro creciente" (10,96 meq/l), lo cual genera un estrés osmótico moderado-alto que afecta la velocidad de absorción de agua durante la fase de imbibición, pudiendo prolongar el tiempo hasta la protrusión radicular. Esta agua no presentó problemas severos de sodio relativo respecto al calcio y magnesio, por lo que el valor de RAS presentó un nivel de bajo riesgo.

4.1.3 Agua de pozo de tierra a tajo abierto.

El agua de este pozo presentó una salinidad excesiva, con una conductividad de 6150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que afecta el potencial osmótico del agua que se vuelve menos negativo o positivo respecto a la semilla, reduciendo o anulando la entrada de agua. Esto retrasa o inhibe la activación enzimática (amilasas, proteasas) necesaria para movilizar reservas del endospermo/cotiledones. El nivel de sodio, de acuerdo al laboratorio se halla en "peligro grave" (12,5 meq/l) lo cual es tóxico para embriones: causa estrés osmótico, daño a membranas celulares (pérdida de integridad de la bicapa lipídica durante la rehidratación) y desbalance iónico (compite con K^+ y Ca^{2+} en transporte de membrana). El ión bicarbonato (HCO_3^-) de 10.8 meq/l, es excesivamente alto, puede elevar el pH local en la zona radicular, lo normal para riego es <1.5 meq/L. En la etapa de imbibición, esto altera el potencial osmótico del agua y provoca toxicidad por sales, lo que retrasa, reduce o impide totalmente la germinación de la semilla (Cam-Chulin, et al., 2017). La relación de adsorción de sodio (RAS) es menor a 10 por lo que es segura para el cultivo (Ayers & Westcot, 1985).

4.2 Producción de GH a la cosecha

En la tabla 2 se observa la producción en biomasa verde de GH, por bandeja de cada tratamiento, cosechado a 15 días de edad. El mejor peso a la cosecha lo presentó el tratamiento con agua potable (T1) que superó en 11,48 % al peso a la cosecha producido con agua del pozo con agua potable (T2) y en 11,84 % al peso logrado con agua del pozo de tierra a destajo (T3). Los rendimientos obtenidos estuvieron influenciados por la salinidad como indican Ayers y Westcot (1985) que las aguas con conductividad eléctrica superior a 3,0 dS/m presentan una restricción severa por el nivel de salinidad.

4.3 Rendimiento por metro cuadrado

4.3.1 Rendimiento de germinado hidropónico fresco por metro cuadrado

De acuerdo a la tabla 4 el mayor rendimiento de germinado hidropónico por metro cuadrado (GH/m^2), lo presentó el tratamiento que utilizó agua potable (T1), que superó en 11,48 % y 11,83% al agua del pozo con anillo circular (T2) y pozo de tierra a destajo de la FIZ (T3), lo cual demuestra que a pesar de las limitaciones en la calidad de agua es posible producir germinado hidropónico de cebada con agua de pozos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, coincidiendo con Tareen et al. (2025) que indican que la calidad del agua modifica la germinación y el crecimiento temprano de la cebada y que el desempeño disminuye bajo condiciones salinas crecientes.

4.3.2 Producción de materia seca (MS) por metro cuadrado

El rendimiento de materia seca por metro cuadrado está referido a la expresión neta del contenido de sólidos del producto evaluado, por lo que no sigue exactamente el mismo orden que el peso fresco (TCO) como vemos en el rendimiento de MS/m^2 de T2 y T3 entre los cuales hubo una diferencia de 0,34 % de peso fresco pero en rendimiento de materia seca, esta diferencia se incrementa a 4,60 % pero a favor del rendimiento de MS de T3 sobre T2, pero ambos rindieron 10,68 % y 15,28 % menos que T1 que utilizó agua potable, situación explicada por Laines-Garasaball et al. (2007) quienes indican que la salinización enriquece el suelo con sales más solubles que el sulfato de calcio, como los cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio. Esto provoca valores muy altos de la presión osmótica en el agua del suelo e interfiere en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y otras plantas no especializadas.

4.3.3 Producción de proteína cruda (PC) por metro cuadrado (Kg)

El mejor rendimiento de 0,47 kg PC/m², lo presentó el tratamiento que utilizó agua potable en todo el proceso (T1), que superó el rendimiento de 0,42 kg PC/m² logrado con agua de pozo con anillo circular(T2) y 0,40 kg PC/m², logrados con agua del pozo de tierra a tajo abierto (T3) expresados en 9,59 % y 15,18 % de menor rendimiento que T1 con agua potable, coincidiendo con Dermendjiev et al. (2021), quienes precisan que a mayor salinidad se reduce la imbibición, retrasa la germinación y altera la movilización o abundancia de proteínas durante las primeras fases del germinado. Asimismo, el rendimiento de PC/m² está relacionado con el rendimiento de materia seca por metro cuadrado y concentración de PC de cada tratamiento. Sin embargo, el rendimiento de T1 fue similar al rendimiento de 0,47 Kg de PC/m² reportado por Aliaga (2021) utilizando 1.0 ml de lejía/L de agua durante 2 horas y 0,25 ml de Dióxido de cloro/L de agua durante 10 minutos en el proceso de desinfección, sin embargo, rindieron por debajo de los 0,62 Kg PC/m², al utilizar y 0,25 ml de Dióxido de cloro/L de agua durante 15 minutos, utilizando agua potable en Lambayeque. El rendimiento de T3 fue similar al rendimiento de 0,40 Kg de PC/m² reportado por Fernández (2021) quien utilizó 1.0 ml agua/L de agua durante 2 horas y 2 ml de peróxido de hidrogeno/L de agua durante 30 minutos en el proceso de desinfección de semilla de cebada en la provincia de Cutervo Región Cajamarca.

