



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



Tiempo de remojo, oreo y edad de cosecha en la producción de germinado hidropónico (GH)
de maíz (Zea mays) en Lambayeque

TESIS

Presentada para
optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Bach. Paz Montenegro, Jaime

Asesor

Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón. Dr.

Lambayeque

Peru – 2019

Tiempo de remojo, oreo y edad de cosecha en la producción de germinado hidropónico (GH)
de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque

TESIS

Presentada para
optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Paz Montenegro, Jaime

Sustentada y aprobada ante el
Siguiente jurado

Ing. Alejandro Flores Paiva
Presidente

Ing. José Humberto Gamonal Cruz.
Secretario

Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Jaime Paz Montenegro, investigador principal e Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. asesor del trabajo de investigación: “Tiempo de remojo, oreo y edad de cosecha en la producción de Germinado Hidropónica (GH) de Maíz (*Zea mays*) en Lambayeque”, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 2 de octubre de 2019.

Bach. Jaime Paz Montenegro
Autor

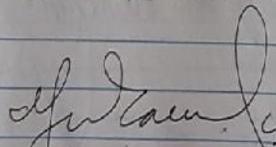
Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Patrocinador

ACTO DE SUSTENTACION DE TESIS DEL BACHILLER EN CIENCIAS ZOOTECNIA JAIME PAZ MONTENEGRO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

En la Ciudad de Lambayeque, siendo las 9:30 am del día 3 de mayo de 2019 en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Zootécnica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo se reunieron los señores miembros del Jurado de Tesis designado por Resolución N° 070-2018-FZ/D de fecha 26 de marzo de 2018, ingeniero Alejandro Flores Paiva (presidente), José Humberto Gamonal Cruz (secretario) y Benito Bautista Espinoza (Vocal) y Napoleón Corvalán Rodríguez (Patrocinador), encargados de recibir y discutir sobre el trabajo de tesis titulado "Tiempo de lecho, Oreo y edad de cosecha en la producción de Geminado Hidropónico de Maíz (Zea mays) en Lambayeque", presentado por el Bachiller en Ciencias Zootecnia Jaime Paz Montenegro para obtener el título profesional de Ingeniero Zootecnista. Presentado y sustentado el proyecto de tesis, cuya sustentación fue aprobada con Resolución N° 092-2019-FZ/D de fecha 30 de abril de 2019, formuladas las preguntas por los miembros del Jurado de Tesis, dadas las respuestas por el sustentante y dos aclaraciones por parte del jurado, el Jurado luego de deliberar, acordó aprobar el trabajo de tesis con el Calificativo de MUY BUENO debiendo consignarse en el Informe Final las sugerencias dadas durante la sustentación.

Por lo tanto, el bachiller en Ciencias Zootecnia JAIME PAZ MONTENEGRO se encuentra apto para optar al Título Profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la normatividad vigente.


Ing. ALEJANDRO FLORES PAIVA
PRESIDENTE


Ing. JOSÉ HUMBERTO GAMONAL CRUZ
SECRETARIO


Ing. BENITO BAUTISTA ESPINOZA
VOCAL


Dr. NAPOLEÓN CORVALÁN RODRÍGUEZ
PATROCINADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre Griselda Montenegro Barboza por haber sido mi apoyo fundamental en el desarrollo de mi carrera universitaria y en toda mi vida, a mis hermanos y todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

En este espacio quisiera agradecer profundamente a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, y en de desarrollo de toda mi carrera profesional, sin embargo, merecen reconocimiento especial mis padres y hermanos que con mucho esfuerzo me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me brindaron su apoyo de manera incondicional y suficiente en todo momento.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr., colaborador principal durante todo este proceso, quien, con su conocimiento y asesoramiento permitió el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por permitirme adquirir los conocimientos necesarios durante todos estos años de formación profesional.

Tiempo de remojo, oreo y edad de cosecha en la producción de germinado hidropónico (GH) de maíz (Zea mays) en Lambayeque

Resumen

Del 6 al 19 de mayo de 2018 en Lambayeque se investigó la interacción entre tiempo de remojo, oreo y edad de cosecha para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de maíz (GHM) evaluando ocho tratamientos T1: GHM con 12h remojo, 24h oreo y cosecha a 12 días; T2: GHM con 12 h remojo, 24h oreo y cosecha a 14 días; T3: GHM con 12 h remojo, 48h oreo y cosecha a 12 días; T4: GHM con 12 h remojo, 48h oreo y cosecha a 14 días; T5: GHM con 24h remojo, 24h oreo y cosecha a 12 días; T6: GHM con 24 h remojo, 24h oreo y cosecha a 14 días; T7: GHM con 24 h remojo, 48h oreo, cosechado a 12 días y T8: GHM con 24h remojo, 48h oreo, cosechado a 14 días. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2x2x2 e igual número de repeticiones (5 bandejas) y prueba de comparación múltiple de Tuckey, 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 con 12 horas de remojo, 24 horas de oreo cosechado a 12 días.

Palabras clave: Maiz; hidropónico, remojo; oreo; cosecha.

