



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ZOOTECNIA

Dosis de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y tiempo de desinfección de cebada
para germinado hidropónico en Cutervo-Cajamarca

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR:

Bach. Cotrina Fernández, Abel

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.

Lambayeque marzo de 2021

**Dosis de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) y tiempo de desinfección de cebada para
germinado hidropónico en Cutervo-Cajamarca**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR:

Bach. Cotrina Fernández, Abel

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

Aprobada por el siguiente jurado

Ing. Alejandro Flores Paiva
Presidente

Ing. José Humberto Gamonal Cruz
Secretario

Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Patrocinador



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL

N° 003- 2021/FIZ

Siendo las 4:30 pm del día miércoles 12 de mayo de 2021, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 065-2021-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 28 de abril de 2021, que autoriza la sustentación virtual de la tesis "DOSIS DE PERÓXIDO DE HIDROGENO (H₂O₂) Y TIEMPO DE DESINFECCIÓN DE CEBADA PARA GERMINADO HIDROPÓNICO EN CUTERVO-CAJAMARCA", por el Bachiller COTRINA FERNANDEZ ABEL, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/hkt-fmtd-dsb>/<https://meet.google.com/swh-fwjy-kfj>; los miembros de jurado designados por Resolución N° 005-2020-VIRTUAL-CF/FIZ de fecha Lambayeque, 13 de agosto del 2020: Ing. Alejandro Flores Paiva (Presidente); Ing. Humberto Gamonal Cruz (Secretario); Ing. Benito Bautista Espinoza (Vocal) e Ing. Napoleón Corrales Rodríguez (Patrocinador), para evaluar y dictaminar sobre el proyecto de tesis antes citado, el cual fue aprobado con Resolución N° 005-2020-VIRTUAL-CF/FIZ de fecha 13 de agosto del 2020.

Concluida la sustentación de la tesis por parte del sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado, así como las aclaraciones del señor patrocinador, los miembros del Jurado se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/swh-fwjy-kfj>, para deliberar y calificar la sustentación de la tesis: "DOSIS DE PERÓXIDO DE HIDROGENO (H₂O₂) Y TIEMPO DE DESINFECCIÓN DE CEBADA PARA GERMINADO HIDROPÓNICO EN CUTERVO-CAJAMARCA" a cargo del Bachiller COTRINA FERNANDEZ ABEL; habiendo acordado aprobar el trabajo de tesis con la nota en escala vigesimal de **18 (DIECIOCHO)** equivalente al calificativo de **MUY BUENO**; recomendando incluir en la redacción del informe final las sugerencias dadas durante la sustentación.

Por lo tanto, el Bachiller en Ingeniería Zootecnia **COTRINA FERNANDEZ ABEL**, se encuentra **APTO** para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 18:30 horas se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

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

Ing. Alejandro Flores Paiva
Presidente

Lambayeque, 12 de julio

Ing. José Humberto Gamonal Cruz
del 20 Secretario

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.
FEDATARIO
Decano(e)

Ing. Benito Bautista Espinoza, MSc
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Cotrina Fernández Abel investigador principal, e Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr. asesor, del trabajo de investigación: “DOSIS DE PERÓXIDO DE HIDROGENO (H₂O₂) Y TIEMPO DE DESINFECCIÓN DE CEBADA PARA GERMINADO HIDROPÓNICO EN CUTERVO-CAJAMARCA”, 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, 21 de mayo de 2021.

.....
Bach. Cotrina Fernández Abel

Investigador

.....
Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

Asesor

DEDICADO A:

Mis padres y hermanos por su constante apoyo durante mi formación continua hasta
convertirme en un profesional

Mi esposa por su fiel compañía y fortaleza que me ayuda a superar los retos diarios que me
plantea la vida

Mis hijos por ser el motor y motivo para superarme continuamente

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme diariamente con salud y vida hasta la actualidad

A mi asesor Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. por su orientación y confianza depositada en mi persona antes y durante todo el trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Zootecnia por su amistad y sabias enseñanzas que han fortalecido mi capacidad como persona y profesional.

CONTENIDO	Página
Resumen/Abstract	viii
INTRODUCCION	1
 I. DISEÑO TEORICO	 3
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Densidades de siembra de semilla y producción de germinado hidropónico (GH)	3
1.1.2 Hipoclorito de sodio en la desinfección de semillas de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	3
1.2 Bases teóricas	4
1.2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico	6
1.2.3 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos	8
1.2.3.1 Ventajas	8
1.2.3.2 Desventajas	10
1.2.4 Desinfección de la semilla	11
1.2.4.1 Hipoclorito de sodio	11
1.2.4.2 Peróxido de hidrogeno	15
 II. METODOS Y MATERIALES	 17
2.1 Tipo y Diseño de Estudio	17
2.2 Lugar y duración	17
2.3 Tratamientos evaluados	17
2.4 Materiales	17
2.5 Instalaciones y equipo	18
2.6 Técnicas experimentales	18
2.7 Variables evaluadas	20
2.8 Evaluación de la información	20
 III. RESULTADOS Y DISCUSION	 22
3.1 Producción de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento	22
3.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)	22
3.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de cebada de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).	22
3.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	23
3.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	24

3.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	24
3.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	26
3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	26
3.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base fresca (Kg)	27
3.2 Productividad de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento.	28
3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca y materia seca (Kg)	28
3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada	29
3.3 Información del clima	30
3.4 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de cebada	31
IV. CONCLUSIONES	32
V. RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFIA CITADA	34
ANEXOS	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disponibilidad de cloro por mol de peso	15
Tabla 2. Peso (kg) de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento (TCO)	22
Tabla 3. Contenido nutricional de Germinado Hidropónico de cebada por tratam. (%)	23
Tabla 4. Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	23
Tabla 5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	24
Tabla 6. Producción de Proteína Cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	25
Tabla 7. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	26
Tabla 8. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	27
Tabla 9. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	28
Tabla 10. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	29
Tabla 11. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	30
Tabla 12. Temperatura mínima y máxima (°C) y humedad relativa promedio (%)	30
Tabla 13. Costos de producción de un kilogramo de GH de cebada en base fresca (TCO) y kg de materia seca de cada tratamiento (S/.)	31

Dosis de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y tiempo de desinfección de cebada para germinado hidropónico en Cutervo – Cajamarca

Resumen

Del 3 de al 18 de octubre de 2020 en la provincia de Cutervo - Cajamarca se investigó la dosis óptima de peróxido de hidrogeno (H₂O₂)/Litro de agua y tiempo de desinfección en la producción de Germinado Hidropónico de Cebada evaluando siete tratamientos T0: Desinfección de semilla utilizado 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas; T1: Desinfección de semilla utilizando 1 ml de H₂O₂/L de agua durante 12 horas; T2: 1 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas; T3: Desinfección de semilla utilizando 2 ml de H₂O₂/L de agua durante 12 horas; T4: 2 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas; T5: Desinfección de semilla utilizando 3 ml de H₂O₂/L de agua durante 12 horas y T6: 3 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones (5 bandejas) y prueba de comparación múltiple de Duncan. Se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos presentando mejores resultados en rendimiento (kg/m²) de PC, EE, FC y CEN; productividad de MS y GH (Kg/kg de semilla) utilizando 3 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas.

Palabras clave: Cebada; hidropónico, peróxido de hidrógeno.

Hydrogen peroxide (H₂O₂) dose and barley disinfection time for hydroponic sprouting in Cutervo – Cajamarca

Summary

From October 3 to 18, 2020 in the province of Cutervo - Cajamarca, the optimal dose of hydrogen peroxide (H₂O₂) / liter of water and disinfection time in the production of Hydroponic Barley Sprouts was investigated, evaluating seven T0 treatments: Seed disinfection used 1 ml of bleach / L of water for 2 hours; T1: Disinfection of seeds with 1 ml of H₂O₂ / L of water for 12 hours; T2: 1 ml of H₂O₂ / L of water for 24 hours; T3: Disinfection of seeds with 2 ml of H₂O₂ / L of water for 12 hours; T4: 2 ml of H₂O₂ / L of water for 24 hours; T5: Seed disinfection with 3 ml of H₂O₂ / L of water for 12 hours and T6: 3 ml of H₂O₂ / L of water for 24 hours. A completely randomized design with equal number of repetitions (5 trays) and Duncan's multiple comparison test were used. Statistical differences ($p < 0.05$) were found between the treatments that presented better results in performance (kg / m²) of CP, EE, FC and CEN; productivity of DM and GH (Kg / kg of seed) using 3 ml of H₂O₂ / L of water for 24 hours.