4.3.4 Producción de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado (Kg)

El mejor rendimiento de 0,14 kg EE/m² lo obtuvo el tratamiento que utilizó agua potable (T1) y superó a los 0,13 Kg EE/m² obtenidos con agua del pozo con anillo circular (T2) y a los 0,12 kg de EE/m² logrados con agua de pozo a tierra con tajo abierto (T3),

rendimiento similar al reportado por Aliaga (2021) al utilizar 0,5 ml ClO_2/L de agua durante 10 minutos con agua potable y todos los tratamientos de este estudio rindieron por encima de los 0,10 Kg de EE/m^2 reportados por éste autor al desinfectar con 1 ml de lejía/L de agua durante dos horas y también rindieron por encima de los 0,11 Kg de EE/m^2 reportados por Cotrina (2021) quien utilizó con 3ml de peróxido de hidrogeno /L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante 24 horas.

4.3.5 Producción de fibra cruda (FC) por metro cuadrado (Kg)

El mayor rendimiento de 0,48 kg FC/m^2 lo presentó el tratamiento que utilizó agua potable en el estudio (T1), quien superó a 0,43 Kg FC/m^2 logrados utilizando agua de pozo con anillo circular(T2), que fue similar al rendimiento reportado por Cotrina (2021) utilizando 3ml de peróxido de hidrogeno /L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante 24 horas. Asimismo, T1 superó a los 0,42 Kg FC/m^2 logrados con agua del pozo a tierra con tajo abierto de la FIZ (T3). Sin embargo, todos los tratamientos de este estudio rindieron por encima de los 0,37 Kg FC/m^2 desinfectando la semilla de cebada con 1 ml de lejía/L de agua potable de Lambayeque durante 2 horas, pero todos rindieron por debajo de los 0,57 Kg de FC/m^2 desinfectando la cebada con 0.25 ml ClO_2/L de agua durante 15 minutos reportados por Aliaga (2021).

4.3.6 Producción de cenizas (CEN) por metro cuadrado (Kg)

El rendimiento de CEN/m^2 no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p>0,05$) obteniendo un rendimiento de 0,13 kg CEN/m^2 el tratamiento que se desinfectó con agua potable (T1), superando a los 0,12 Kg de CEN/m^2 logrados con agua de pozo con anillo circular (T2) y agua de pozo de tierra a tajo abierto (T3) respectivamente. Todos superaron a los 0,10 kg de CEN/m^2 reportados por Aliaga (2021) cuando utilizó 1 ml de

lejía/L de agua potable de Lambayeque durante 2 horas y también todos rindieron por encima de los 0,11 Kg CEN/m² reportados por Cotrina (2021) cuando desinfectó la semilla con 3ml de H₂O₂ /L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante 24 horas. Sin embargo, observamos que pese a la diferencia de salinidad de las aguas utilizadas, no hubo un efecto significativo de presencia de Cenizas en el germinado hidropónico por esta condición del agua.

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

4.4.1 Rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada (Kg)

El mayor rendimiento de 5,61 kg de GH/kg de semilla, logrado por el tratamiento que utilizó agua potable en el tratamiento, que superó a los 4,97 y 4,94 Kg de GH/Kg de semilla. Todos los rendimientos de los tratamientos en estudio estuvieron por debajo de los 4,90 kg de GH/Kg de semilla, utilizando 3ml de Peróxido de hidrógeno/L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca, durante 24 horas reportados por Cotrina (2021) al desinfectar la semilla con 3 ml de H₂O₂ /L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante 24 horas. Este rendimiento fue ligeramente inferior a los rendimientos de T2 y T3 del presente estudio. Asimismo, el rendimiento de T1 rindió por encima del 5,10 Kg de GH/Kg de semilla al desinfectar la cebada con 1ml de hipoclorito de sodio/L de agua potable de Lambayeque, pero todos rindieron por debajo de los 6,38 Kg de GH/Kg de semilla reportados por Aliaga (2021) al desinfectar la semilla con 0.25 ml de dióxido de Cloro/L de agua durante 15 minutos.

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

El mayor rendimiento de 1,17 Kg MS/kg de semilla, logrado por el tratamiento que utilizó agua potable en el tratamiento, que superó a los 1,04 y 0,99 Kg de MS/Kg de semilla. Todos los tratamientos rindieron por debajo de los 1,23 Kg MS/Kg de semilla, reportados por Aliaga (2021) al desinfectar la semilla con 0.25 ml de dióxido de cloro/L de agua durante 15 minutos. Además, el rendimiento de T3, que utilizó agua de pozo a tierra con tajo abierto fue similar a los 0,99 Kg de MS/Kg de semilla al utilizar 3ml de H₂O₂ /L de agua de la provincia de Cutervo, región Cajamarca, durante 24 horas reportados por Cotrina (2021).

