



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ZOOTECNIA

Dosis de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección de cebada
(*Hordeum vulgare*) para producción de germinado hidropónico

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR:

Bach. Cabrera Aliaga, Aldo Isaac

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.

Lambayeque, abril de 2021

**Dosis de dióxido de cloro (ClO₂) y tiempo de desinfección de cebada
(*Hordeum vulgare*) para producción de germinado hidropónico**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR

Bach. Cabrera Aliaga, Aldo Isaac

Aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Alejandro Flores Paiva
Presidente

Ing. Rogelio Acosta Vidaurre
Secretario

Ing. José Humberto Gamonal Cruz
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL

N° 002- 2021/FIZ

Siendo las 11:20 am del día miércoles 12 de mayo de 2021, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 066-2021-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 28 de abril de 2021, que autoriza la sustentación virtual de la tesis "DOSIS DE DIOXIDO DE CLORO (CIO₂) Y TIEMPO DE DESINFECCION DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA PRODUCCION DE GERMINADO HIDROPONICO", por el Bachiller CABRERA ALIAGA ALDO ISAAC, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/dbg-cgxn-fuu>, los miembros de jurado designados por Resolución N° 119-2019-CF/FIZ de fecha Lambayeque 30 de diciembre del 2019: Ing. Alejandro Flores Paiva (Presidente); Ing. Rogelio Acosta Vidaurre (Secretario); Ing. José Humberto Gamonal Cruz (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° 047-2020-VIRTUAL-FIZ/D de fecha 04 de noviembre 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/nvu-zqio-hiw>, para deliberar y calificar la sustentación de la tesis: "DOSIS DE DIOXIDO DE CLORO (CIO₂) Y TIEMPO DE DESINFECCION DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA PRODUCCION DE GERMINADO HIDROPONICO" a cargo del Bachiller CABRERA ALIAGA ALDO ISAAC; 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 CABRERA ALIAGA ALDO ISAAC, 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 13:06 horas se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

Ing. Alejandro Flores Paiva
Presidente

Ing. Rogelio Acosta Vidaurre, MSc.
Secretario

Ing. José Humberto Gamonal Cruz
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Asesor

DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
Presente es copia fiel del original a la que me remito
en caso necesario

Lambayeque 19 de Julio del 2021

Ing. Pedro Antonio Del Campio Ramer, Dr.
FEDATARIO
Decano (e)

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Cabrera Aliaga, Aldo Isaac investigador principal, e Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr. asesor, del trabajo de investigación: **Dosis de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección de cebada (*Hordeum vulgare*) para producción de germinado hidropónico**, 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, 12 de mayo de 2021.

.....
, Bach. Cabrera Aliaga, Aldo Isaac
Investigador

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

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Jehová, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi abuela por formar la parte más importante de mi manera de ser, mi empatía por los demás. A mi madre por su apoyo estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi hermana Cecilia por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me has brindado a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi amigo Antonio Gamonal porque en este tiempo de amistad dedico este logro y a sus cientos de consejos y su apoyo prácticamente incondicional hacia mi persona, por eso amigo dedico este logro a la amistad que nos une.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Amanda y Miguel, por ser los principales promotores de este logro. Agradezco a los docentes de la Escuela de Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ingeniero Napoleón Corrales Rodríguez patrocinador de este proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente.

CONTENIDO	Página
Resumen/Abstract	viii
INTRODUCCION	1
 I. DISEÑO TEORICO	 3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	5
1.2.1 Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo	5
1.2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico	6
1.2.3 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos	9
1.2.4 Desinfección de la semilla	12
 II. METODOS Y MATERIALES	 22
2.1 Tipo y Diseño de Estudio	22
2.2 Lugar y duración	22
2.3 Tratamientos evaluados	22
2.4 Materiales	23
2.5 Instalaciones y equipo	23
2.6 Técnicas experimentales	24
2.7 Variables evaluadas	25
2.8 Evaluación de la información	25
 III. RESULTADOS Y DISCUSION	 26
3.1 Producción de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento	26
3.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO).	26
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).	26
3.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).	28
3.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de	29

cada tratamiento (Kg).	
3.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).	30
3.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).	31
3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).	32
3.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base fresca (Kg).	33
3.2 Productividad de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento.	35
3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca y materia seca (Kg).	35
3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada.	36
3.3 Información del clima.	37
3.4 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de cebada	37
 IV. CONCLUSIONES	 39
V. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFIA CITADA	41
ANEXOS	45
 INDICE DE TABLAS	
Tabla 1. Disponibilidad de cloro por mol de peso.	21
Tabla 2. Peso (kg) de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento (TCO) .	27
Tabla 3. Contenido nutricional de Germinado Hidropónico de cebada por tratamiento (%).	28
Tabla 4. Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	28
Tabla 5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	29

Tabla 6. Producción de Proteína Cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	31
Tabla 7. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	32
Tabla 8. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	33
Tabla 9. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	34
Tabla 10. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	36
Tabla 11. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	36
Tabla 12. Costos de producción de un kilogramo de GH de cebada en base fresca (TCO) y kg de materia seca de cada tratamiento (S/.)	37
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/)	38

Dosis de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección de cebada (*Hordeum vulgare*) para producción de germinado hidropónico

Resumen

Del 14 de setiembre al 3 de octubre de 2020 en Lambayeque se investigó la dosis óptima de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección en la producción de Germinado Hidropónico de Cebada evaluando siete tratamientos T1: Desinfección de semilla utilizando 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas; T2: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos; T3: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos; T4: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos; T5: Desinfección de semilla utilizando 0.5ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos; T6: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos y T7: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos, cosechados a 15 días. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones (5 bandejas) y prueba de comparación múltiple de Duncan y, hallando diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Los mejores resultados en rendimiento (kg/m^2) de PC, EE, FC y CEN; productividad de MS y GH (Kg/kg de semilla) y más económico se logró desinfectando la semilla de cebada utilizando 0.25 ml ClO_2 /L durante 15 minutos

Palabras clave: Cebada; hidropónico, dióxido de cloro.

Chlorine dioxide (ClO_2) dose and disinfection time of barley (*Hordeum vulgare*) from production of hydroponic sprouts

Summary

From September 14 to October 3, 2020 in Lambayeque, the optimal dose of chlorine dioxide (ClO_2) and disinfection time in the production of Hydroponic Barley Sprouts were investigated, evaluating seven treatments: T1: Seed disinfection using 1 ml of bleach / L of water for 2 hours; T2: Seed disinfection using 0.25 ml ClO_2 / L of water for 5 minutes; T3: Seed disinfection using 0.25 ml ClO_2 / L of water for 10 minutes; T4: Seed disinfection using 0.25 ml ClO_2 /L of water for 15 minutes; T5: Seed disinfection using 0.5ml ClO_2 / L of water for 5 minutes; T6: Seed disinfection using 0.5 ml ClO_2 / L of water for 10 minutes and T7: Seed disinfection using 0.5 ml ClO_2 / L of water for 15 minutes, harvested at 15 days. A Completely Random Design was used with the same number of repetitions (5 trays) and Duncan's multiple comparison test and, finding statistical differences ($p < 0.05$). The best performance results (kg / m^2) of PC, EE, FC and CEN; productivity of DM and GH (Kg / kg of seed) and more economical was achieved by disinfecting the barley seed using 0.25 ml ClO_2 / L for 15 minutes

Keywords: Barley; hydroponic, chlorine dioxide.