Keywords: Barley; hydroponic, hydrogen peroxide

INTRODUCCION

Los estudios de producción del Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) aún no logran superar los 6 kg de GH de cebada (TCO) por kg de semilla procesada pero se necesita seguir incrementando este rendimiento para reducir los costos de producción. El hipoclorito de sodio (lejía) es el principal agente utilizado en la desinfección de la semilla para producción de Germinado hidropónico el cual dentro del proceso de tratamiento de la semilla demanda utilización de agua para el enjuague de la semilla y evitar su acción corrosiva a la cual fue expuesta la semilla y no comprometer su poder germinativo, ante esta característica es necesario buscar alternativas menos lesivas como el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) que además de realizar una desinfección cumple una función activadora de las semillas pero no se ha investigado cual es la dosis adecuada de H_2O_2 y tiempo de aplicación para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de cebada en Cutervo Cajamarca.

Formulación del problema

Se ha formulado la siguiente interrogante ¿Se podrá encontrar la dosis de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y tiempo de desinfección más adecuado que influya en la producción y productividad de Germinado Hidropónico en semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) en Cutervo - Cajamarca?

Hipótesis

Si se podrá determinar la dosis de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y tiempo de desinfección más adecuado que influya en la producción y productividad de Germinado Hidropónico en semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) en Cutervo - Cajamarca.

Justificación del estudio

El estudio se justifica porque hasta el momento no se ha evaluado el efecto del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en el proceso de desinfección de semillas de Cebada para germinado hidropónico en Cutervo - Cajamarca como alternativa de sustitución del hipoclorito de sodio en esta alternativa para alimentación animal.

Objetivos

Objetivo general.

Determinar la dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y tiempo de desinfección en la producción de Germinado Hidropónico de cebada en Cutervo- Cajamarca.

Objetivos específicos.

Determinar el rendimiento por metro cuadrado de las siguientes variables:

Producción de materia seca.

Producción de proteína cruda.

Producción de fibra cruda

Producción de extracto etéreo

Producción de cenizas

Determinar el rendimiento por kg de semilla de cebada:

Producción de Germinado Hidropónico

Producción de materia seca de Germinado Hidropónico

Determinar el costo de producción de Germinado Hidropónico de cebada de los tratamientos evaluados.

I. DISEÑO TEORICO

1.1 Antecedentes

1.1.1 Densidades de siembra de semilla y producción de germinado hidropónico (GH)

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

“En Ecuador la productividad en kg de MS de FVH por kg de semilla en cinco especies fue: 1.7 kg para avena, 1.7 kg para cebada, 1.2 kg para trigo y 1.3 kg para vicia, todas con 15 días de periodo de producción y 1.0 kg de MS para cebada con 17 días de periodo de producción” (SINCHIGUANO, 2008).

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

“En Lambayeque, se evaluó el rendimiento de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) con seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/m², determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m², obteniendo 0,779 Kg de MS/Kg de semilla procesada y en tal como ofrecido (TCO) logró un rendimiento máximo de 7,22 kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de máximas y 4,05 kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de mínimas”. (GUEVARA, 2013).

1.1.2 Hipoclorito de sodio en la desinfección de semillas de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Utilizando hipoclorito de sodio al 1% durante una hora para producir Germinado hidropónico de cebada se obtuvo un rendimiento promedio de 5.43 Kg. de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Ferreñafe – Lambayeque” (GUEVARA, 2013).

“Al evaluar la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) desinfectada con lejía al 1% durante 30 minutos y logró un rendimiento de 4.269 Kg. de germinado hidropónico por kilogramo de semilla de cebada procesada y una composición química de 14.15% de materia (MS) y en base seca encontró un aporte de Proteína (PC): 13.70%; Fibra Cruda (FC): 17.83%; Grasa: 2.45% y 4.3% de Cenizas” (QUIÑONES, 2011).

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

“En Lambayeque se evaluó la influencia de la luz LED azul y roja en etapa de germinación de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) ejecutándose tres tratamientos con diferente color de luz LED en la etapa de germinación: T0: GH sin iluminación; T1: GH con luz LED roja y T2: GH con luz LED azul, todos se desinfectaron con hipoclorito de sodio durante dos horas con utilizando 1 ml de lejía por litro de agua y cosecharon a 15 días. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones (16 bandejas) y se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos presentando mejores resultados en rendimiento (kg/m²) en MS: 3.53; PC: 0.49; EE: 0.11; FC: 0.15 y CEN: 0.47 kg. En productividad (Kg/kg de semilla) en GH: 5.75 y MS: 1.17 kg producido con luz LED roja en etapa de germinación (TABOADA, 2019).

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo

“Los gases son fuertes determinantes de la germinación de semillas, siendo indispensable un intercambio entre oxígeno y dióxido de carbono para iniciar el

proceso de germinación. De forma general, las altas concentraciones de oxígeno favorecen la germinación. Para que una semilla germine, el embrión necesita una cierta disponibilidad de oxígeno en el medio. Este oxígeno es empleado por el embrión para llevar a cabo la respiración, que se puede dividir en cuatro fases:

a) Fase I: La semilla empieza a hidratarse y comienza la respiración; b) Fase II: Comienza la glucólisis, y con ella la fermentación láctica y alcohólica, provocando un aumento en la producción de CO₂. Esta fase es de respiración anaerobia, todavía independiente del O₂; c) Fase III: La glucólisis aumenta, y comienza el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones mitocondrial. Esta es la fase de respiración aerobia, dependiente de O₂ y d) Fase IV: Desciende la respiración y envejecen los cotiledones. Las semillas de la mayoría de las plantas superiores son incapaces de germinar bajo condiciones anaeróbicas porque la ausencia de oxígeno impide llevar a cabo la tercera fase de la respiración. En ese momento, la anaerobiosis inhibe la germinación de la semilla” (GARCIA et al. S/f).

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

“Para lograr una mayor germinación y crecimiento, la luz solar y ventilación deben ser abundantes con constante circulación de aire en la solución. En el cultivo de la mayoría de las plantas, la temperatura de la solución debe fluctuar entre 18°C a 26°C y la del invernadero no debe ser mayor de 32°C manteniéndose una humedad relativa de 75 %, aproximadamente” (PICHILINGUE, 1994).

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

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

1.2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico

El proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH) es el siguiente:

- **“Lavado:** Para realizar el lavado de la semilla se inunda el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza; b) **La pre-germinación:** Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en el que se encuentran los factores determinantes de la pre-germinación y son: la temperatura, humedad y oxigenación. Para realizar la pre-germinación la semilla se humedece durante 24 horas con agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener la humedad relativa alta; c) **La siembra:** Se realiza sobre las bandejas que se han escogido que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar; d) **La germinación:** Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura las cuales le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta. Cuando la planta tienen varios días se produce la pudrición de las raíces (se tornan oscuras) y marchitamiento de la punta de las hojas. La falta de agua produce adelgazamiento de hojas y raíces. La presencia de hongos se debe a temperaturas elevadas, falta de circulación de aire en el ambiente y limpieza deficiente de semillas y ambiente” (EDICIONES CULTURALES VER, 1992).