4.5 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%)

La temperatura máxima y mínima donde se realizó el estudio estuvo por encima del rango mínimo de 18°C recomendados por Aliaga (2009) lo cual influyó en la germinación de la semilla considerando que se necesita temperatura y humedad relativa para este proceso encontrándose dentro de los parámetros indicados por este mismo autor. La temperatura es uno de varios factores ambientales que intervienen en la germinación y como señala Mayagüez (2018) la absorción de agua y la activación metabólica de la semilla dependen de condiciones externas e internas, mientras que Smith et al. (2023) obtuvieron respuestas productivas favorables en cebada hidropónica bajo condiciones controladas de 23 °C y en este estudio se llegó a niveles de 22,50 °C en algunos momentos de la producción de germinado hidropónico.

4.6 Costos de producción de los tratamientos evaluados

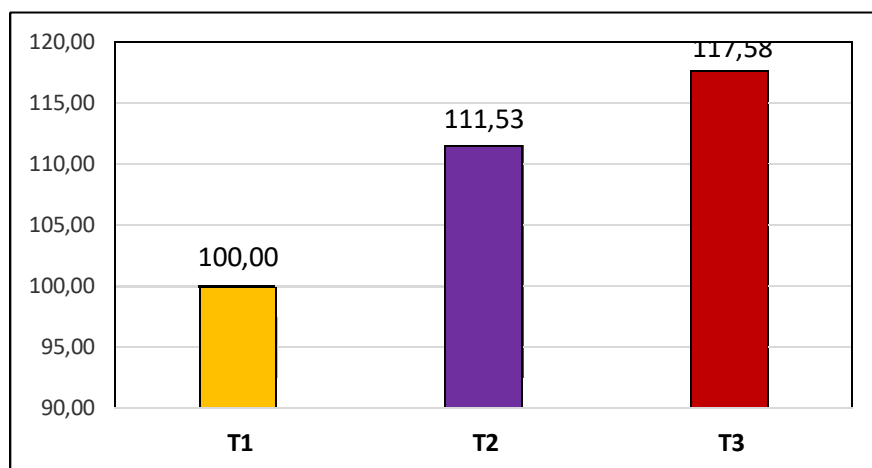
El costo de producción más económico por kg de materia seca lo presentó el tratamiento que utilizó agua potable en la producción de germinado hidropónico de cebada (T1).

4.6.1 Evaluación comparativa de los costos de producción de kg de materia seca (%)

Si tomamos como base porcentual al costo más económico del estudio que fue T1, vemos que los tratamientos que fueron trabajados con agua del pozo con anillo circular, ubicado en la zona adyacente al galpón de aves y cuyes del complejo Pecuario Fiz, fue 11,53 % más caro que T1 y el germinado producido con agua del pozo de tierra a destajo fue 17,58 % más caro que la producción lograda con agua potable, pero es necesario aclarar que la ventaja económica observada para T1 es válida para los factores utilizados en el presente estudio, con precios, infraestructura y calidad de agua diferentes, por lo que debe ser tomado sólo como referencia para estudios posteriores.

Gráfico 1.

Comparativo porcentual de costo de 1 kg de materia seca de los tratamientos evaluados (%)



4.7. Características organolépticas del germinado hidropónico

4.7.1 Longitud del tallo

La prueba no paramétrica de Scheirer-Ray-Hare, no encontró diferencias estadísticas entre la longitud de tallo de los tratamientos y repeticiones ($p > 0,05$) evaluadas, lo cual indicaría que la longitud del tallo no se vio afectado por la salinidad del agua, pero numéricamente, de acuerdo con la tabla 8, la longitud del tallo fue mayor con agua potable (T1), siendo mayor que la longitud de T2 y ésta ligeramente mayor a la de T3, coincidiendo con lo indicado por Xiong et al. (2024) de que la longitud del tallo se afecta con el nivel de salinidad del agua.

4.7.2 Color del tallo

La evaluación del color no se llevó a cabo con una escala colorimétrica pero visualmente no se apreciaron diferencias marcadas en la coloración del germinado hidropónico entre los tres tratamientos evaluados. No se encontró clorosis en T2 y T3, que presentaron mayor contenido de salinidad, ya que influye sobre la síntesis de clorofila y ésta se da cuando hay exposiciones prolongadas al estrés salino (Sheng et al., 2008), debido a la supresión de enzimas específicas que son responsables de la síntesis de pigmentos fotosintéticos (Murkute et al., 2006, citados por Cardona et al., 2017) y la reducción de minerales como el magnesio (Mg) que es necesario para la biosíntesis de clorofila también reduce la concentración de clorofila en la hoja (El-Desouky y Atawia, 1998, citados por Cardona et al., 2017). La ausencia de clorosis se debería al corto ciclo de duración que oscila entre 10-14 días, lo cual es característico en la producción de germinado hidropónico.

4.7.3 Raíces

De manera cualitativa, se observó que el colchón de raíces mantuvo una coloración blanco-cremosa uniforme en los tres tratamientos, sin coloraciones pardas u oscurecimientos que sugirieran daño oxidativo o necrosis asociada al estrés salino. No se registró la altura ni el desarrollo del colchón radicular como variable cuantitativa, por lo que no es posible descartar un efecto de la salinidad de las aguas utilizadas en T2 y T3 sobre el crecimiento de la raíz que es el órgano primario de percepción y respuesta al estrés salino (Pérez-Dominguez et al., 2021).