INTRODUCCION

Los estudios de producción del Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) aún no logran superar los 10 kg de GH de cebada (TCO) por kg de semilla procesada, pero se necesita seguir incrementando este rendimiento para reducir los costos de producción y se desconoce cuál es la interacción adecuada entre tiempo de remojo, tiempo de oreo y edad a la cosecha de cebada en Lambayeque.

Formulación del problema

Se ha formulado la siguiente interrogante ¿Se podrá determinar la dosis de dióxido de Cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección que influya en la producción y productividad de Germinado Hidropónico en semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque?

Hipótesis

Si se podrá determinar la dosis de dióxido de Cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección que influya en la producción y productividad de Germinado Hidropónico en semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque.

Justificación del estudio.

El estudio se justifica porque hasta el momento no se ha evaluado el efecto del Dióxido de cloro en el proceso de desinfección de semillas de Cebada para germinado hidropónico como alternativa de sustitución del Hipoclorito de Sodio y reducción de agua en esta producción para alimentación animal.

Objetivos:

Objetivo general.

Determinar la dosis óptima de dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de desinfección en la producción de Germinado Hidropónico de cebada en Lambayeque.

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

GUEVARA (2013) en Lambayeque evaluó el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/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”.

QUINONES (2011) evaluó 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.

RUESTA (2013) evaluó el tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla en germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque y halló diferencias altamente significativas entre tratamientos referidos a la producción de Proteína Cruda (PC) de raíz de Germinado Hidropónico por m². Siendo el mejor tratamiento con 1ml de lejía por litro de agua durante 120 minutos de remojo con una producción de 2.027 Kg de proteína cruda (PC)/m².

VASQUEZ (2020) evaluó la interacción entre la dosis de dilución de solución nutritiva por volumen de agua y volumen de aplicación por metro cuadrado en la producción de GH de cebada validando la hipótesis científica del presente estudio concluyendo que los mejores rendimientos de producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado se lograron utilizando una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicando 4 litros por metro cuadrado (*Hordeum vulgare*) por día durante la etapa de producción: 20.36 kg GH (TCO); 4.28

kg MS; 0.54 kg PC; 0.19 kg EE; 0.54 kg FC y 0.12 kg CEN así como la mejor productividad por kg de semilla de cebada procesada logrando: 6.79 kg de Germinado Hidropónico (TCO) y 1.43 kg de MS cosechados a 15 días de edad.

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

SINCHIGUANO (2008) “en Ecuador la productividad en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla en cinco especies de semilla fueron: 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.

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

TABOADA (2019) “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 utilizando 1 ml de lejía por litro de agua y se cosecharon a 15 días. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones y se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos presentando mejores rendimientos (Kg/m²) en MS: 3.53; PC: 0.49; EE: 0.11; FC: 0.15 y CEN: 0.47 Kg/m². En productividad (Kg/kg de semilla) se logró 5.75 Kg de Germinado Hidropónico fresco y 1.17 kg de materia seca producido con luz LED roja en etapa de germinación.

1.2 Bases teóricas.

1.2.1 Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo.

GARCIA et al. (S/f) dicen que “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 que son Fase I: La semilla se comienza a hidratar y comienza la respiración; 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; 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 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”.

REGALADO (2009) señala que “el forraje hidropónico (FH) viene a ser el resultado del proceso de germinación de los granos de cereales o leguminosas (cebada, 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”.

PICHILINGUE (1994) refiere que “para lograr una mayor germinación y crecimiento, la luz solar y la ventilación deben ser abundantes. Debe conservarse una constante circulación de aire en la solución, para obtener buenos resultados. 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”.

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

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

1.2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico

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

- **“Lavado:** Para realizar el lavado de la semilla se inunda el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza.
- **La pre-germinación:** Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en el que se encuentran los factores determinantes de la pre-germinación y son: la temperatura, humedad y oxigenación. Para realizar la pre-germinación la semilla se humedece durante 24 horas con agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener la humedad relativa alta.
- **La siembra:** Se realiza sobre las bandejas que se han escogido que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.
- **La germinación:** Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura las cuales le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta. Se recomienda utilizar: Semillas, solución de lejía (hipoclorito de sodio al 5.25%) al 1%, solución nutritiva, balanza, aspersor y señalan como procedimiento el

siguiente: a) Pesar las semillas; b) Escoger las semillas para eliminar la presencia de semillas partidas, semillas de otra planta, piedras, pajas, etc.; c) Lavar las semillas con agua para eliminar residuos más pequeños y obtener semillas limpias; d) Las semillas deben ser lavadas y desinfectadas previamente con una solución de lejía al 1% (10 ml de lejía en un litro de agua), dejando remojar en esta solución por 30 minutos a 1 hora, luego se enjuaga con agua; e) Las semillas se remojan por 24 horas, añadiendo agua hasta sumergirlas completamente; f) Transcurrido el tiempo, se procede a escurrir el agua y a lavar la semilla. La capa de semillas se nivela en la bandeja y se riega con un nebulizador cada tres horas por 30 segundos, pero solo para mantener húmedas las semillas. La capa de semillas no debe exceder de 1.5cm; g) Cuando aparezcan las primeras hojitas, aproximadamente al cuarto día si se desea se riega con una solución de (5ml de la solución A y 2ml de la solución B por cada cuatro litros de agua), hasta el séptimo día, los demás días solo se regara con agua; h) La cosecha debe realizarse a los 10 días, con una altura promedio de forraje de 20 a 25cm obteniendo 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1:6 aproximadamente. Cuando el forraje tiene un crecimiento normal se observa un crecimiento homogéneo en la capa de raíces y las hojas pero durante el proceso pueden presentarse problemas y los más frecuentes son: La falta de luz o su mala distribución que ocasionan: a) Etiolación de las plantas con crecimiento alargado y amarillento causado por falta de luz; b) Deformación de la capa radicular por la mala distribución de luz, el efecto puede ser revertido hasta el quinto día girando la bandeja 180°. En el caso del agua tiene un efecto irreversible si hay estancamiento en las bandejas puede causar en los primeros días la pudrición de las semillas. Cuando la planta tienen varios días se produce la pudrición de las raíces (se tornan oscuras) y marchitamiento de la punta de las hojas. La falta de agua produce adelgazamiento de hojas y raíces. La presencia de hongos se debe a temperaturas elevadas, falta de circulación de aire en el ambiente y limpieza deficiente de semillas y ambiente”.