“Los pasos para el sistema de producción de forraje hidropónico son:

Tratamiento de semilla: En esta etapa se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla; **Selección de semilla:** Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose

utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

Lavado: Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas; **Desinfección:** Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10 ml de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla; **Remojo:** Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz; **Oreo:** Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un deposito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además el deposito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla; **Etapas de germinación:** Culminado el oreo de la semilla y cuando está en su “Punto de Germinación” se realiza la siembra en bandejas plásticas o de fibra de vidrio, no se recomienda utilizar bandejas de madera o metálicas. Las bandejas deberán tener orificios a los lados para permitir el drenaje del agua, las cuales son colocadas en estantes de germinación y cubiertas en su totalidad por plástico negro, para que haya oscuridad interior y también evitar pérdida de la humedad. En estos estantes de germinación se recomienda regar mediante nebulización o micro aspersión de 3 a 4 veces al día, en esta área estarán de 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción. La siembra de las semillas en la bandejas se realiza a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de

humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días; **Etapas de producción:** Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminaran su desarrollo de 6 a 8 días más. Esta área presenta mayor iluminación y un riego con “Solución Nutritiva” bajo un sistema re-circulante. Este riego demora sólo unos minutos y se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas. Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el FVH en forma manual o mecánica, para un mejor suministro a los animales” (TARRILLO, 2005).

1.2.3 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos

1.2.3.1 Ventajas

“Las ventajas del germinado hidropónico son: **Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12 % a 18 %. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días; **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil; **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12 ya que a partir de ese día descende el valor nutricional del FVH; **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el FVH (3.2 Mcal/kg). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en FVH

son ampliamente variables; **Costos de producción.** Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. La ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente” (MANUAL TÉCNICO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE LA FAO, 2001).

“Las ventajas del germinado hidropónico son los siguientes:

1. Es un sistema nuevo para producir forrajes: En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva;
2. Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero: Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo cual nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año;
3. Requiere poca Agua: En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido;
4. La Producción es constante todo el año ya que el sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas;
5. Desde un punto de vista nutricional: El forraje Hidropónico al alcanzar una altura de 20 a 30 cm es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables obteniendo mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, mejor producción de leche con mayor contenido de grasa y sólidos totales;

6. Reducción de Costos de Alimentación y de Inversiones: Muchos ganaderos en Perú, no tienen piso forrajero y se ven obligados a comprar forraje” (TARRILLO, 2005).

“Los forrajes tiernos en condiciones normales de siembra en suelos, poseen entre 23% y 25% de contenido proteico referido a sustancia seca. Dicho valor es notablemente más elevado que el nivel de proteínas de las mismas plantas en épocas de mayor desarrollo (floración y maduración), donde baja su contenido proteico. La proteína contenida en forrajes tiernos, es de mayor digestibilidad que en plantas maduras, tienen un elevado contenido de calcio, fósforo y fierro, minerales que sufren importantes variaciones a medida que crece la planta y por influencia del medio ambiente y suelo; tal fenómeno es muy acentuado en zonas áridas y desérticas. Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente carotenos (250-350 mg/kg de materia seca) y vitaminas liposolubles (A y E), por lo que los alimentos basados en forrajes tiernos o recién germinados proporcionan a los animales todos los minerales y vitaminas necesarias para su subsistencia. En el forraje verde hidropónico todas las vitaminas se presentan libres y solubles y por lo tanto, asimilables directamente. La vitamina E se encuentra en estado completamente asimilable y en libre circulación por toda la planta joven. Este producto tiene una cantidad de enzimas que lo hacen doblemente aprovechable, ya que evita un trabajo en el tracto digestivo del animal, teniendo en cuenta que está predigerido, además estimula el sistema endocrino del animal y aumenta la actividad metabólica. Se observa un aumento de la fertilidad ya que la vitamina C, factor de gran importancia para esta actividad, es de 15.45 mg por cada 100 g en el FVH y de autodefensa contra las enfermedades. Las plantas, absorben los minerales de abono que están en solución en el agua de riego y realizan una elaboración que conduce a un equilibrio casi perfecto de calcio, magnesio y fósforo. El pH, del FVH está entre 6 y 6.5. Es ligeramente ácido, lo que hace que este sea muy conveniente como alimento” FAO (2001).

1.2.3.2 Desventajas

“Hay una desinformación y sobrevaloración de la tecnología. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que

en el caso de la tecnología de hidroponía familiar. Alternativamente, productores agropecuarios brasileiros han optado por la producción de FH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro-túneles, con singular éxito” (FAO, 2001).

1.2.4 Desinfección de la semilla

1.2.4.1 Hipoclorito de sodio

“Existen varios autores que han tratado sobre el cloro como RICHARDSON et al., (1998) quienes indican que el cloro es uno de los desinfectantes más utilizados en la industria alimenticia utilizándose para tratamiento del agua potable, de procesamiento y lavado de equipos y otras superficies. Es un germicida eficaz contra carga microbiana y su acción depende de la concentración empleada, pH, temperatura, contenido de materia mineral y orgánica; GAVIN Y WEDDIG (1995) manifiestan que la capacidad del cloro para destruir microorganismos depende de la cantidad residual libre, es decir, el cloro restante después de que reaccione con el material orgánico, en el agua. Éste reacciona con las impurezas del agua, como los minerales y sólidos orgánicos de los productos que se lavan. La cantidad de cloro que reacciona se denomina generalmente “demanda de cloro” del agua, la cual al ser satisfecha llega a un punto de inflexión en el que las posteriores adiciones de cloro existirán en forma de cloro residual libre. Las propiedades desinfectantes son proporcionadas únicamente por el cloro libre. La muerte de los microorganismos por acción del cloro se debe en parte a la combinación directa del cloro con las proteínas de las membranas celulares y los enzimas. Para destruir coliformes, mohos, virus, bacteriófagos y esporas se exige un alto contenido de cloro residual libre. La presencia de proteínas disminuye su contenido residual por lo cual no es recomendable emplearlo en productos con alto contenido de ellas. Algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta para el uso de soluciones de cloro como agentes desinfectantes para productos agrícolas frescos, son los siguientes: a) Los contenedores de metal y equipos de procesamiento pueden sufrir corrosión si el pH de la solución de cloro es demasiado bajo; b) Un pH de 6.0 – 7.5 a 20° C (68° F) es adecuado, ya que hay suficiente ácido hipocloroso (HOCl) disponible para desinfectar una superficie pero puede minimizarse la corrosión del equipo; c) El cloro se evapora cuando se eleva la temperatura de lavado; d) El cloro pierde su eficacia cuando el agua

de lavado contiene grandes cantidades de materia orgánica o cuando la solución se expone al aire, luz o metales. La cantidad de cloro libre puede monitorearse con unidades automatizadas o con kits comerciales y e) Debido a que el cloro puede provocar irritación cutánea después de una exposición prolongada, se recomienda el uso de equipo de protección. Las soluciones de cloro contienen moléculas de HOCl (ácido hipocloroso) y sus iones H^+ y $-OCl$ en equilibrio. De ellos, la forma no disociada del ácido HOCl es la forma que ejerce el efecto letal en los microorganismos. El equilibrio entre estas sustancias químicas se ve afectada por el pH. Los propios desinfectantes de cloro cambian el pH. A medida que desciende el pH, el equilibrio favorece la forma letal del ácido (HOCl). Por tanto, el pH es un importante factor en el efecto desinfectante de las soluciones de cloro. No obstante, un pH bajo favorece las reacciones de corrosión del metal, por esta razón, el uso de estos niveles de pH es más dañino para el equipo. El control de la temperatura debe formar parte de los Procedimientos Operativos Estándares de Sanitización para la preparación adecuada y el uso de este desinfectante. También debe monitorizarse el pH del agua – el rango óptimo es de 6.0 a 7.5. Cuando los valores del pH se encuentran fuera de este rango óptimo, pueden ajustarse mediante la adición de ácidos orgánicos o inorgánicos para reducir el pH. Normalmente se inyecta cloro gaseoso en una corriente de agua que pasa a través de un lecho de conchas de ostras trituradas u otro material alcalino que lleve el pH hasta casi el neutro. El agua pasa entonces al depósito de malla después de producido este ajuste del pH. Otros materiales alcalinos como el bicarbonato sódico o la lejía diluida (hidróxido) también pueden utilizarse para elevar el pH. A continuación se presentan las ventajas y desventajas del uso del cloro como agente desinfectante presentadas por International Commission on microbiological specifications for foods “ICMSF” (1980) teniendo como ventajas: Relativamente barato; acción rápida; Amplia acción contra muchos microorganismos; Incoloro; Fácil Preparación y uso; Fácil determinar la concentración. Las desventajas que presenta son: Inestable durante el almacenamiento; afectado por el contenido de materia orgánica (Pérdida de efecto germicida); Los virus tienden a ser resistentes; Corrosivo; La eficacia desciende cuando aumenta el pH de la solución y es tóxico a altos niveles. Los límites permisibles para el uso del Cloro consideran el efecto de soluciones de hipoclorito