CONCLUSIONES

El agua de los pozos del complejo pecuario-FIZ-UNPRG tienen un efecto positivo en los indicadores productivos y características organolépticas del germinado hidropónico de cebada.

Los rendimientos por metro cuadrado de MS, PC, EE y FC presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) obteniendo mejores resultados con agua potable en la producción de germinado hidropónico de cebada. Sin embargo, en rendimiento de CEN no se hallaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$)

El rendimiento de germinado hidropónico de cebada y materia seca de GH por kg de semilla de cebada presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$), presentando mejores resultados con agua potable, pero no hubo diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre la producción con agua de los dos pozos del Complejo Pecuário FIZ.

El menor costo de germinado hidropónico de cebada y materia seca de GH por kg de semilla de cebada se logró utilizando agua potable en el proceso de germinado hidropónico.

No se encontraron diferencias estadísticas en la longitud del tallo ($p > 0,05$). El color del tallo y el color de las raíces del germinado hidropónico de cebada no presentaron diferencias cualitativas entre los tratamientos.

RECOMENDACIONES

Producir germinado hidropónico de cebada con agua potable como primera alternativa y cuando no se disponga de ésta, utilizar agua del pozo con anillo circular del Complejo Pecuario FIZ como segunda alternativa.

Evaluar estrategias para mejorar la producción de germinado hidropónico de cebada con aguas de los pozos del Complejo pecuario FIZ

Evaluar alternativas de disminución de la salinidad en el agua de los pozos del Complejo Pecuario FIZ para incrementar la productividad del germinado hidropónico de cebada.

Evaluar los indicadores productivos de otras semillas con agua de los pozos del Complejo Pecuario FIZ.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abdul-Baki, A. (1974). Dificultades en el uso de hipoclorito de sodio como desinfectante de semillas en estudios de incorporación de ^{14}C , *Plant Physiology*, Volumen 53, Número 5, mayo de 1974, Páginas 768–771, <https://doi.org/10.1104/pp.53.5.768>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/t0234e/t0234e01.htm>
- Aliaga, A.I. (2021). Dosis de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección de cebada (*Hordeum vulgare*) para producción de germinado hidropónico. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9625>
- Aliaga, L., Moncayo, R., Ricco, E. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 pp.
- Bakshi, M. Wadhwa y Harinder PS Makkar. (2017). Producción hidropónica de forraje: una evaluación crítica. Ampliando horizontes n.º 48, diciembre de 2017. <https://www.feedipedia.org/content/hydroponic-fodder-production-critical-assessment>
- Beltrano, J y Gimenez, D. (2016). Cultivo en hidroponía. Libros de cátedra. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?squence=1
- Birgi, J. A., Gargaglione, V. B., y Utrilla, V. (2018). El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142018000300009&script=sci_arttext
- Can-Chulim, Á, Cruz-Crespo, E, Ortega-Escobar, H. M, Sánchez-Bernal, E. I, Madueño-Molina, A, Bojórquez-Serrano, J. I, & Mancilla-Villa, Ó. Rl. (2017). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a la salinidad generada por NaCl , Na_2SO_4 y NaHCO_3 . *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1287-1300. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000601287&lng=es&tlng=es.
- Cardona, W. A., Gutierrez, J.S y Bonilla, C. R. (2017). Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar. Doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.610>
- Cotrina, A. (2021). Dosis de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y tiempo de desinfección de cebada para germinado hidropónico en Cutervo-Cajamarca. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9506>
- Dermendjiev, G., Schnurer, M., Weizmann, J., Wilfinger, S., Ott, E., Gebert, C.,

- Weckwerth, W., & Ibl, V. (2021). Análisis del proteoma específico de tejido y microscopía subcelular revelan el efecto de la alta concentración de sal en el citoesqueleto de actina y la vacuolización en células de aleurona durante la germinación temprana de la cebada. *International Journal of Molecular Sciences* , 22 (17), 9642. <https://doi.org/10.3390/ijms22179642>
- Gestión. (2022). Entrevista al presidente de la Cámara de Comercio de Lambayeque. Lic. Carlos Burgos. <https://gestion.pe/economia/empresas/lambayeque-se-pierden-3000-hectareas-al-ano-por-salinidad-de-suelos-noticia/>
- Hernandez, R. (2024). ¿Qué es el pH en hidroponía? <https://hydroenv.com.mx/id34/>
- Laines-Garasaball, J. A., Méndez, R. y Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Dialnet-EfectoDeLaSalinidadDelSueloSobreLaGerminacionDeSem-* 5002442.pdf
- Mayagüez. (2018). Germinación de semillas. <https://www.uprm.edu/labs3417/wp-content/uploads/sites/176/2018/08/germinacion-de-semillas-1.pdf>
- Megha, SB, Arun, PR y Brijesh, VK (2025). Evaluación de la intrusión de agua salina a lo largo de los acuíferos costeros de Vadakara, Kerala, sur de la India, mediante hidrogeoquímica y SIG. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* , 12 (2), 7079–7093. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.122.7079>
- Muñoz-Castellanos, Laila Nayzzel, Borrego-Loya, Alejandra, Villalba-Bejarano, Cindy Viviana, González-Escobedo, Román, Orduño-Cruz, Nuvia, Villezcas-Villegas, Grisel Paloma, Rodríguez-Roque, María Janeth, Avila-Quezada, Graciela Dolores, & Vargas-Arispuro, Irasema. (2022). El cloro y su importancia en la inactivación de bacterias, ¿Puede inactivar virus?. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(spe), 198-206. Epub 30 de noviembre de 2022.<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2021-4>
- Niño-Torres, O.P y Guerrero-Lopez, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. Artículo de revisión. Recuperado de <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Ordoñez, E; Idrogo, E y Corrales, N. (2018). Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Revista de Investigaciones veterinarias del Peru*. Vol. 29 Num. 2 (2018) <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/14477>
- Pérez, C; Carrillo, G; Vidal, E, Ortir, E. (2016). Efecto de la imbibición en la calidad fisiológica de semillas de jitomate. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 7. 28 set – 11 set 2016. P. 1765-1773.
- Pérez-Domínguez, G., Peñuelas-Rubio, O., Núñez-Vázquez, M., Martínez-González, L., López-Padrón, I., Reyes-Guerrero, Y., & Argenteal-Martínez, L. (2021). El estrés salino en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). Papel de los oligogalacturónidos como protectores de las plantas. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 283-291. Epub 31 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.283>
- Ruesta, E. (2013). Tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla en germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque. Tesis. Pregrado. Facultad Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.