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

1.2.3 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos.

Ventajas

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

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

- **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 desciende 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”.

TARRILLO (2005), presenta las ventajas del germinado hidropónico:

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 de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero se ven obligados a comprar forraje”.

FAO (2001) manifiesta que “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”.

Desventajas

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

1.2.4 Desinfección de la semilla.

1.2.4.1 Lejía

CAMPOS (2007) indica que “los desinfectantes más utilizados en la actualidad para tratar hortalizas, y describe al Cloro citando a varios autores como RICHARDSON et al., (1998) quienes dicen que el cloro es uno de los desinfectantes más utilizados en la industria alimenticia. Se utiliza para el tratamiento del agua potable, de procesamiento y lavado de equipos y otras superficies. El cloro es un germicida eficaz contra carga microbiana, su acción germicida depende de la concentración empleada, pH, temperatura, contenido de materia mineral y orgánica. También cita a GAVIN Y WEDDIG, (1995), quienes manifiestan que la capacidad del cloro para destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir, el cloro restante después de que reaccione con el material orgánico, en el agua. El cloro 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. Una vez satisfecha la demanda de cloro, hay 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; 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 descende 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. Los envenenamientos severos no son muy frecuentes en estas soluciones con estos agentes”.

GARMENDIA (S/F) indica que “el cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfección de superficies en contacto con alimentos 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 dissociada 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. El autor indica que según la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de EEUU (OSHA) el límite de exposición para trabajadores es de 1ppm en aire y se recomienda no más de 0.5 ppm en aire en jornadas de 10 horas durante semanas de trabajo de 40 horas . A su vez, la posible formación de compuestos órgano clorados durante el tratamiento de fruta y hortalizas con cloro también es un peligro potencial para estos operarios”.

INCA (2012), presenta las características del cloro de la siguiente manera: “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 más 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. 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”.

SÁNCHEZ (2005). Dice que “los compuestos clorados son uno de los grupos de desinfectantes más utilizados a lo largo de la historia, tanto en medicina humana como en veterinaria. El cloro fue uno de los primeros antisépticos en usarse, incluso antes de conocerse su mecanismo de acción, y antes que se supiera el auténtico papel de los microorganismo en las enfermedades infecciosas. Fue descubierto en Scheele en 1774, y sólo fue perfectamente estudiado en 1809 por Gay-Lusac, Thénard, Dhalbi. El cloro es un potente agente germicida con amplio espectro de actividad, activo frente a bacterias, esporas, hongos, virus y protozoos. Presenta efectos bactericidas rápidos. Es un agente oxidante que inactivan proteínas enzimáticas. La presencia de materia orgánica disminuye su actividad. El cloro es posiblemente el biocida industrial más usado hoy en día. Se utilizó durante mucho tiempo para la desinfección de los abastecimientos de agua domésticos y para la eliminación del sabor y los olores del agua. El principio activo, el cloro, se puede presentar en forma gaseosa, soluciones de hipoclorito y cloramina T. Sus principales presentaciones son: Hipocloritos: Son los desinfectantes más utilizados de los derivados clorados y están disponibles comercialmente en forma líquida (hipoclorito de sodio) o sólida (hipoclorito cálcico, dicloroisocianurato sódico). El mecanismo de acción sobre los microorganismos es poco conocido, pero se postula que actúan inhibiendo las reacciones enzimáticas y desnaturalizando las proteínas. Los hipocloritos tienen un extenso espectro de actividad, son bactericidas, virucidas, fungicidas y esporicidas, pero actividad variable frente a micro bacterias, según la concentración en que se use. Las soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl al 2% y al 5%) son probablemente los compuestos liberadores de halógenos mejor conocidos y figuran entre los desinfectantes más antiguos. Son extremadamente efectivos frente a todo tipo de microorganismos, pero pierden gran parte de su actividad en presencia de materia orgánica. El hipoclorito de sodio se presenta en solución a una concentración de 5,25%. Para las desinfecciones, las diluciones en uso son entre 0,1% y 1%. Las ventajas de esta solución sobre los otros desinfectantes incluyen la baja toxicidad a concentraciones de uso, la facilidad de manejo y el costo relativamente bajo”.

CONTRERAS (1995) indica que “de acuerdo a LA NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM) existe una sensibilidad al Hipoclorito de Sodio a una concentración de 85 mg/ml de leche de vaca. El Hipoclorito de Sodio en una solución acuosa al 5% se descompone por exposición a la luz. La concentración recomendada para la desinfección de equipo de lechería es de 800 mg/l, a esta concentración desinfecta con eficacia la superficie limpia. Si hay residuos considerables de materia orgánica, ésta se combina con el Hipoclorito de Sodio en solución y neutraliza su acción desinfectante. Se han descrito intoxicaciones en animales a consecuencia del consumo de suero de leche contaminado con hipocloritos utilizados para la desinfección de los recipientes donde se deposita el suero, y como consecuencia de haber usado por error cal clorada en lugar de lechada de cal. El efecto principal de estos compuestos, que liberan cloro en solución, es la irritación del intestino. Una concentración de Hipoclorito de Sodio a 5 mg/l, es la máxima concentración”.

PEREZ (2012) manifiesta que “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”.

1.2.4.2 Dióxido de cloro

DEININGER, et. al (2013) indican que “el dióxido de cloro es un desinfectante más potente que el cloro y la cloramina. El ozono tiene mayores efectos microbicidas, pero una capacidad de desinfección residual limitada. La investigación reciente en los Estados Unidos y Canadá demuestra que el dióxido de cloro destruye enterovirus, E. coli y amebas y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium* (Finch y otros, 1997). El dióxido de cloro existe en el agua como ClO_2 (poca o ninguna disociación) y, por

lo tanto, puede pasar a través de las membranas celulares de las bacterias y destruirlas (Junli y otros, 1997). El efecto que tiene sobre los virus incluye su adsorción y penetración en la capa proteica de la cápside viral y su reacción con el RNA del virus. Como resultado, se daña la capacidad genética del virus (Junli y otros, 1997a). En comparación con el cloro, el dióxido de cloro puede ser más efectivo como desinfectante debido a que en el agua existe cloro en forma de HOCl u OCl⁻ y, en consecuencia, las paredes de las células bacterianas se cargan negativamente y repelen estos compuestos, lo que genera una menor penetración y absorción del desinfectante a través de las membranas”.