Soaking time, oreo and harvest age in the production of Hydroponic Germinated (GH) corn (*Zea mays*) in Lambayeque

Abstract

From May 6 to 19, 2018 in Lambayeque, the interaction between soaking time, oreo and harvest age was investigated to optimize the production of corn hydroponic sprouts (GHM) evaluating eight T1 treatments: GHM with 12h soaking, 24h oreo and harvest to 12 days; T2: GHM with 12 hr soaking, 24h oreo and harvest at 14 days; T3: GHM with 12 h of soaking, 48 h of oreo and harvest of 12 days; T4: GHM with 12 h of soaking, 48 h of oreo and harvest of 14 days; T5: GHM with 24h soaking, 24h oreo and harvesting at 12 days; T6: GHM with 24 h water soaking, 24 h air, and harvest at 14 days; T7: GHM with 24 h of soaking, 48h oreo, harvested at 12 days and T8: GHM with 24h soaking, 48h oreo, harvested at 14 days. We used a completely randomized design with a 2x2x2 factorial arrangement and an equal number of repetitions (5 trays) and a Tuckey multiple comparison test, finding statistical differences ($p < 0.05$). The best results in performance (kg / m²) of PC, EE, FC and CEN; productivity of MS and GH (Kg / kg of seed) and more economical was achieved with 12 hours of soaking, 24 hours of oreo harvested at 12 days.

Keywords: Corn; hydroponic, soaking; airing; harvest.

CONTENIDO	Página
Jurado de tesis	i
Declaración de originalidad	ii
Copia del acta de sustentación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Contenido	viii
INTRODUCCION	1
I. ANALISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	3
1.1 Tipo y Diseño de Estudio	4
1.2 Lugar y duración	4
1.3 Tratamientos evaluados	4
1.4 Materiales	4
1.5 Instalaciones y equipo	4
1.6 Técnicas experimentales	5
1.7 Variables evaluadas	6
1.8 Evaluación de la información	7
II. MARCO TEORICO	9
2.1 Antecedentes Bibliográficos	9
2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico	10
2.3 Ventajas de los cultivos hidropónicos	14
2.4 Propiedades nutricionales del Forraje verde hidropónico	17
2.5 Desventajas de los cultivos hidropónicos	19
2.6 Densidades de siembra de semilla y producción de FVH	19
2.7 Diseño experimental	22
III. RESULTADOS Y DISCUSION	23
3.1 Producción de Germinado Hidropónico de maíz (<i>Zea mays</i>) por tratamiento	23
3.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)	23
3.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de maíz de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).	23
3.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	24
3.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	25
3.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	25
3.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	26

3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	27
3.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base fresca (Kg)	28
3.2 Productividad de Germinado Hidropónico de maíz (<i>Zea mays</i>) por tratamiento.	29
3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca y materia seca (Kg)	29
3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada	30
3.3 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de maíz	31
IV. CONCLUSIONES	33
V. RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFIA CITADA	36
ANEXOS	39
1 ANAVA producción de GH/m ² (TCO)	39
2 ANAVA Rendimiento MS/m ² (TCO)	39
3 ANAVA Rendimiento PC/m ² (TCO)	40
4 ANAVA Rendimiento EE/m ² (TCO)	42
5 ANAVA rendimiento FC/m ² (TCO)	43
6 ANAVA rendimiento cenizas/m ² (TCO)	45
7 ANAVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)	46
8 ANAVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada	47
9 Estructura de costos de producción de MS de Germinado Hidropónico de Maíz (<i>Zea mays</i>) de T4	48
INDICE DE TABLAS	
Tabla 1. Ventaja comparativa del germinado hidropónico de cebada y cultivo tradicional de alfalfa	17
Tabla 2. Peso (kg) de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento (TCO)	23
Tabla 3. Contenido nutricional de Germinado Hidropónico de maíz por tratam. (%)	24
Tabla 4. Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	24
Tabla 5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	25
Tabla 6. Producción de Proteína Cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	26
Tabla 7. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	27
Tabla 8. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado	28

Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tabla 9. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	29
Tabla 10. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	30
Tabla 11. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	31
Tabla 12. Costos de producción de un kilogramo de GH de maíz en base fresca (TCO) y kg de materia seca de cada tratamiento (S/.)	32

INTRODUCCION

Los estudios de producción del Germinado Hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) aún no logran superar los 6 kg de GH de maíz (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 maíz en Lambayeque.

Formulación del problema

Se ha formulado la siguiente interrogante ¿Se podrá determinar el mejor tiempo de remojo, oreo y edad a la cosecha para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque?

Hipótesis

Hipótesis científica: Si se puede determinar el mejor tiempo el mejor tiempo de remojo, oreo y edad a la cosecha de Germinado Hidropónico de maíz en Lambayeque.

Hipótesis estadística alternativa: Si existe interacción entre el tiempo de remojo, tiempo de oreo y época de cosecha para optimizar la producción de GH de maíz en Lambayeque.

Justificación del estudio

El estudio aislado de los factores que intervienen en la producción de Germinado Hidropónico de maíz no permite analizar la influencia de la acción simultánea de varios factores que intervienen en el proceso productivo por lo que el presente estudio permitirá abordar de manera más integral la interacción entre los factores de la etapa de pre germinación y la edad de la cosecha de GH de maíz para optimizar su rendimiento en Lambayeque.