- Raya-Pérez, J. C., Aguirre-Mancilla C. L., Covarrubias-Prieto, J., Ramírez-Pimentel, G., Iturriaga, G (2020). El osmo acondicionamiento de las semillas agrícolas. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* Vol. 8 Núm. 1: 1-8 (2020). <https://www.somecta.org.mx/wp-content/uploads/2022/12/El-osmoacondicionasemilla2020f.pdf>
- Sánchez-Camargo, V. A., & Juárez-Díaz, J. A. (2019). El ciclo celular durante la germinación. En P. Guevara-Fefer (Ed.), *Un viaje alrededor de la semilla* (p. 153). Prensas de Ciencias. https://www.researchgate.net/publication/341160698_El_ciclo_celular_durante_la_germinacion
- Sati, B. K., Sharma, V. y Pant, D. (2023). Comparación de las ventajas y ventajas del cultivo hidropónico frente a la agricultura tradicional. *Agricultura india*, 73 (9), 07-10. Obtenido de <https://epubs.icar.org.in/index.php/IndFarm/article/view/139917>
- Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F. y Huang, Y. (2008). Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza* 18 (6-7), 287-296. Doi:10.1007/s00572-008-0180-7
- Sierra, G., Castro, A. B., Civera, V., Ferrer, J. M y Baquedano, A. (2014). compuestos de yodo, compuestos de cloro y agentes oxidantes, *Revista Sanitaria de Investigación*, ISSN-e 2660-7085, Vol. 3, Nº. 9, 2022. <https://dialnetunirioja.es/servlet/articulo?codigo=8656302>
- Sistema de Información Agrícola Nacional de Venezuela (SIAN). (2011). Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>
- Smith, R. A, Jimoh, O.M., & Laubscher, P.C. (2023). Los tiempos de remojo de las semillas y las frecuencias de riego afectaron la calidad de los nutrientes y los parámetros de crecimiento de *Hordeum vulgare* L. cultivado en hidroponía. En *Riego y drenaje: avances recientes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104503>
- Tareen, GS., Shahid, T., Bibi, S., Asma Abdul Hayee y Shahzadi, AK (2025). Impacto de diferentes calidades de agua en la germinación y el crecimiento de plántulas de *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, *Coriandrum sativum* y *Raphanus sativus*. *Revista de Agricultura de Pakistán* , 2 (1), 22–26. <https://doi.org/10.38211/PJA.2025.02.95>
- Vivas, J.A y Mejía, W. A. 2022. Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde Hidropónico en invernadero no convencional. En línea. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/4576/1/NL02V856.pdf>
- Xiong, M. , Xu, J. , Zhou, Z. , Peng, B. , Shen, Y. , Shen, H. , Xu, X. , Li, C. , Deng, L. y Feng, G. (2024). La salinidad inhibe la germinación de semillas y el crecimiento embrionario al reducir la eficiencia de movilización del almidón en la cebada . *Plant Direct* , 8 (2), e564. <https://doi.org/10.1002/pld3.564>

ANEXOS

1. Rendimientos por metro cuadrado

1.1 Rendimiento de germinado hidropónico en base fresca (TCO)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	21,19	16,88	24,07
	B 2	19,76	18,53	15,45
	B 3	17,24	15,09	15,80
	B 4	19,76	21,19	16,88
	B 5	22,27	20,40	25,86
	B 6	18,32	19,76	15,80
	B 7	16,88	16,16	15,09
	B 8	19,04	16,52	15,80
II	B 1	20,47	16,88	17,96
	B 2	19,25	17,24	15,80
	B 3	19,68	17,24	18,32
	B 4	19,76	15,80	16,88
	B 5	16,52	16,88	16,16
	B 6	20,11	16,52	17,96
	B 7	25,14	16,52	13,29
	B 8	18,68	16,38	15,80

1.2 Producción de materia seca de germinado hidropónico (Kg)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	4,44	3,57	4,84
	B 2	4,13	3,91	3,11
	B 3	3,61	3,19	3,18
	B 4	4,13	4,48	3,40
	B 5	4,66	4,31	5,20
	B 6	3,83	4,17	3,18
	B 7	3,53	3,41	3,03
	B 8	3,98	3,49	3,18
II	B 1	4,29	3,57	3,61
	B 2	4,03	3,64	3,18
	B 3	4,12	3,64	3,68
	B 4	4,13	3,34	3,40
	B 5	3,46	3,57	3,25
	B 6	4,21	3,49	3,61
	B 7	5,26	3,49	2,67
	B 8	3,91	3,46	3,18