LENNTech (2020) precisa que “el dióxido de cloro es un biocida oxidante y no una toxina metálica. Esto significa que dióxido de cloro mata microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de la membrana celular, no por interrupción del proceso metabólico y sólo reacciona con compuestos de sulfuro reducidos, y aminas secundarias y terciarias, y algún otro reactivo reducido orgánico activo. Esto permite muchas menores dosificaciones de dióxido de cloro para lograr un residuo más estable que el ozono y el cloro. El dióxido de cloro, generado correctamente (todos los dióxidos de cloro no son creados igual), se puede utilizar con eficacia en un cargamento orgánico mucho más alto que el ozono o el cloro debido a su selectividad. La eficacia del dióxido de cloro es por tan eficaz como el cloro, aunque en concentraciones más bajas. Pero tiene más ventajas importantes: 1) La eficacia bactericida es relativamente inafectada con valores de pH entre 4 y 10; 2) El dióxido de cloro es claramente superior al cloro en la destrucción de esporas, bacterias, virus y otros organismos patógenos en una base residual igual; 3) El tiempo requerido de contacto para el ClO₂ es más bajo; 4) El dióxido de cloro tiene una mejor solubilidad; 5) Ninguna corrosión se asoció a altas concentraciones del cloro. Reduce costes de mantenimiento a largo plazo; 6) El dióxido de cloro no reacciona con NH₃ o NH₄⁺; 7) Destruye los precursores THM y aumenta la coagulación; 8) ClO₂ destruye los fenoles y no deja ningún olor distinto y 9) Es mejor en separar compuestos del hierro y del magnesio que el cloro, especialmente en complejos límite”.

MUÑOZ (2017) presenta una revisión extensa sobre las propiedades del dióxido de cloro e indican que “Un biocida debe ser un producto o materia activa que sea razonablemente efectivo para eliminar prácticamente toda la actividad microbiana. Las características condicionantes de un biocida radican en la conjunción costo, efectividad y medioambiente. El mecanismo de acción es diverso, encontrando biocidas que alteran la permeabilidad de las paredes celulares interfiriendo en procesos vitales, penetrando en paredes celulares y citoplasma donde destruyen los grupos proteicos esenciales para la vida, oxidando los grupos proteínicos dando lugar a la muerte de la célula, etc (Belío, 1997). En primer lugar, se presentan los microbiocidas no oxidantes, los cuales no oxidan sus estructuras celulares, pero inhibe a los microorganismos mediante la interferencia de procesos vitales. En algunas aplicaciones son los más efectivos, estando en este grupo los fenoles clorados, compuestos orgánicos del estaño, derivados de la Triazina, sales de amonio cuaternario, carbonatos, compuestos órgano sulfurados, aminas, entre otros (Belío, 1997). Sin embargo, el alto coste de diversas aplicaciones, la creación de resistencia ante algunos productos, y los efectos toxicológicos y de daño medioambiental, suponen una barrera para la completa inserción de dichos biocidas, estando presentes en menos de un 20 % de las aplicaciones actuales (Clodos Technology STC, 2016). Por otro lado, se presentan los extensamente utilizados microbiocidas oxidantes. El mecanismo de un biocida oxidante consiste precisamente en oxidar los grupos proteínicos impidiendo la actividad enzimática normal y produciendo la muerte de la célula (Belío, 1997). Dicha actuación está basada en el ciclo de Krebs (Mamushina & Zubkova, 1992) al matar a los microorganismos por la interrupción del transporte y generación energética de la célula, durante la fosforilación en el ciclo de Krebs, inhibiendo la catálisis mediada por el Fe. Una de las propiedades más relevantes del ClO₂ radica en que es 100% efectivo entre pH 4 y 10. Otros desinfectantes como el cloro, presentan una reducción muy significativa de su eficacia ante pH alcalinos. Bajo circunstancias normales, el dióxido de cloro no se hidroliza, siendo esta la razón por la que el potencial de oxidación es alto y la capacidad de desinfección no viene determinada por el valor del pH (Lenntech, 2017). La siguiente ilustración muestra como otros desinfectantes ven reducida su eficacia en más de un 50 % en aplicaciones con un pH de 7.5 (pH de 7.5 es muy común en instalaciones industriales o aguas potables) el dióxido de cloro (ClO₂) es una

molécula pequeña, muy volátil, que reacciona con otras sustancias mediante oxidación, que aun perteneciendo al mismo tipo de biocida, su comportamiento es totalmente opuesto a, por ejemplo, el cloro que actúa por sustitución (Molina, 2012). Dentro de esta clasificación, se puede analizar que el ClO₂ tiene una resistencia a la oxidación baja, pero una capacidad de oxidación muy elevada. Al tener un potencial de oxidación bajo, permite que las sustancias no tengan tendencia a reaccionar con el ClO₂, siendo por lo tanto más selectivo en sus reacciones. Por el contrario, la capacidad de oxidación se refiere al número de electrones transferidos durante una reacción de reducción u oxidación. El átomo de cloro presente en la molécula de ClO₂ tiene un número de oxidación +4, por lo que el dióxido de cloro acepta 5 electrones cuando se reduce a ion cloruro. De ello se obtiene que teóricamente el ClO₂ tiene una capacidad de oxidación de más de 2.5 veces que el cloro. Tanto el cloro como el dióxido de cloro son agentes oxidantes, es decir, reciben electrones. Por un lado, el cloro tiene la capacidad de tomar 2 electrones, mientras que el dióxido de cloro tiene la capacidad de tomar 5 (Gates Chemical Laboratory, 1933). Esta mayor capacidad, junto con la desventaja del cloro de formar derivados clorados con la materia orgánica, es una de las características que explican la mayor efectividad del dióxido de cloro (Rivera, 2016). “En la tabla 1, realiza una comparación de la disponibilidad de “cloro”, ya que es la materia activa que se toma como referencia para la desinfección. Dicha proporción de cloro disponible se calcula a partir del cloro gas. De los resultados experimentados se muestra que el dióxido de cloro nos da un valor de 263 % (Belío, 1997)”.

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

II. METODOS Y MATERIALES

2.1 Tipo y Diseño de Estudio

El presente estudio correspondió al experimental, el cual según Hernández *et al.* (2010) 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 se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque del 19 de setiembre al 3 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 dióxido de cloro y tiempo de desinfección de semilla de cebada incluido un tratamiento que se desinfectó la semilla utilizando lejía:

T1: Desinfección de semilla utilizado 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas.

T2: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos.

T3: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos.

T4: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos.

T5: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos.

T6: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos.

T7: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos.

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

2.4 Materiales

Semilla de cebada (*Hordeum vulgare*).

La cebada se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes resultados: 84.54% y 87.33% procediendo a comprar 22 kg de semilla de cebada del mayor valor cultural. Adicionalmente se utilizó los siguientes materiales:

- Dióxido de Cloro (ClO_2)
- Hipoclorito de sodio.

2.5 Instalaciones y equipo

- 3 torres de hidroponía.
- 35 bandejas plásticas para hidroponía de 0.144 m^2 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 de riego.
- 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 m^2 y la densidad de siembra de 3.5 kg /m^2 obteniendo 0.594 kg por

bandeja y al multiplicar 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 pureza de cebada de 80 % (técnicas experimentales) lo que el 100 % haría un total de 22 kg de semilla de cebada en peso bruto comprados. 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 7 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:

T1: Desinfección de semilla utilizado 1 ml de lejía/L durante 2 horas.