sobre microorganismos en la superficie de hortaliza en general se utiliza en concentraciones de 50-200 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos. Las máximas reducciones alcanzadas son de aproximadamente 2 órdenes, siendo en muchos casos similares a las alcanzadas por tratamiento con agua. Los hipocloritos se encuentran implicados en una gran porción de los envenenamientos causados por los desinfectantes que han sido informados a los centros de control de envenenamientos en los Estados Unidos. La mayoría de estos han sido soluciones sódicas o de hipoclorito cálcico. El hipoclorito de cálcico y sódico posee una toxicidad relativamente baja. Son levemente corrosivos para los ojos, y se ha informado que causan quemaduras en las membranas mucosas” (CAMPOS, 2007).

“El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria debido a su bajo costo y también para reducir la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones. En general se utilizan soluciones acuosas de hipocloritos o de cloro gas. Cuando el cloro se disuelve en agua se forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico estableciéndose un equilibrio entre las distintas sustancias. Las soluciones de cloro contienen moléculas de HOCl (ácido hipocloroso) y sus iones H^+ y ClO^- en equilibrio. De ellos, la forma no disociada del ácido (HOCl) es la forma activa frente a los microorganismos. Cuando se disuelve hipoclorito en agua la reacción que ocurre es a la inversa, es decir el ión hipoclorito formado en la disolución de la sal forma ácido hipocloroso, estableciéndose el mismo equilibrio. El equilibrio entre estas sustancias químicas depende del pH. Al descender el pH, el equilibrio se desplaza hacia la forma no disociada, o sea el ácido hipocloroso predomina por lo que la acción antimicrobiana es mayor. Los porcentajes de ácido hipocloroso a pH 6 y 8 son de 97 y 23% respectivamente. Sin embargo a pH más bajos el equilibrio de la reacción se desplaza a la formación de cloro gas el cual se libera pudiendo producir intoxicaciones en los aplicadores. Por lo tanto, el pH es un factor de suma importancia a tener en cuenta en las soluciones de cloro. Utilizando soluciones de pH 6 se logra conseguir alta efectividad y estabilidad. El modo de acción del ácido hipocloroso se basa en su capacidad oxidante. Es altamente reactivo en presencia de materia orgánica, reaccionando con muchos grupos funcionales oxidándolos. Su capacidad de destruir

microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir el ácido hipocloroso restante después de reaccionar con la materia orgánica presente en el agua. Como resultado de la reacción con la materia orgánica, el ácido hipocloroso forma cloro gas pero también trihalo metanos como el cloroformo de posible acción cancerígena. Es por eso que existe preocupación por los operarios que utilizan estos desinfectantes. La exposición a vapores de cloro por tiempos prolongados puede causar irritación en la piel y el tracto respiratorio” (GARMENDIA, S/F).

“El cloro presenta las siguientes características:

Espectro: En concentraciones adecuadas son microbicidas, las esporas mueren más lentamente que las formas vegetativas, también los virus son inactivados. Como desinfectante general, se utiliza a una concentración de 1 g/l (1000 ppm), de cloro libre. En caso de salpicaduras de sangre o presencia de materia orgánica en alta cantidad, se recurre a una solución concentrada de 10 g/l (10.000 ppm), de cloro libre. Toxicidad: La inhalación de cloro, que es un gas irritante de las mucosas y del aparato respiratorio, puede producir hiper reactividad bronquial en individuos susceptibles. Cloro como desinfectante: El cloro, utilizado solo o en forma de hipoclorito sódico, actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que ésta pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores. La mayor parte del suministro de agua potable en Europa occidental depende de la cloración” (INCA, 2012).

“Los compuestos clorados son un grupo de desinfectantes más utilizados, tanto en medicina humana como veterinaria. El cloro fue uno de los primeros antisépticos en usarse” (SÁNCHEZ, 2005).

La disponibilidad de cloro por mol de peso de diferentes productos con cloro en su composición se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Disponibilidad de cloro por mol de peso

Agente Cloro disponible	(%)
Cloro gas	100
Hipoclorito de calcio	99.2
Hipoclorito de calcio comercial	70-74
Hipoclorito de sodio	95,2
Monocloramina	138
Tricloramina	177
Dióxido de cloro	263

Fuente: Belio (1997) citado por Muñoz (2017)

“El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria debido a su efectividad y bajo costo. Su mecanismo de acción se basa en una reacción de oxidación. Es altamente reactivo en presencia de materia orgánica, reaccionando con muchos grupos funcionales oxidándolos. Su capacidad de destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir el ácido hipocloroso restante después de reaccionar con la materia orgánica presente en el agua. El efecto de soluciones de hipoclorito sobre microorganismos en la superficie de frutas y hortalizas debe realizarse en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante 1 o 2 minutos. Posee un alto poder germicida contra bacteria gran positivas y gran negativas” (PEREZ, 2012).

1.2.4.2 Peróxido de hidrógeno

“La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Por definición, la germinación incorpora esos eventos que comienzan con la captación de agua por la semilla seca en reposo y terminan con el alargamiento del eje embrionario (formará la parte aérea de la planta) y la protrusión de la radícula (formará la raíz de la planta). Durante la germinación de semillas se produce la activación de una serie de procesos metabólicos que incluyen la degradación de proteínas de almacenamiento, la síntesis de novo de proteínas, la producción de energía, la biosíntesis de compuestos metabólicos primarios y secundarios y la activación de moléculas señalizadoras. Todos estos procesos que se producen durante la germinación son los que permiten el establecimiento y desarrollo de las plántulas (planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta

que se desarrollan las primeras hojas verdaderas). Las especies reactivas de oxígeno (ROS), especialmente peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2), se producen continuamente como subproductos de diferentes vías metabólicas. A pesar de que las ROS están consideradas como moléculas tóxicas, el agua oxigenada a bajas concentraciones puede actuar como una molécula señalizadora. En general, cada vez hay más evidencias que implican la señalización de ROS con la germinación de semillas. Las ROS aparecen ahora como moléculas importantes en el proceso de germinación, siempre que exista un equilibrio entre su producción y su eliminación (reguladas por el metabolismo antioxidante). Se ha descrito que tratamientos con H_2O_2 estimulan la germinación de semillas de patata, guisante y cebada, entre otras. El efecto positivo del H_2O_2 sobre la germinación de semillas puede ser atribuido al hecho de que la eliminación de H_2O_2 resulta en la producción de oxígeno necesario para diversos procesos metabólicos (VIVANCOS, 2013).

II. METODOS Y MATERIALES

2.1 Tipo y Diseño de Estudio

El presente estudio correspondió al experimental, el cual según Hernández *et al.* (2010) la investigación experimental es la que se realiza para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y porque lo hacen.

2.2 Lugar y duración

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Cutervo región Cajamarca del 3 al 18 de octubre de 2020 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

2.3 Tratamientos evaluados

Se implementaron 7 tratamientos con diferente dosis de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y tiempo de desinfección y n uno de ellos se utilizó lejía como desinfectante:

T0: Producción de GH de cebada con 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas y remojado durante 24 horas en agua pura.

T1: Producción de GH de cebada con 1ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.

T2: Producción de GH de cebada con 1ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.

T3: Producción de GH de cebada con 2ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.

T4: Producción de GH de cebada con 2ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.

T5: Producción de GH de cebada con 3ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.

T6: Producción de GH de cebada con 3ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.

A cada tratamiento se le asignó cinco repeticiones o bandejas hidropónicas.