1.3 Producción de proteína cruda (Kg/m²)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	0,51	0,41	0,55
	B 2	0,47	0,45	0,35
	B 3	0,41	0,37	0,36
	B 4	0,47	0,51	0,39
	B 5	0,53	0,50	0,59
	B 6	0,44	0,48	0,36
	B 7	0,41	0,39	0,35
	B 8	0,46	0,40	0,36
II	B 1	0,49	0,41	0,41
	B 2	0,46	0,42	0,36
	B 3	0,47	0,42	0,42
	B 4	0,47	0,38	0,39
	B 5	0,40	0,41	0,37
	B 6	0,40	0,41	0,37
	B 7	0,48	0,40	0,41
	B 8	0,60	0,40	0,30

1.4 Producción de extracto etéreo (Kg/m²)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	0,15	0,12	0,17
	B 2	0,14	0,14	0,11
	B 3	0,12	0,11	0,11
	B 4	0,14	0,15	0,12
	B 5	0,16	0,15	0,18
	B 6	0,13	0,14	0,11
	B 7	0,12	0,12	0,11
	B 8	0,14	0,12	0,11
II	B 9	0,15	0,12	0,13
	B 10	0,14	0,13	0,11
	B 11	0,14	0,13	0,13
	B 12	0,14	0,12	0,12
	B 13	0,12	0,12	0,11
	B 14	0,14	0,12	0,13
	B 15	0,18	0,12	0,09
	B 16	0,13	0,12	0,11

1.5 Producción de fibra cruda (Kg/m2)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	0,52	0,42	0,58
	B 2	0,49	0,47	0,37
	B 3	0,42	0,38	0,38
	B 4	0,49	0,53	0,41
	B 5	0,55	0,51	0,62
	B 6	0,45	0,50	0,38
	B 7	0,42	0,41	0,36
	B 8	0,47	0,41	0,38
II	B 9	0,50	0,42	0,43
	B 10	0,47	0,43	0,38
	B 11	0,48	0,43	0,44
	B 12	0,49	0,40	0,41
	B 13	0,41	0,42	0,39
	B 14	0,49	0,41	0,43
	B 15	0,62	0,41	0,32
	B 16	0,46	0,41	0,38

1.6 Producción de cenizas (Kg/m2)

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	0,14	0,12	0,17
	B 2	0,13	0,13	0,11
	B 3	0,12	0,11	0,11
	B 4	0,13	0,15	0,12
	B 5	0,15	0,14	0,18
	B 6	0,12	0,14	0,11
	B 7	0,11	0,11	0,10
	B 8	0,13	0,12	0,11
II	B 9	0,14	0,12	0,12
	B 10	0,13	0,12	0,11
	B 11	0,13	0,12	0,13
	B 12	0,13	0,11	0,12
	B 13	0,11	0,12	0,11
	B 14	0,13	0,12	0,12
	B 15	0,17	0,12	0,09
	B 16	0,13	0,12	0,11

2. Productividad (rendimiento por Kg de cebada)

2.1 Rendimiento de germinado hidropónico fresco por Kg de semilla

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	6,06	4,82	6,88
	B 2	5,64	5,30	4,41
	B 3	4,93	4,31	4,52
	B 4	5,64	6,06	4,82
	B 5	6,36	5,83	7,39
	B 6	5,23	5,64	4,52
	B 7	4,82	4,62	4,31
	B 8	5,44	4,72	4,52
II	B 9	5,85	4,82	5,13
	B 10	5,50	4,93	4,52
	B 11	5,62	4,93	5,23
	B 12	5,64	4,52	4,82
	B 13	4,72	4,82	4,62
	B 14	5,75	4,72	5,13
	B 15	7,18	4,72	3,80
	B 16	5,34	4,68	4,52

2.2 Rendimiento de materia seca (MS) por Kg de semilla

Repetición	Bandeja	T1	T2	T3
I	B 1	1,27	1,02	1,38
	B 2	1,18	1,12	0,89
	B 3	1,03	0,91	0,91
	B 4	1,18	1,28	0,97
	B 5	1,33	1,23	1,49
	B 6	1,10	1,19	0,91
	B 7	1,01	0,98	0,87
	B 8	1,14	1,00	0,91
II	B 9	1,22	1,02	1,03
	B 10	1,15	1,04	0,91
	B 11	1,18	1,04	1,05
	B 12	1,18	0,95	0,97
	B 13	0,99	1,02	0,93
	B 14	1,20	1,00	1,03
	B 15	1,50	1,00	0,76
	B 16	1,12	0,99	0,91

3. Análisis de varianza

3.1 Análisis de varianza de peso de germinado hidropónico a la cosecha (Kg)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg/bandeja	48	0.19	0.14	13.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.22	3	0.41	3.53	0.0224
Tratamiento	1.08	2	0.54	4.69	0.0142
Repetición	0.14	1	0.14	1.19	0.2806
Error	5.07	44	0.12		
Total	6.29	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29119

Error: 0.1153 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	2.73	16	0.08	A
2	2.42	16	0.08	B
3	2.41	16	0.08	B