T2: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos.

T3: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos.

T4: Desinfección de semilla utilizando 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos.

T5: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos.

T6: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 10 minutos.

T7: Desinfección de semilla utilizando 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 15 minutos.

- Luego del periodo de desinfección se lavó la semilla de T1 para eliminar el hipoclorito de sodio y se dejó en remojo durante 24 horas en un balde identificado.
- En los tratamientos cuyas semillas fueron desinfectadas con ClO_2 se realizó el siguiente procedimiento:
 - Luego de 5 minutos las semillas de T2 y T5 sólo se cambiaron por agua pura y se dejaron en remojo por 24 horas identificando cada balde.
 - Luego de 10 minutos las semillas de T3 y T6 sólo se cambiaron por agua pura y se dejaron en remojo por 24 horas identificando cada balde.

- Luego de 15 minutos las semillas de T4 y T7 sólo se cambiaron por agua pura y se dejaron en remojo por 24 horas identificando cada balde.
 - Después del remojo las semillas de cada balde de remojo 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 siete 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:

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

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.19 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 1) se hallaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) presentando mayor peso total el tratamiento cuya semilla de cebada fue desinfectado con Dióxido de cloro (ClO_2) utilizando una dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección (T4) con 3.22 kg superando en 22.67% 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	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	2.9	2.75	3.10	2.55	2.42	1.96	2.44
B 2	1.9	2.59	2.87	3.9	2.77	2.87	2.60
B 3	2.35	1.98	2.05	3.41	2.69	3.45	2.59
B 4	3.2	2.64	2.35	3.01	2.87	3.54	2.01
B 5	2.5	2.50	2.59	3.22	2.65	2.96	2.42
Total/tratamiento	12.85	12.46	12.96	16.09	13.40	14.78	12.06
Promedio	2.57b	2.49b	2.59b	3.22a	2.68ab	2.96ab	2.41b

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).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Materia seca	20.07	18.86	19.01	19.30	20.20	19.94	20.12
PC	14.05	13.60	13.93	14.92	14.90	14.14	13.62
EE	2.84	3.14	2.96	3.15	2.83	3.03	3.12
FC	11.14	12.33	11.92	12.98	11.82	12.25	12.29
CEN	3.07	3.36	3.40	3.69	2.92	2.62	2.55

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) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos logrando los mejores resultados utilizando Dióxido de cloro (ClO₂) a dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección (T4) con 22.35 kg, superando en 8.14% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que fue desinfectado con ClO₂ a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 10 minutos (T6) y superó 20.13% al rendimiento del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1).

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	20.14	19.10	21.53	17.71	16.81	13.61	16.94
B 2	13.19	17.99	19.93	27.08	19.24	19.93	18.06
B 3	16.32	13.75	14.24	23.68	18.68	23.96	17.99
B 4	22.22	18.33	16.32	20.90	19.93	24.58	13.96
B 5	17.36	17.36	17.99	22.36	18.40	20.56	16.81
Total/tratamiento	89.24	86.53	90.00	111.74	93.06	102.64	83.75
Promedio	17.85b	17.31b	18.00b	22.35a	18.61ab	20.53ab	16.75b

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 3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando los mejores resultados utilizando Dióxido de cloro (ClO_2) a dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección con 4.42 kg MS/m² (T4), superando en 7.92% al rendimiento por metro cuadrado del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 10 minutos (T6) y superó en 24.21% al rendimiento de 3.35 kg de MS/m² del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1) y superó en 30.09% al rendimiento de 3.09 kg MS/m² del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.25 ml/L de agua durante 5 minutos (T2) que presentó el menor rendimiento de materia seca por metro cuadrado de todo el estudio. Todos estos rendimientos superaron el rendimiento de 1.43 kg MS/m² logrado por Vásquez (2020) y de 1.17 kg MS/m² logrados por Taboada (2019) y los 0,779 Kg de MS/Kg de semilla reportados por Guevara (2013) quienes desinfectaron la semilla de cebada con lejía y cosecharon a los 15 días de edad.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	4.04	3.60	4.09	3.42	3.39	2.71	3.41
B 2	2.65	3.39	3.79	5.23	3.89	3.97	3.63
B 3	3.28	2.59	2.71	4.57	3.77	4.78	3.62
B 4	3.28	2.59	2.71	4.57	3.77	4.78	2.81
B 5	3.48	3.27	3.42	4.32	3.72	4.10	3.38
Total/tratamiento	16.73	15.45	16.71	22.10	18.80	20.47	16.70
Promedio	3.35bc	3.09c	3.34bc	4.42a	3.71abc	4.07ab	3.37bc

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 4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de PC/m^2 utilizando Dióxido de cloro (ClO_2) a dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección con 0.62 kg PC/m^2 (T4), superando en 8.06% al rendimiento de 0.57 kg PC/m^2 del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 10 minutos (T6) y superando ligeramente al rendimiento de 0.54 kg PC/m^2 logrados por Vásquez (2020) quien utilizó una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicando 4 litros por metro cuadrado por día durante la etapa de producción y superó en 24.19% al rendimiento de 0.47 kg de PC/m^2 del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1) rindiendo ligeramente por debajo de los 0.49 kg PC/m^2 logrados utilizando luz LED roja en la etapa de germinación (Taboada, 2019) y superó en 30.65% al rendimiento de 0.43 kg PC/m^2 del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.25 ml/L de agua durante 5 minutos (T2) que presentó el menor rendimiento de PC/m^2 de todo el estudio. Esta respuesta nos indica que no se puede utilizar indiscriminadamente el ClO_2 ya que dentro del grupo de dosis de $0.25\text{ml ClO}_2/\text{L}$ de agua el tratamiento que fue expuesto durante 5 minutos (T2) rindió ligeramente por debajo del tratamiento desinfectado solo con hipoclorito de sodio (lejía) durante dos horas (T1) probablemente por no tener el tiempo necesario para acceder al oxígeno disponible del dióxido de cloro que se optimiza al ser expuesto durante 15 minutos con la misma dosis de aplicación por litro de agua y se vuelve negativo al duplicar la dosis a 0.5ml/L de agua durante 5, 10 o 15 minutos reduciendo el rendimiento de PC/m^2 difiriendo en este aspecto con lo manifestado por García et al. (s/f) de que las altas concentraciones de oxígeno favorecen la germinación de las plantas pero que se verían comprometidos con el cloro disponible en este compuesto

ya que la disponibilidad de cloro por mol de peso es 263% en el ClO_2 y en la lejía sólo es 95.2%.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	0.57	0.51	0.58	0.48	0.48	0.38	0.48
B 2	0.37	0.48	0.53	0.73	0.55	0.56	0.51
B 3	0.46	0.36	0.38	0.64	0.53	0.67	0.51
B 4	0.46	0.36	0.38	0.64	0.53	0.67	0.39
B 5	0.49	0.46	0.48	0.61	0.52	0.58	0.48
Total/tratamiento	2.35	2.17	2.35	3.11	2.80	2.89	2.36
Promedio	0.47bc	0.43c	0.47bc	0.62a	0.52abc	0.57ab	0.47bc