2.4 Materiales

Semilla de cebada (*Hordeum vulgare*)

El cebada se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes resultados: 84.54%

y 87.33% procediendo a comprar 26.46 kg de semilla de cebada del mayor valor cultural. Adicionalmente se utilizó los siguientes materiales:

- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
- Hipoclorito de sodio

2.5 Instalaciones y equipo

- 2 torres de hidroponía.
- 35 bandejas plásticas para hidroponía de 0.144 m² de área.
- 7 baldes para remojo.
- 7 baldes para oreo con perforaciones en la base.
- 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- 1 Termo higrómetro.
- 1 mochila para riego por aspersión.
- 1 Computadora personal.

2.6 Técnicas experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 35 bandejas para el estudio, asignando cinco a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

- Etapa de Pre germinación:

Se calculó la cantidad de semilla de cebada necesaria utilizando el área de bandeja de 0.144 m² y la densidad de siembra de 3.5 kg /m² obteniendo 0.504 kg luego se multiplicó por las 35 bandejas en estudio (5 por tratamiento) dando un total de 17.64 kg de semilla de cebada “limpia” y considerando un máximo de 80 % de pureza se compró 22 kg de semilla de cebada en peso bruto. Luego se escogió los granos partidos paja y otras impurezas para obtener 17.64 kg de semilla limpia para la investigación.

- Se dividió la cantidad de semilla total entre 5 para obtener la cantidad por tratamiento dando 2.52 Kg para cada uno.

- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
 - El proceso de desinfección para cada tratamiento se realizó en cuatro litros de agua siendo:
 - T0: Producción de GH de cebada con 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas y remojo durante 24 horas en agua pura.
 - T1: Producción de GH de cebada con 1ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.
 - T2: Producción de GH de cebada con 1ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.
 - T3: Producción de GH de cebada con 2ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.
 - T4: Producción de GH de cebada con 2ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.
 - T5: Producción de GH de cebada con 3ml de H₂O₂ /L durante 12 horas.
 - T6: Producción de GH de cebada con 3ml de H₂O₂ /L durante 24 horas.
 - Luego del periodo de 2 horas de desinfección se lavó la semilla de T1 para eliminar el hipoclorito de sodio y se dejó en remojo en agua pura durante 24 horas en un balde identificado.
 - Transcurridas las 12 horas de desinfección de T1, T3 y T5 se procedió al segundo lavado para eliminar el peróxido de hidrogeno y se dejaron remojar en agua pura durante 12 horas adicionales hasta cumplir 24 horas en remojo.
 - Las bandejas de T2, T4 y T6 no fueron lavadas y se mantuvieron las 24 horas de remojo con el peróxido de hidrogeno.
 - Después 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 de cada tratamiento y se dividió entre 5 para tener una siembra homogénea por bandeja.
- Luego se trasladó a las cámaras de germinación provistas de manta oscura donde permanecieron por 5 días y se regó tres veces al día (7 a.m; 12 m; 7 p.m)
- El día 6 post siembra en bandejas se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos donde permanecieron hasta la cosecha (15 días de edad) continuando con el programa de riego.

Al momento de la cosecha de cada tratamiento se obtuvo un kg de muestra compuesta para ser trasladado al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para el análisis respectivo.

2.7 Variables evaluadas

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Producción de germinado hidropónico (GH) por metro cuadrado.
- Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado.
- Producción de proteína cruda (PC) por metro cuadrado.
- Producción de fibra cruda (FC) por metro cuadrado.
- Producción de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado.
- Producción de cenizas (CEN) por metro cuadrado.
- Rendimiento de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada.
- Rendimiento de materia seca (MS) de GH por kilogramo de semilla procesada.
- Evaluación económica de los tratamientos estudiados.

2.8 Evaluación de la información

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

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$

Ha: Al menos una media difiere del resto.

Para contrastar las hipótesis se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con igual número de repeticiones (5 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

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

Donde:

Y_i = Efecto de la j-ésima bandeja del i-ésimo tratamiento

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ijk} = Error experimental de la j-ésima bandeja del i-ésimo tratamiento.

Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p < 0.05$) aplicando el software estadístico Infostat-e V.17 y hoja de Excel.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento.

3.1.1 Producción de germinado hidropónico por bandeja (TCO).

A los 15 días de edad se procedió a la cosecha de cada tratamiento iniciando con el peso de germinado hidropónico de cada bandeja cuyos resultados se aprecian en la tabla 2 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 2.1) se hallaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) presentando mayor peso total el tratamiento cuya semilla de cebada fue desinfectado con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) utilizando una dosis de 3 ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 2.47 kg superando en 2.83% al peso total de germinado hidropónico del tratamiento testigo (T0) desinfectado con lejía utilizando 1ml/L de agua durante dos horas según indicaciones de Ruesta (2013).

Tabla 2. Peso (kg) de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento (TCO)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	2.50	2.40	2.24	2.40	2.38	2.44	2.50
B 2	2.60	2.40	2.20	2.24	2.60	2.28	2.50
B 3	2.10	2.48	2.24	2.40	2.44	2.24	2.48
B 4	2.54	2.33	2.15	2.35	2.16	2.30	2.36
B 5	2.26	2.34	2.14	2.20	2.36	2.17	2.52
Total/tratamiento	11.99	11.94	10.97	11.59	11.93	11.42	12.35
Promedio	2.40ab	2.39c	2.19ab	2.32abc	2.39ab	2.28bc	2.47a

3.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de cebada de cada tratamiento.

Con la muestra compuesta de cada tratamiento se realizó el análisis de composición química del Germinado Hidropónico en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia cuyos resultados se realizan en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de Germinado Hidropónico de cebada por tratamiento (100% BS).

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Materia seca (% TCO)	18.95	19.33	19.47	18.98	19.09	20.09	20.13
PC	13.11	12.98	13.18	13.59	13.46	13.54	12.93
EE	2.80	2.96	2.89	2.97	2.79	2.74	3.17
FC	11.43	12.44	12.62	12.92	12.42	11.79	12.39
CEN	2.92	3.01	3.05	3.48	3.05	3.06	3.04

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

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

El área de bandeja que se utilizó en el presente estudio fue de 0.144 m² y con la información de la tabla 3 se calculó el rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca cuyos resultados se aprecian en la tabla 4. Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 2.2) se hallaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos logrando los mejores resultados utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 17.15 kg, superando en 2.92% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas y remojando durante 24 horas en agua pura (T0) y en 3.32% al tratamiento que utilizó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 1ml/L de agua durante 12 horas de desinfección (T1) que presentó el menor rendimiento de todos los tratamientos con 16.58 kg de GH/m² rindiendo 0.42% menos que T0 indicando que esta dosis no tuvo efecto en la germinación de las semillas actuando casi igual que la dosis de hipoclorito de sodio utilizada en T0.

Tabla 4. Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	17.36	16.67	16.94	16.67	16.53	16.94	17.36
B 2	18.06	16.67	15.83	15.56	18.06	15.83	17.36
B 3	14.58	17.22	15.56	16.67	16.94	15.56	17.22
B 4	17.60	16.15	15.94	16.28	14.97	15.94	16.35
B 5	15.66	16.22	15.03	15.28	16.35	15.03	17.47
Total/tratamiento	83.26	82.92	79.31	80.45	82.85	79.31	85.76
Promedio	16.65ab	16.58c	15.86bc	16.09abc	16.57ab	15.86bc	17.15a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Para calcular el aporte de materia seca (MS) por metro cuadrado de cada tratamiento, se utilizó la información de aporte de materia seca de cada tratamiento de la tabla 3 e información de la tabla 4. Los resultados se aprecian en la tabla 5 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 2.3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando los mejores resultados utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 3.45kg, ligeramente por debajo de los 3.53 kg MS/m² logrados con luz Led roja en etapa de germinación (TABOADA, 2019) pero superando en 11.88% al rendimiento de materia seca por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) con 3.04 kg MS/m² y en 13.91% al tratamiento que utilizó peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a dosis de 1ml/L de agua durante 12 horas de desinfección (T1) que presentó el menor rendimiento de todos los tratamientos con 2.97kg de MS/m² rindiendo 2.3% menos que los 3.04kg MS/m² de T0 cuya semilla de cebada se desinfectó con lejía utilizando 1ml/litro de agua durante 2 horas.