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

3.2 Análisis de varianza de rendimiento de germinado hidropónico en base fresca (TCO por metro cuadrado (Rdto/m²))

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/m2	48	0.19	0.14	13.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62.96	3	20.99	3.53	0.0224
Tratamiento	55.86	2	27.93	4.69	0.0142
Repetición	7.10	1	7.10	1.19	0.2806
Error	261.83	44	5.95		
Total	324.79	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.09187

Error: 5.9507 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	19.63	16	0.61	A
2	17.38	16	0.61	B
3	17.31	16	0.61	B

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

3.3 Análisis de varianza de producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (MS/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS/m ²	48	0.25	0.20	13.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.62	3	1.21	4.83	0.0054
Tratamiento	3.32	2	1.66	6.65	0.0030
Repetición	0.30	1	0.30	1.19	0.2805
Error	10.99	44	0.25		
Total	14.60	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.42848

Error: 0.2497 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	4.11	16	0.12	A
2	3.67	16	0.12	B
3	3.48	16	0.12	B

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

3.4 Análisis de varianza de producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (PC/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC/m ²	48	0.24	0.19	13.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	3	0.02	4.57	0.0072
Tratamiento	0.04	2	0.02	6.18	0.0043
Repetición	4.5E-03	1	4.5E-03	1.34	0.2527
Error	0.15	44	3.3E-03		
Total	0.19	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04953

Error: 0.0033 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0.47	16	0.01	A
2	0.42	16	0.01	A B
3	0.40	16	0.01	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03361

Error: 0.0033 gl: 44

Repetición	Medias	n	E.E.	
I	0.44	24	0.01	A
II	0.42	24	0.01	A

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

3.5 Análisis de varianza de producción de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico por metro cuadrado (EE/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EE/m ²	48	0.19	0.14	13.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.1E-03	3	1.0E-03	3.52	0.0227
Tratamiento	2.8E-03	2	1.4E-03	4.67	0.0145
Repetición	3.6E-04	1	3.6E-04	1.22	0.2753
Error	0.01	44	3.0E-04		
Total	0.02	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01479

Error: 0.0003 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0.14	16	4.3E-03	A
2	0.13	16	4.3E-03	A B
3	0.12	16	4.3E-03	B

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

3.6 Análisis de varianza de producción de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico por metro cuadrado (FC/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC/m ²	48	0.21	0.15	13.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	3	0.01	3.86	0.0156
Tratamiento	0.04	2	0.02	5.18	0.0096
Repetición	4.3E-03	1	4.3E-03	1.21	0.2772
Error	0.16	44	3.5E-03		
Total	0.20	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05101

Error: 0.0035 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0.48	16	0.01	A
2	0.44	16	0.01	A B
3	0.42	16	0.01	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03461

Error: 0.0035 gl: 44

Repetición	Medias	n	E.E.	
I	0.45	24	0.01	A
II	0.44	24	0.01	A

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

3.7 Análisis de varianza de producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico por metro cuadrado (CEN/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CEN/m ²	48	0.11	0.05	13.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.6E-03	3	5.2E-04	1.86	0.1501
Tratamiento	1.2E-03	2	6.1E-04	2.16	0.1273
Repetición	3.6E-04	1	3.6E-04	1.26	0.2672
Error	0.01	44	2.8E-04		
Total	0.01	47			

3.8 Análisis de varianza de rendimiento de germinado hidropónico por kilogramo de semilla (GH/Kg semilla)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/kg sem	48	0.19	0.14	13.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.14	3	1.71	3.53	0.0224
Tratamiento	4.56	2	2.28	4.69	0.0142
Repetición	0.58	1	0.58	1.19	0.2806
Error	21.37	44	0.49		
Total	26.51	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.59768

Error: 0.4858 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	5.61	16	0.17 A
2	4.96	16	0.17 B
3	4.95	16	0.17 B

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

3.9 Análisis de varianza de rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla (Kg MS/kg semilla)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg MS/kg sem	48	0.25	0.20	13.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.30	3	0.10	4.83	0.0054
Tratamiento	0.27	2	0.14	6.65	0.0030
Repetición	0.02	1	0.02	1.19	0.2805
Error	0.90	44	0.02		
Total	1.19	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12242

Error: 0.0204 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.17	16	0.04 A
2	1.05	16	0.04 B
3	0.99	16	0.04 B

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

4 Temperatura (°C) y humedad relativa (%)

Fecha	Hora	Temperatura (°C)		Humedad (%)	
		mínima	máxima	mínima	máxima
25/07/2025	07:00	17,88	18,63	84	86,27
	12:00	22,78	23,67	63	68,92
	07:00	19,56	19,96	78	79,72
26/07/2025	07:00	17,85	18,41	84	85,52
	12:00	21,27	22,27	67	72,75
	07:00	19,47	19,85	79	80,47
27/07/2025	08:00	18,33	18,64	83	84,67
	12:00	21,35	21,80	70	72,22
	07:00	19,16	19,39	78	79,30
28/07/2025	07:00	18,22	18,80	82	84,22
	12:00	22,44	23,31	62	66,37
	07:00	19,75	20,02	79	80,45
29/07/2025	07:00	19,16	19,30	82	83,10
	12:00	22,44	23,77	66	70,70
	07:00	19,89	20,08	79	80,80
30/07/2025	07:00	19,00	19,25	83	83,27
	12:00	22,92	23,35	66	68,45
	07:00	19,86	20,14	81	82,45
31/07/2025	07:00	19,38	19,75	83	83,97
	12:00	23,45	23,63	67	68,00
	07:00	19,73	20,03	82	82,75
01/08/2025	07:00	18,80	19,02	86	87,00
	12:00	21,20	22,69	68	75,00
	07:00	19,47	19,86	80	81,00