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 5) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de EE/m^2 utilizando Dióxido de cloro (ClO_2) a dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección con 0.14 kg EE/m^2 (T4), superando en 14.29% al rendimiento de 0.12 kg EE/m^2 del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 10 minutos (T6) y superó en 35.09% al rendimiento de 0.37 kg de EE/m^2 del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1) y superó en 28.57% al rendimiento de 0.1 kg EE/m^2 de los tratamientos T1, T2, y T3 entre los cuales no hubo diferencia estadística cuyo rendimiento fue similar a los 0.11 Kg EE/m^2 logrados utilizando luz LED roja durante la germinación (Taboada, 2019) que utilizó lejía en el proceso de desinfección. Los rendimientos de extracto etéreo del tratamiento que se desinfectó solo con hipoclorito de sodio (lejía) durante dos horas

(T1) presentó resultados similares a los que utilizaron 0.25ml de ClO₂/L de agua durante 5 y 10 minutos indicando que esta dosis y tiempos no favorecen la deposición de EE y que el duplicar la dosis a 0.5 ml/L de agua durante 5, 10 y 15 minutos mejoró la disposición de este nutriente pero no superaron el nivel óptimo logrado con 0.25ml de ClO₂/L de agua durante 15 minutos de exposición sin embargo todos los tratamientos rindieron menos que los 0.19 kg EE/m² logrados con semilla provista de luz LED roja en la etapa de Germinación (Taboada,2019).

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	0.11	0.11	0.12	0.11	0.10	0.08	0.11
B 2	0.08	0.11	0.11	0.16	0.11	0.12	0.11
B 3	0.09	0.08	0.08	0.14	0.11	0.14	0.11
B 4	0.09	0.08	0.08	0.14	0.11	0.14	0.09
B 5	0.10	0.10	0.10	0.14	0.11	0.12	0.11
Total/tratamiento	0.48	0.48	0.49	0.70	0.53	0.62	0.51
Promedio	0.10c	0.10c	0.10c	0.14a	0.10bc	0.12ab	0.11bc

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 7) evidenció diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) logrando el mejor rendimiento de FC/m² utilizando Dióxido de cloro (ClO₂) a dosis de 0.25ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección con 0.57 kg FC/m² (T4) superando ligeramente a los 0.54 kg FC/m² logrados con semilla sometida a luz LED roja en la etapa de germinación

(Taboada, 2019) y al mismo rendimiento logrado utilizando una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicando 4 litros por metro cuadrado (*Hordeum vulgare*) por día durante la etapa de producción (Vásquez, 2020) y superó en 12.28% al rendimiento de 0.50 kg FC/m² del tratamiento que fue desinfectado con ClO₂ a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 10 minutos (T6) y superó en 35.09% al rendimiento de 0.37 kg de FC/m² del tratamiento que utilizó 1ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1) y superó en 33.33% al rendimiento de 0.38 kg FC/m² del tratamiento que fue desinfectado con ClO₂ a dosis de 0.25 ml/L de agua durante 5 minutos (T2) que presentó el menor rendimiento de FC/m². La producción de fibra cruda depende de la edad de la planta y su contenido de celulosa motivo por el cual el mayor contenido de FC en este tratamiento se correlaciona con el rendimiento de GH/m² que fue mayor en el tratamiento que se desinfectó con 0.25ml de ClO₂/L de agua durante 15 minutos (T4).

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	0.45	0.44	0.49	0.44	0.40	0.33	0.42
B 2	0.29	0.42	0.45	0.68	0.46	0.49	0.45
B 3	0.36	0.32	0.32	0.59	0.45	0.59	0.44
B 4	0.36	0.32	0.32	0.59	0.45	0.59	0.35
B 5	0.39	0.40	0.41	0.56	0.44	0.50	0.42
Total/tratamiento	1.86	1.91	1.99	2.87	2.22	2.51	2.05
Promedio	0.37c	0.38c	0.40c	0.57a	0.44bc	0.50ab	0.41bc

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 8.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas

entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejores resultados el tratamiento utilizando Dióxido de cloro (ClO_2) a dosis de 0.25 ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección con 0.16 kg CEN/m² (T4), superando en 31.25% al rendimiento de 0.11 kg CEN/m² del tratamiento que fue desinfectado con ClO_2 a dosis de 0.5 ml/L de agua durante 5 y durante 10 minutos (T5 y T6 respectivamente) y superó en 37.50% al rendimiento de 0.1 Kg de CEN/m² del tratamiento que utilizó 1 ml de lejía por litro de agua para desinfectar la cebada durante dos horas (T1) el cual fue mínimamente inferior al rendimiento de 0.12 Kg CEN/m² utilizando una dosis de 1 ml de solución hidropónica (0.75 ml de A y 0.25 ml de B) diluido en 2 litros de agua y aplicando 4 litros por metro cuadrado diariamente durante la etapa de producción. (Vásquez, 2020). El contenido de cenizas del tratamiento que se desinfectó con hipoclorito de sodio (lejía) durante dos horas (T4) fue estadísticamente similar ($p > 0.05$) al tratamiento que recibió 0.25 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos (T1) así como los que recibieron 0.5 ml ClO_2 /L de agua durante 5 minutos (T5) y 10 minutos (T6) demostrando que la acción del oxígeno disponible de este compuesto y niveles de cloro disponible no mejoraron el contenido de cenizas en el germinado hidropónico. El menor rendimiento de cenizas de germinado hidropónico se vio afectado por la mayor concentración y mayor tiempo de exposición al ClO_2 (T7).