Tabla 5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	3.29	3.01	3.30	3.16	3.16	3.40	3.49
B 2	3.42	2.95	3.08	2.95	3.45	3.18	3.49
B 3	2.76	3.01	3.03	3.16	3.23	3.13	3.47
B 4	2.76	3.01	3.03	3.16	3.23	3.13	3.29
B 5	2.97	2.87	2.93	2.90	3.12	3.02	3.52
Total/tratamiento	15.20	14.85	15.36	15.34	15.82	15.93	17.23
Promedio	3.04bc	2.97c	3.07bc	3.07bc	3.24b	3.17bc	3.45a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).

Para calcular los aportes de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 3 y la

producción de MS de cada tratamiento de la tabla 5, los resultados se aprecian en la tabla 6 y al realizar el análisis de varianza (anexo 2.4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de PC/m² utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 0.45kg, rindiendo ligeramente por debajo de los 0.49 kg logrados utilizando luz led roja en la etapa de germinación (TABOADA,2019) pero superó en 11.11% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) con 0.4 Kg PC/m² y en 13.33% al tratamiento que utilizó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 1ml/L de agua durante 12 horas de desinfección (T1) que presentó el menor rendimiento de todos los tratamientos con 0.39 kg de PC/m² rindiendo 2.5% menos que T0 debido principalmente al bajo peso obtenido a la cosecha, indicando que esta dosis es muy baja para lograr superar el efecto del hipoclorito de sodio y con mayor dosis y tiempo de aplicación se demuestra lo afirmado por VIVANCO (2013) que el H₂O₂ estimula la germinación de semillas de cebada y por lo tanto incrementaría el rendimiento de proteína ya que los granos sin germinar no mejoran el contenido proteico de la cebada.

Tabla 6. Producción de Proteína Cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.43	0.39	0.43	0.41	0.41	0.45	0.46
B 2	0.45	0.39	0.40	0.39	0.45	0.42	0.46
B 3	0.36	0.39	0.40	0.41	0.42	0.41	0.45
B 4	0.36	0.39	0.40	0.41	0.42	0.41	0.43
B 5	0.39	0.38	0.38	0.38	0.41	0.40	0.46
Total/tratamiento	1.99	1.95	2.02	2.01	2.13	2.16	2.33
Promedio	0.40bc	0.39c	0.40bc	0.40bc	0.42b	0.42bc	0.45a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).

Para calcular los aportes de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 3 y producción de materia seca por tratamiento de la tabla 5. Los resultados se aprecian en la tabla 7 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 2.5) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de EE/m² utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 0.11kg EE/m² similar al rendimiento logrado de 0.11 kg utilizando luz led roja en etapa de germinación (TABOADA, 2019) pero superó en 18.18% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) con 0.09 kg EE/m² y en el mismo porcentaje lo presentaron T2, T3, T4 y T5 con 0.09 kg EE/m².

Tabla 7. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.11
B 2	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.11
B 3	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11
B 4	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10
B 5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.11
Total/tratamiento	0.43	0.44	0.44	0.46	0.44	0.44	0.47
Promedio	0.09bc	0.09c	0.09bc	0.09bc	0.09b	0.09bc	0.11a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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

Para calcular los aportes de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado en base seca se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 3 y producción de MS por tratamiento de la tabla 5. Los resultados se aprecian en la tabla 8. El análisis de varianza (anexo 2.6) evidenció diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de FC/m²

utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 0.43 kg FC/m², superando en 18.6% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) y que fue el más bajo de todos los tratamientos con 0.35 kg FC/m² pero todos superaron los 0.15 kg FC/m² logrados por Taboada (2019) quien utilizó lejía en el proceso de desinfección y luz led roja en la etapa de germinación de la semilla.

Tabla 8. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.38	0.37	0.42	0.41	0.39	0.40	0.43
B 2	0.39	0.37	0.39	0.38	0.43	0.38	0.43
B 3	0.32	0.37	0.38	0.41	0.40	0.37	0.43
B 4	0.32	0.37	0.38	0.41	0.40	0.37	0.41
B 5	0.34	0.36	0.37	0.37	0.39	0.36	0.44
Total/tratamiento	1.74	1.85	1.94	1.98	1.96	1.88	2.03
Promedio	0.35e	0.37de	0.39bcd	0.40bc	0.40b	0.37cd	0.43a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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

Para calcular los aportes de cenizas (CEN) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional de la tabla 4 y la producción de materia seca por tratamiento de la tabla 6. Los resultados se aprecian en la tabla 10 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 2.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejores resultados el tratamiento utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 0.1 kg CEN/m², superando en 10.0% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) y al rendimiento de cenizas del tratamiento que utilizó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 1ml/L de agua durante 12 horas de desinfección (T1) con 0.09 kg CEN/m². Todos estuvieron por debajo de los 0.47 kg de Ceniza reportados por Taboada (2019) quien utilizó lejía en la etapa de desinfección y luz led roja en la etapa de germinación.

Tabla 9. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.10	0.09	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11
B 2	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.10	0.11
B 3	0.08	0.09	0.09	0.11	0.10	0.10	0.11
B 4	0.08	0.09	0.09	0.11	0.10	0.10	0.10
B 5	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.11
Total/tratamiento	0.44	0.45	0.47	0.53	0.48	0.49	0.53
Promedio	0.09c	0.09c	0.09bc	0.11a	0.10b	0.10b	0.10a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.2 Productividad de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento.

La productividad expresada en el rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en rendimiento de Germinado Hidropónico fresco y en kg de materia seca por kg de semilla procesada.

3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca y materia seca (Kg).

Basados en la información de la tabla 2, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 10. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 2.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) presentando mayor rendimiento de GH/kg de semilla el tratamiento que desinfectó las semillas utilizando 3 ml de H₂O₂/Litro de agua durante 24 horas (T6) con 4.90 kg de GH/kg de semilla superando en 2.85% al rendimiento del tratamiento que fue desinfectado con 1 ml de lejía/litro de agua durante dos horas que presentó un rendimiento de 4.76 kg de GH/kg de semilla, rindiendo por debajo de los 5.75 kg de productividad reportada por Taboada (2019) quien utilizó lejía como desinfectante durante dos horas y luz led roja en la etapa de germinación. El menor rendimiento se logró utilizando 1 ml de H₂O₂/L de agua durante 12 horas con 4.76 kg de GH/kg de

cebada indicando que a mayor concentración de H₂O₂/L de agua y mayor tiempo de remojo hay mayor rendimiento de GH/kg de cebada pero todos los rendimientos de productividad obtenidos en el presente estudio se hallan por debajo de los reportes de la FAO (2001) de 12 a 18 kg de GH/kg de semilla cosechando entre los 10 a 15 días de haber sembrado.

Tabla 10. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	4.96	4.44	4.84	4.76	4.72	4.84	4.96
B 2	5.16	4.37	4.52	4.44	5.16	4.52	4.96
B 3	4.17	4.44	4.44	4.76	4.84	4.44	4.92
B 4	5.03	4.27	4.55	4.65	4.28	4.55	4.67
B 5	4.47	4.25	4.30	4.37	4.67	4.30	4.99
Total/tratamiento	23.79	21.77	22.66	22.99	23.67	22.66	24.50
Promedio	4.76ab	4.35c	4.53bc	4.60abc	4.73ab	4.53bc	4.90a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferente

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

Para obtener el rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento se aplicaron los niveles de materia seca de cada tratamiento. Los resultados se muestran en la tabla 11. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 2.9) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejores resultados utilizando peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 3ml/L de agua durante 24 horas de desinfección (T6) con 0.99 kg de MS/kg de semilla rindiendo por debajo del rendimiento de 1.17 kg MS logrados por Taboada (2019) quien desinfectó con lejía y utilizo luz led roja en la etapa de germinación, pero superó en 10% al rendimiento de 0.9 kg MS/kg de semilla del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T0) y superó en 15.15% al rendimiento de 0.84 kg de MS/kg de semilla del tratamiento que utilizó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a dosis de 1ml/L de agua durante 12 horas de desinfección (T1) que fue el rendimiento más bajo de todos los

tratamientos pero todos superaron los 0.09 kg MS/kg de semilla cosechado a los 17 días en Ecuador (Sinchiguano,2008).