5 Costos de producción de un kg de materia seca (MS) de GH de cebada del tratamiento T1 (S/)

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACIÓN (3 días)					
	cebada	Kg.	7,80	2,20	17,15
	Agua	L	10	0,05	0,50
	lejía	ml	10,0	0,003	0,03
	Mano de obra	Horas	2,73	3,125	8,53
	Sub Total				26,20
GERMINACION (5 días)	Agua	L	15	0,05	0,75
	Mano de obra	Horas	0,495	3,125	1,55
	Sub Total				2,30
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	23,39	0,05	1,17
	Soluciones hidropónicas	ml	11,69	0,05	0,58
	Mano de Obra	Horas	0,33	3	1,00
	Sub Total				2,75

TOTAL

Costo de producción por tratamiento (S/)	31,25
Rendimiento/tratamiento (Kg)	9,15
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	3,42
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de cebada	3,47

6. Mediciones de tallo de plantas de germinado hidropónico (cm)

Repetición	Bandeja	Planta	T1	T2	T3
I	B 1	1	27,00	27,50	25,50
I	B 1	2	26,50	26,00	24,00
I	B 1	3	26,00	25,50	23,00
I	B 1	4	25,00	25,00	23,50
I	B 2	1	26,00	24,00	23,00
I	B 2	2	10,00	7,00	6,00
I	B 2	3	6,00	4,00	5,00
I	B 2	4	8,00	3,00	4,00
I	B 3	1	9,00	4,50	3,00
I	B 3	2	7,00	6,00	6,50
I	B 3	3	26,50	25,50	24,50
I	B 3	4	25,00	24,00	24,00
I	B 4	1	27,50	24,50	24,50
I	B 4	2	26,50	24,58	23,00
I	B 4	3	26,00	23,00	24,00
I	B 4	4	6,00	6,00	4,00
I	B 5	1	8,00	5,00	7,00
I	B 5	2	5,00	4,00	5,00
I	B 5	3	4,00	6,00	7,00
I	B 5	4	7,00	5,50	4,00
I	B 6	1	28,00	25,50	22,00
I	B 6	2	26,00	23,50	24,00
I	B 6	3	24,00	23,00	22,00
I	B 6	4	25,00	23,50	18,50
I	B 7	1	5,00	17,80	21,50
I	B 7	2	24,58	6,00	3,00
I	B 7	3	6,00	7,00	4,00
I	B 7	4	5,00	9,00	7,00
I	B 8	1	6,50	9,00	7,50
I	B 8	2	4,50	7,00	8,00
I	B 8	3	28,00	24,00	25,00
I	B 8	4	26,00	25,50	24,00
II	B 1	1	25,00	24,50	23,50
II	B 1	2	24,00	24,00	22,50
II	B 1	3	23,00	25,00	23,00
II	B 1	4	9,00	25,00	4,00
II	B 2	1	7,00	24,50	6,00
II	B 2	2	5,00	24,50	5,00
II	B 2	3	8,00	24,50	4,50
II	B 2	4	6,00	24,50	5,50

II	B 3	1	23,00	25,50	25,00
II	B 3	2	23,50	24,50	24,00
II	B 3	3	25,00	7,00	26,00
II	B 3	4	24,00	9,00	24,00
II	B 4	1	25,00	7,00	24,50
II	B 4	2	6,00	8,00	4,50
II	B 4	3	6,50	5,00	5,00
II	B 4	4	4,00	5,50	6,00
II	B 5	1	6,50	7,00	6,50
II	B 5	2	5,00	6,00	5,00
II	B 5	3	23,00	6,00	25,50
II	B 5	4	21,00	26,50	23,00
II	B 6	1	21,00	25,00	24,00
II	B 6	2	23,50	24,00	23,50
II	B 6	3	23,00	24,50	5,00
II	B 6	4	7,50	23,50	5,50
II	B 7	1	9,50	5,00	6,00
II	B 7	2	6,50	9,00	4,00
II	B 7	3	7,00	7,00	5,00
II	B 7	4	6,00	6,00	23,50
II	B 8	1	13,50	7,50	16,50
II	B 8	2	15,50	12,50	12,50
II	B 8	3	17,50	13,50	17,50
II	B 8	4	15,50	16,50	16,50

6.1 Prueba de normalidad

Prueba de Shapiro Wilk

Variable	n	Media	D.E.	W	p
T1	64	15,72	9,12	0,8123	<0,0001
T2	64	15,76	9,04	0,7845	<0,0001
T3	64	14,52	9,05	0,7814	<0,0001

6.2 Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de Levene

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,0686	2	0,0343	0,0065	0,9935
Error	995,9390	189	5,2695		
Total	996,0076	191			

6.3 Prueba de Scheirer-Ray-Hare

F.V.	SC (rangos)	gl	H	p
Tratamiento	346,52	2	1,77	0,4130
Repetición	324,00	1	1,65	0,1985
Trat.xRep.	218,04	2	1,11	0,5733