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	0.12	0.12	0.14	0.13	0.10	0.07	0.09
B 2	0.08	0.11	0.13	0.19	0.11	0.10	0.09
B 3	0.10	0.09	0.09	0.17	0.11	0.13	0.09
B 4	0.10	0.09	0.09	0.17	0.11	0.13	0.07
B 5	0.11	0.11	0.12	0.16	0.11	0.11	0.09
Total/tratamiento	0.51	0.52	0.57	0.82	0.55	0.54	0.44
Promedio	0.10bc	0.10bc	0.11b	0.16a	0.11bc	0.11bc	0.09c

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 8.7) 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 0.25ml de ClO_2 /Litro de agua durante 15 minutos (T4) con 6.38 kg de GH/kg de semilla rindiendo por encima de los 5.75 Kg de GH/kg de semilla reportados por Taboada quien utilizó luz LED roja en la germinación de semillas (Taboada, 2019) y superando en 20.06% al rendimiento del tratamiento que fue desinfectado con 1 ml de lejía/litro de agua durante dos horas que presentó un rendimiento de 5.1 kg de GH/kg de semilla. El menor rendimiento se logró utilizando 0.5 ml de ClO_2 /L de agua durante 15 minutos con 4.79 kg de GH/kg de cebada indicando que a mayor concentración de ClO_2 /L de agua y mayor tiempo hay una baja en el rendimiento de GH/kg de cebada. Todos los rendimientos de productividad obtenidos en el presente estudio se hallan por debajo del rendimiento de 7.22 Kg GH/m² reportados por Guevara (2013) y 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	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	5.75	5.46	6.15	5.06	4.80	3.89	4.84
B 2	3.77	5.14	5.69	7.74	5.50	5.69	5.16
B 3	4.66	3.93	4.07	6.77	5.34	6.85	5.14
B 4	6.35	5.24	4.66	5.97	5.69	7.02	3.99
B 5	4.96	4.96	5.14	6.39	5.26	5.87	4.80
Total/tratamiento	25.50	24.72	25.71	31.92	26.59	29.33	23.93
Promedio	5.10b	4.94b	5.14b	6.38a	5.32ab	5.87ab	4.79b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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 8.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejores resultados desinfectando la semilla de cebada con 0.25 ml ClO_2/L de agua durante 15 minutos (T4) con 1.23 kg de MS/kg de semilla rindiendo por debajo del rendimiento de 1.43 kg MS/Kg (Vásquez, 2020) pero superó en 17.07% al tratamiento que desinfectó la semilla de cebada con 1 ml de lejía/L de agua durante 2 horas que presentó 1.02 kg GH/kg de cebada (T1) superando ligeramente al rendimiento de 1.0 kg de MS/kg de cebada cosechado a los 17 días en Ecuador (Sinchiguano, 2008) pero ligeramente por debajo de los 1.17 kg de MS logrados por Taboada (2019).

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	1.15	1.03	1.17	0.98	0.97	0.78	0.97
B 2	0.76	0.97	1.08	1.49	1.11	1.14	1.04
B 3	0.94	0.74	0.77	1.31	1.08	1.36	1.03
B 4	1.27	0.99	0.89	1.15	1.15	1.40	0.80
B 5	1.00	0.94	0.98	1.23	1.06	1.17	0.97
Total/tratamiento	5.12	4.66	4.89	6.16	5.37	5.85	4.81

Promedio	1.02ab	0.93b	0.98b	1.23a	1.07ab	1.17ab	0.96b
----------	--------	-------	-------	-------	--------	--------	-------

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 5 de abril al 12 de abril de 2020 (Anexo 10). Los resultados promedios de la que se aprecian en la tabla 12 indican que hubo picos de temperaturas alrededor de 26°C y humedades máximas alrededor de 92% a nivel de máximas y temperaturas alrededor de 19.35°C y 77.78% de humedad relativa que podrían haber generado mayor evaporación del agua condicionando el desarrollo de la planta. Estos rangos 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).

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

	T° min	T° max	H° min	H° max
	(°C)	(°C)	(%)	(%)
Media	17.88	23.39	72.05	86.14
D.S	1.48	2.69	5.73	5.96

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 11 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/ 0.075 el ml de ClO₂. 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 4 utilizando 0.25 ml/L de agua durante 15 minutos de desinfección y cosechado a 15 días de edad.

El ahorro de costo en tal como ofrecido fue de 21.69% el cual estuvo influenciado por la menor necesidad de agua ya que la semilla desinfectada con ClO₂ no necesita el segundo lavado como si es necesario al desinfectar con lejía así como menor necesidad

de mano de obra para esta labor y además la mayor producción de germinado hidropónico por kg de semilla también permite reducir el costo de producción.

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/).

	TCO	MS
T1	0.83	3.89
T2	0.83	4.18
T3	0.80	3.99
T4	0.65	3.17
T5	0.78	3.66
T6	0.71	3.36
T7	0.86	4.07

IV. CONCLUSIONES

1. La dosis de desinfección y tiempo de desinfección en semilla de cebada con dióxido de cloro (ClO_2) y tiempo de aplicación si influye en la producción y productividad en su germinado.
2. Los mejores rendimientos de producción por metro cuadrado: 22.32 Kg GH; 4.42 kg MS; 0.62 kg PC; 0.14 kg EE; 0.57 kg FC y 0.16 kg CEN así como mejor productividad por kg de GH de cebada (*Hordeum vulgare*): 6.38 GH/kg de semilla de cebada y 1.24 kg de MS de kg de GH/kg de semilla de cebada se lograron desinfectando la semilla de cebada con 0.25ml de ClO_2 /L de agua durante 15 minutos y cosechado a los 15 días de edad.
3. El menor costo de producción de kg de GH de cebada en base fresca (TCO) y kg de MS de GH de cebada lo presentó desinfectando la semilla de cebada con 0.25ml de ClO_2 /L de agua durante 15 minutos y cosechado a los 15 días de edad.
4. La semilla desinfectada con ClO_2 favorece el ahorro de agua en el proceso ya que no necesita el segundo lavado de la semilla que si es necesario al desinfectar con lejía.

V. RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones tomando como base la dosis de 0.25ml de ClO_2/L de agua durante 15 minutos para optimizar la producción de germinado hidropónico de cebada evaluándola en la etapa de germinación o cámara oscura y etapa de producción.
2. Evaluar la acción del ClO_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
- CONTRERAS, C. 1995. "Sensibilidad de la norma oficial mexicana (nom-f-425-83) ante antisépticos y desinfectantes más comunes utilizados en lechería". Publicado Noviembre de 1995. Recuperado el 15 de noviembre de 2020 de http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3417/Contreras_Urena_Cesar_Octavio.pdf?sequence=1
- CHAUCA; ZALDIVAR; MUSCARI; HIGAONNA; GAMARRA; FLORIAN. 1994. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes. Tomo II. Instituto de Investigación
- DEININGER, R.A; ANCHETA, A y ZIEGLER, A. 2013. Dióxido de cloro. Escuela de Salud Pública. The University of Michigan. Ann Arbor, Michigan, EUA. En línea. Recuperada el 25 de octubre de 2020 de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/tratamiento-y-desinfeccion-del-agua-para-consumo-h/documento-tecnico-8/2017-dioxido-de-cloro/file>
- 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 ELEODORO. 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. Recuperado el 12 de diciembre de 2020 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2224/1/27T0197.pdf>

LENNTech. 2020. Dióxido de cloro. En línea. Recuperado el 18 de noviembre de 2020 de <https://www.lenntech.es/dioxido-de-cloro.htm>

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 *Spinacea oleracea* 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 empaque, gestación y lactación. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 107 p.
- QUINONES, 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.
- 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.espoch.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.

VASQUEZ, R. 2020. Dosis y volumen de solución nutritiva por metro cuadrado de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 66 p.