Tabla 11. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.94	0.86	0.94	0.90	0.90	0.97	1.00
B 2	0.98	0.84	0.88	0.84	0.98	0.91	1.00
B 3	0.79	0.86	0.87	0.90	0.92	0.89	0.99
B 4	0.95	0.82	0.89	0.88	0.82	0.91	0.94
B 5	0.85	0.82	0.84	0.83	0.89	0.86	1.00
Total/tratamiento	4.51	4.21	4.41	4.36	4.52	4.55	4.93
Promedio	0.90bc	0.84c	0.88bc	0.87bc	0.90bc	0.91b	0.99a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.3 Información del clima.

La información de temperatura mínima y máxima (°C) y humedad relativa (%) fue tomada con un termo higrómetro a las 7:00 am; 12:00 m y 7:00 pm durante la etapa de producción del 12 al 18 de octubre de 2020 (Anexo 3). Los resultados promedios de la que se aprecian en la tabla 12 indican que hubo picos de temperaturas máximas alrededor de 20.67 °C y mínimas de 13.07 °C con humedad relativa máxima de 59.43% y mínima de 49.15%. Estos rangos no se encontraron dentro de la zona de confort recomendada para las transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C), lo cual habría influido en el rendimiento total de todos los tratamientos dado que al haber menor humedad que la requerida las plantas sufrieron mayor evaporación restringiendo el desarrollo.

Tabla 12. Temperatura mínima y máxima (°C) y humedad relativa promedio (%).

	Tº min (°C)	Tº max (°C)	Hº prom (%)
Media	14.62	18.74	54.29
D.S	1.58	1.92	5.14

3.4 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de cebada.

El costo de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de cebada de cada tratamiento se realizó con la estructura de costos presentado en el Anexo 4 valorizando el costo del litro de agua a S/. 0.05, y S/.1.10 el kg de cebada, a S/ 0.003 el ml de lejía y a S/ 0.005 el ml de H₂O₂. Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla 13 donde el menor costo por kg de Germinado Hidropónico en base fresca y kg de materia seca (kg MS) lo presentó el tratamiento 6 utilizando 0.25 ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección y cosechado a 15 días de edad.

El ahorro de costo de producción de un kg de germinado hidropónico en base fresca (TCO) con respecto al tratamiento testigo fue de 11.5% y de igual manera al evaluar el costo de producción de 1kg de materia seca con respecto al costo de producción del testigo se ahorró 17.5%. Estos resultados estarían influenciados por la menor necesidad de agua en el proceso ya que la semilla desinfectada durante 24 horas con H₂O₂ no necesitó el segundo lavado para eliminar el peróxido de hidrógeno como si es necesario al desinfectar con lejía, esto implica por lo tanto menor necesidad de mano de obra para esta labor y además la mayor producción de germinado hidropónico por kg de semilla también influye en el costo de producción. Los resultados se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13. Costos de producción de un kilogramo de GH de cebada en base fresca (TCO) y kg de materia seca de cada tratamiento (S/).

Tratamiento	TCO	MS
T0	0.87	4.4
T1	0.95	4.71
T2	0.79	3.86
T3	0.91	4.56
T4	0.83	3.95
T5	0.92	4.38
T6	0.77	3.63

IV. CONCLUSIONES

- La dosis de H₂O₂ y tiempo de desinfección en la etapa de desinfección y remojo si influye en la producción y productividad en el germinado hidropónico de semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) en Cutervo – Cajamarca.
- Los mejores rendimientos de producción por metro cuadrado: 17.15 Kg GH; 3.45 kg MS; 0.45 kg PC; 0.11 kg EE; 0.43 kg FC y 0.10 kg CEN así como mejor productividad por kg de GH de cebada (*Hordeum vulgare*): 4.90 GH/kg de semilla de cebada y 0.99 kg de MS de kg de GH/kg de semilla de cebada se lograron desinfectando con 3 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas de desinfección y cosechado a los 15 días de edad.
- El uso de 3 ml de H₂O₂/L de agua durante 24 horas de desinfección generó un costo de producción de kg de GH de cebada en base fresca (TCO) 10% más económico que el costo de GH de cebada que ha sido desinfectada con 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas de tiempo y remojada con agua pura durante 24 horas.

V. RECOMENDACIONES

1. Continuar investigando nuevas dosis de peróxido de Hidrógeno (H_2O_2)/L de agua y tiempos de desinfección tomando como base 3ml H_2O_2 /L de agua durante 24 horas.
2. Evaluar la acción del H_2O_2 sobre la proliferación de hongos en germinado hidropónico de cebada y otras gramíneas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

CAMPOS, M. (2007). “EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN PARA HORTALIZAS QUE SE CONSUMEN EN CRUDO”. Publicado Octubre de 2007. Recuperado el 15 de noviembre de 2020 de http://ri.ues.edu.sv/2015/1/Evaluaci%C3%B3n_de_m%C3%A9todos_de_desinfecci%C3%B3n_para_hortalizas_que_se_consumen_en_crudo.pdf

CHAUCA; ZALDIVAR; MUSCARI; HIGAONNA; GAMARRA; FLORIAN. 1994. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes. Tomo II. Instituto de Investigación

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.

GARCIA, R; GUTIÉRREZ, M.L Y VALENZUELA, M. (S/F) Fase fermentativa de la germinación de las semillas. Recuperada el 24 de octubre de 2020 de http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/germinacion_semillas.pdf

GARMENDIA G. et al (S/f). “Métodos para desinfección de frutas y hortalizas”. Visitado el 15 de noviembre de 2019. Disponible en <http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/cloro.pdf>

GUEVARA CUBAS SEGUNDO E. (2013) Rendimiento de Germinado Hidropónico (G.H.) de cebada (*hordeum vulgare*) en seis niveles de densidad de siembra. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 64 pp

INCA W. (2012). “Evaluación de tres clases de desinfectantes (cloro, yodo y peróxido) para mejorar la calidad e inocuidad de las lechugas, zanahoria y rábanos producidas y comercializada por los productores agroecológicos de cebadas”. Publicado Mayo de 2012. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2224/1/27T0197.pdf>

- MUÑOZ, D. 2017. Dióxido de cloro puro y estable: estudio de las características fisicoquímicas y análisis de viabilidad técnico-económico de sus aplicaciones industriales. 2017. Tesis de grado. Escuela técnica superior de ingeniería (ICAI) Master en ingeniería industrial. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. En línea. Recuperado el 30 de octubre de 2020 de [repositorio.comillas.edu › xmlui › handle › TFM000863](http://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/TFM000863)
- PEREZ, N. (2012). “Determinación de la resistencia en cepas de listeria monocytogenes aislada a partir de muestras de espinaca spinaceaoleracea utilizando germicidas para la desinfección de alimentos”. Publicado Setiembre de 2012. Visitado el 5 de noviembre de 2020. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2311/>
- PICHILINGUE, C. 1994. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empare, gestación y lactación. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 107 p.
- QUIÑONES, R. 2011. Producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y arroz (*Oryza sativa*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 70 pp.
- REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 48 p.
- 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. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 116 p.
- SANCHEZ L. (2005). “ANTISÉPTICOS Y DESINFECTANTES”. Publicado Junio de 2005. Recuperado el 15 de junio de 2020 de http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?pid=S1028-71752005000200002&script=sci_arttext
- SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, cebada, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. (En línea). Tesis (Ing. Zootecnista). Riobamba, EC, Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. 108 p. Recuperada el 2 de noviembre de 2020 de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- TABOADA, J. 2019. Luz led azul y roja en germinación para la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 60 p.

- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.
- VIVANCOS, P. 2013. Agua oxigenada y germinación de semillas. En línea. Recuperado el 15 de junio de 2020 de <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/02/28/agua-oxigenada-y-germinacion-de-semillas/>

ANEXOS

1. Composición química de germinado hidropónico de cebada en base fresca (TCO).

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
PC	2.48	2.51	2.57	2.58	2.57	2.72	2.60
EE	0.53	0.57	0.56	0.56	0.53	0.55	0.64
FC	2.17	2.40	2.46	2.45	2.37	2.37	2.49
CEN	0.55	0.58	0.59	0.66	0.58	0.61	0.61

2. Análisis de Varianza (ANAVA)

2.1. ANAVA peso de germinado hidropónico/bandeja (Kg)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg/bandeja	35	0.38	0.25	5.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.25	6	0.04	2.90	0.0252
Tratamiento	0.25	6	0.04	2.90	0.0252
Error	0.40	28	0.01		
Total	0.64	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0142 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T6	2.47	5	0.05	A		
T0	2.40	5	0.05	A	B	
T2	2.39	5	0.05	A	B	
T4	2.39	5	0.05	A	B	
T3	2.32	5	0.05	A	B	C
T5	2.28	5	0.05		B	C
T1	2.19	5	0.05			C

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

2.2 ANAVA producción de GH/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/m2	35	0.37	0.24	5.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.10	6	2.02	2.76	0.0309
Tratamiento	12.10	6	2.02	2.76	0.0309
Error	20.44	28	0.73		
Total	32.54	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.7301 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T6	17.15	5	0.38	A		
T0	16.65	5	0.38	A	B	
T4	16.57	5	0.38	A	B	
T3	16.09	5	0.38	A	B	C
T5	15.86	5	0.38		B	C
T2	15.86	5	0.38		B	C
T1	15.24	5	0.38			C

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

2.3. ANAVA Rendimiento MS/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS/m2	35	0.53	0.43	5.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.78	6	0.13	5.20	0.0010
Tratamiento	0.78	6	0.13	5.20	0.0010
Error	0.70	28	0.03		
Total	1.49	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0251 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T6	3.45	5	0.07	A		
T4	3.24	5	0.07		B	
T5	3.17	5	0.07		B	C
T2	3.07	5	0.07		B	C
T3	3.07	5	0.07		B	C
T0	3.04	5	0.07		B	C
T1	2.97	5	0.07			C

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

2.4. ANAVA Rendimiento PC/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC/m2	35	0.53	0.43	5.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	6	2.3E-03	5.20	0.0010
Tratamiento	0.01	6	2.3E-03	5.20	0.0010
Error	0.01	28	4.3E-04		
Total	0.03	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0004 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T6	0.45	5	0.01	A		
T4	0.42	5	0.01		B	
T5	0.42	5	0.01		B	C
T2	0.40	5	0.01		B	C
T3	0.40	5	0.01		B	C
T0	0.40	5	0.01		B	C
T1	0.39	5	0.01			C

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

2.5. ANAVA Rendimiento EE/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EE/m ²	35	0.78	0.74	4.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.1E-03	6	3.4E-04	16.88	<0.0001
Tratamiento	2.1E-03	6	3.4E-04	16.88	<0.0001
Error	5.7E-04	28	2.0E-05		
Total	2.6E-03	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T6	0.11	5	2.0E-03	A
T3	0.09	5	2.0E-03	B
T4	0.09	5	2.0E-03	B
T2	0.09	5	2.0E-03	B
T1	0.09	5	2.0E-03	B
T5	0.09	5	2.0E-03	B
T0	0.09	5	2.0E-03	B

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

2.6. ANAVA rendimiento FC/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC/m ²	35	0.67	0.60	4.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	6	3.4E-03	9.39	<0.0001
Tratamiento	0.02	6	3.4E-03	9.39	<0.0001
Error	0.01	28	3.6E-04		
Total	0.03	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0004 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T6	0.43	5	0.01	A
T4	0.40	5	0.01	B
T3	0.40	5	0.01	B C
T2	0.39	5	0.01	B C D
T5	0.37	5	0.01	C D
T1	0.37	5	0.01	D E
T0	0.35	5	0.01	E

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

2.7. ANAVA rendimiento cenizas/m2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CEN/m2	35	0.70	0.63	4.95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.5E-03	6	2.5E-04	10.83	<0.0001
Tratamiento	1.5E-03	6	2.5E-04	10.83	<0.0001
Error	6.5E-04	28	2.3E-05		
Total	2.1E-03	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T3	0.11	5	2.1E-03	A		
T6	0.10	5	2.1E-03	A		
T4	0.10	5	2.1E-03		B	
T5	0.10	5	2.1E-03		B	
T2	0.09	5	2.1E-03		B	C
T1	0.09	5	2.1E-03			C
T0	0.09	5	2.1E-03			C

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

2.8. ANAVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg GH/Kg	35	0.37	0.24	5.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.99	6	0.16	2.76	0.0309
Tratamiento	0.99	6	0.16	2.76	0.0309
Error	1.67	28	0.06		
Total	2.66	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0596 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T6	4.90	5	0.11	A		
T0	4.76	5	0.11	A	B	
T4	4.73	5	0.11	A	B	
T3	4.60	5	0.11	A	B	C
T5	4.53	5	0.11		B	C
T2	4.53	5	0.11		B	C
T1	4.35	5	0.11			C

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

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg MS/Kg	35	0.50	0.39	5.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	6	0.01	4.59	0.0023
Tratamiento	0.06	6	0.01	4.59	0.0023
Error	0.06	28	2.2E-03		
Total	0.12	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0022 gl: 28

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T6	0.99	5	0.02	A	
T5	0.91	5	0.02		B
T4	0.90	5	0.02		B C
T0	0.90	5	0.02		B C
T2	0.88	5	0.02		B C
T3	0.87	5	0.02		B C
T1	0.84	5	0.02		C

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

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

Fecha	Hora	Tº min (°C)	Tº max (°C)	Hº prom (%)
12/10/2020	07:00	14.7	19.5	54%
	12:00	15.6	17.1	49%
	07:00	12.4	16.3	52%
13/10/2020	07:00	15.7	19.7	66%
	12:00	18.6	24.0	49%
	07:00	15.3	20.5	56%
14/10/2020	07:00	16.8	18.7	60%
	12:00	16.7	23.5	49%
	07:00	12.2	18.5	54%
15/10/2020	07:00	16.8	20	56%
	12:00	16.6	23.6	49%
	07:00	15.4	18	57%
16/10/2020	07:00	15.8	18.3	55%
	12:00	17.6	22	49%
	07:00	14.3	17.7	54%
17/10/2020	07:00	16.9	19.7	56%
	12:00	18.8	23.4	49%
	07:00	13.5	17.5	56%
18/10/2020	07:00	15.9	17.6	55%
	12:00	19.0	23.2	49%
	07:00	14.1	18.7	66%

4. Estructura de costos de producción de MS de Germinado Hidropónico de cebada
(*Hordeum vulgare*) de T6

(Horacum vulgare) de 10					
PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACION (3 días)	cebada	Kg.	2.52	1.10	2.77
	Agua 1 lavado	L	5.04	0.05	0.25
	Agua desinfección	L	3.78	0.05	0.19
	Lejía	L	0.000	0.003	0.00
	Peróxido de hidrógeno	ml	11.340	0.005	0.06
	Agua 2do lavado	L	0.00	0.05	0.00
	Agua remojo	L	3.78	0.05	0.19
	Mano de obra	Horas	0.63	3.125	1.97
	Sub Total				
GERMINACION (5 días)	Agua	L	5.670	0.05	0.28
	Mano de obra	Horas	0.295	3.125	0.92
	Sub Total				
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	25.2	0.05	1.26
	Mano de Obra	Horas	0.33	3	1.00
	Sub Total				
TOTAL					8.89
Costo de produccion por tratamiento (S/)					8.89
Rendimiento/tratamiento (Kg)					12.35
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico					0.72
Costo de depreciación/kg					0.05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de cebada					0.77