ANEXOS

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg/bandeja	35	0.33	0.19	15.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.44	6	0.41	2.29	0.0631
Tratamiento	2.44	6	0.41	2.29	0.0631
Error	4.97	28	0.18		
Total	7.42	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1777 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.		
T4	3.22	5	0.19	A
T6	2.96	5	0.19	A B
T5	2.68	5	0.19	A B
T3	2.59	5	0.19	B
T1	2.57	5	0.19	B
T2	2.49	5	0.19	B
T7	2.41	5	0.19	B

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

2. ANAVA producción de GH/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/m2	35	0.33	0.19	15.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	117.90	6	19.65	2.29	0.0631
Tratamiento	117.90	6	19.65	2.29	0.0631
Error	239.88	28	8.57		
Total	357.79	34			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 8.5673 gl: 28*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T4	22.35	5	1.31	A	
T6	20.53	5	1.31	A	B
T5	18.61	5	1.31	A	B
T3	18.00	5	1.31		B
T1	17.85	5	1.31		B
T2	17.31	5	1.31		B
T7	16.75	5	1.31		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)***3. ANAVA Rendimiento MS/m²**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS/m ²	35	0.44	0.32	15.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.72	6	1.12	3.64	0.0085
Tratamiento	6.72	6	1.12	3.64	0.0085
Error	8.61	28	0.31		
Total	15.33	34			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.3073 gl: 28*

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T4	4.42	5	0.25	A		
T6	4.07	5	0.25	A	B	
T5	3.71	5	0.25	A	B	C
T7	3.37	5	0.25		B	C
T1	3.35	5	0.25		B	C
T3	3.34	5	0.25		B	C
T2	3.09	5	0.25			C

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

4. ANAVA Rendimiento PC/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC/m ²	35	0.44	0.32	15.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.13	6	0.02	3.64	0.0085
Tratamiento	0.13	6	0.02	3.64	0.0085
Error	0.17	28	0.01		
Total	0.30	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0061 gl: 28

Tratamiento	Mediasn		E.E.			
T4	0.62	5	0.03	A		
T6	0.57	5	0.03	A	B	
T5	0.52	5	0.03	A	B	C
T7	0.47	5	0.03		B	C
T1	0.47	5	0.03		B	C
T3	0.47	5	0.03		B	C
T2	0.43	5	0.03			C

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

5. ANAVA Rendimiento EE/m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	6	1.3E-03	4.71	0.0020
Tratamiento	0.01	6	1.3E-03	4.71	0.0020
Error	0.01	28	2.8E-04		
Total	0.02	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0003 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.				
T4	0.14	5	0.01	A		
T6	0.12	5	0.01	A	B	
T7	0.11	5	0.01		B	C
T5	0.10	5	0.01		B	C
T3	0.10	5	0.01			C
T2	0.10	5	0.01			C
T1	0.10	5	0.01			C

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

6. ANAVA rendimiento FC/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC/m2	35	0.55	0.46	15.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.16	6	0.03	5.75	0.0005
Tratamiento	0.16	6	0.03	5.75	0.0005
Error	0.13	28	4.6E-03		
Total	0.29	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0046 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.				
T4	0.57	5	0.03	A		
T6	0.50	5	0.03	A	B	
T5	0.44	5	0.03		B	C
T7	0.41	5	0.03		B	C
T3	0.40	5	0.03			C
T2	0.38	5	0.03			C
T1	0.37	5	0.03			C

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

7. ANAVA rendimiento cenizas/m2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CEN/m2	35	0.67	0.60	15.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	6	2.9E-03	9.61	<0.0001
Tratamiento	0.02	6	2.9E-03	9.61	<0.0001
Error	0.01	28	3.0E-04		
Total	0.03	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0003 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.	
T4	0.16 5	0.01	A
T3	0.11 5	0.01	B
T5	0.11 5	0.01	B C
T6	0.11 5	0.01	B C
T2	0.10 5	0.01	B C
T1	0.10 5	0.01	B C
T7	0.09 5	0.01	C

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

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg GH/Kg	35	0.33	0.19	15.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.62	6	1.60	2.29	0.0631
Tratamiento	9.62	6	1.60	2.29	0.0631
Error	19.58	28	0.70		
Total	29.21	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.6994 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.			
T4	6.38	5	0.37	A	
T6	5.87	5	0.37	A	B
T5	5.32	5	0.37	A	B
T3	5.14	5	0.37		B
T1	5.10	5	0.37		B
T2	4.94	5	0.37		B
T7	4.79	5	0.37		B

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

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg MS/Kg	35	0.33	0.19	15.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.38	6	0.06	2.32	0.0601
Tratamiento	0.38	6	0.06	2.32	0.0601
Error	0.76	28	0.03		
Total	1.13	34			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0270 gl: 28

Tratamiento	Mediasn	E.E.			
T4	1.23	5	0.07	A	
T6	1.17	5	0.07	A	B
T5	1.07	5	0.07	A	B
T1	1.02	5	0.07	A	B
T3	0.98	5	0.07		B
T7	0.96	5	0.07		B
T2	0.93	5	0.07		B

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

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

Fecha	hora	T° min	T° max	H° min	H° max
27/09/2020	07:00	16.6	17.6	85	94
	12:00	17.1	25.9	68	94
	07:00	17.9	20.7	75	83
28/09/2020	07:00	16.4	23.6	71	92
	12:00	22.2	23.9	69	77
	07:00	17.5	22.3	71	85
29/09/2020	07:00	16.6	26.1	63	88
	12:00	18.7	24.2	67	78
	07:00	17.9	18.8	78	84
30/09/2020	07:00	17.3	18.8	83	89
	12:00	18.8	26.6	71	86
	07:00	18.9	28.8	68	79
01/10/2020	07:00	17.2	23.8	68	89
	12:00	18.3	22.2	81	84
	07:00	16.2	24.3	71	86
02/10/2020	07:00	17.4	23.6	70	89
	12:00	20.3	23.8	71	84
	07:00	18.1	23.8	70	85
03/10/2020	07:00	16.5	23.2	77	89
	12:00	19.2	24.1	70	75
	07:00	16.3	25.1	66	99

11. Estructura de costos de producción de MS de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) de T4

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
	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
	Dioxido de Cloro	ml	0.945	0.075	0.07
	Agua 2do lavado	L	0.00	0.05	0.00
	Agua remojo	L	3.78	0.05	0.19
	Mano de obra	Horas	0.882	3.125	2.76
	Sub Total				6.23
	Agua	L	5.670	0.05	0.28
	Mano de obra	Horas	0.295	3.125	0.92
	Sub Total				1.21
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	25.2	0.05	1.26
	Mano de Obra	Horas	0.33	3	1.00
	Sub Total				2.26
TOTAL					9.70
Costo de produccion por tratamiento (S/)					9.70
Rendimiento/tratamiento (Kg)					16.09
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico					0.60
Costo de depreciación/kg					0.05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de cebada					0.65