Objetivos

- Determinar la mejor interacción entre el tiempo de remojo, tiempo de oreo y época de cosecha para optimizar la producción de GH de maíz en Lambayeque.
- Determinar el rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN de los tratamientos evaluados.
- Determinar el mejor rendimiento en kg de GH en base fresca y base seca por kg de semilla procesada de cada tratamiento.
- Determinar los costos de producción de los tratamientos evaluados.

I. ANALISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Tipo y Diseño de Estudio

El presente estudio es cuantitativo – propositivo porque se plantea un problema de estudio delimitado y concreto considerando lo que se ha investigado anteriormente y propositivo porque plantea propuestas para solucionar el problema (Bunge, 1972).

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

1.2 Lugar y duración

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque del 06 del 19 de mayo de 2019 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.3 Tratamientos evaluados

Se implementaron 8 tratamientos producto de la interacción de dos niveles de tiempo de remojo (12h y 24h); dos niveles de tiempo de oreo (24h y 48h) y dos tiempos de cosecha (12 y 14 días), obteniendo:

T1: Germinado hidropónico de maíz con 12 h de remojo, 24h de oreo y cosechado a los 12 días.

T2: Germinado hidropónico de maíz con 12 h de remojo, 24h de oreo y cosechado a los 14 días.

T3: Germinado hidropónico de maíz con 12 h de remojo, 48h de oreo y cosechado a los 12 días.

T4: Germinado hidropónico de maíz con 12 h de remojo, 48h de oreo y cosechado a los 14 días.

T5: Germinado hidropónico de maíz con 24 h de remojo, 24h de oreo y cosechado a los 12 días.

T6: Germinado hidropónico de maíz con 24 h de remojo, 24h de oreo y cosechado a los 14 días.

T7: Germinado hidropónico de maíz con 24 h de remojo, 48h de oreo y cosechado a los 12 días.

T8: Germinado hidropónico de maíz con 24 h de remojo, 48h de oreo y cosechado a los 14 días.

A cada tratamiento se le asignaron cinco repeticiones o bandejas hidropónicas

1.4 Materiales

Semilla de maíz (*Zea mays*)

El maíz se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en tres locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes resultados: 83.34 %; 85.34 y 93.34 % procediendo a comprar 14 kg de semilla de maíz del mayor valor cultural. Adicionalmente se utilizó lejía (hipoclorito de sodio) a dosis de 1 ml por litro de agua (1 ml/L) para el proceso de desinfección de la semilla y agua pura utilizada en el proceso de remojo y riego durante el proceso de germinación y producción.

1.5 Instalaciones y equipo

- 2 torres de hidroponía.
- 40 bandejas plásticas para hidroponía de 0.42m x 0.33m

- 2 baldes para remojo
- 4 baldes para oreo
- 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.

1.6 Técnicas experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 40 bandejas para el estudio, asignando cinco bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

- Etapa de Pre germinación:

Calculo de cantidad de semilla de maíz necesaria utilizando el área de bandeja de 0.138 m² y la densidad de siembra de 2 kg /m² obteniendo 0.277 kg luego se multiplicó por las 40 bandejas en estudio (5 por tratamiento) dando un total de 11.09 kg de semilla de maíz “limpia” y considerando un máximo de 80 % de pureza se compró 14 kg de semilla de maíz en peso bruto. Luego se escogió los granos partidos paja y otras impurezas para obtener 11.09 kg de semilla limpia para la investigación.

- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
- Desinfección con hipoclorito de sodio al 0.001% (1 ml por litro de agua) durante 2 horas.
- Segundo lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Inmediatamente después se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas, por 12 horas (T1, T2, T3 y T4) y veinticuatro horas (T5, T6, T7 y T8).

- Luego del periodo de remojo las semillas fueron oreadas en dos baldes debidamente tapados por un periodo de 24 horas (T1, T2, T5 y T6); y durante 48 horas (T3, T4, T7 y T8); Después del oreo, el peso de cada balde se dividirá entre 10 bandejas para realizar una siembra homogénea en cada bandeja asignado, cinco a cada tratamiento debidamente identificadas.

Luego se trasladarán a las cámaras de germinación provistas de manta oscura donde permanecieron por 5 días. Diariamente se regaron 4 veces al día: 6:00 am; 10:00 m, 2:00 pm y 8:00 pm con ayuda de un aspersor manual.

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 según tratamiento. En esta etapa, se continuó con el programa de riego de 4 veces al día con micro aspersor. Al momento de la cosecha de cada tratamiento se extrajo un kg de muestra compuesta para ser trasladado al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para su análisis respectivo.

1.7 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.

1.8 Evaluación de la información

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

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

Ha: Al menos una media difiere del resto

Para contrastar las hipótesis se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ con igual número de repeticiones (5 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = Rendimiento de la l-ésima bandeja de GH de maíz cosechada en el k-esimo tiempo de cosecha del j-ésimo tiempo de oreo e i-ésimo tiempo de remojo.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo tiempo de remojo.

B_j = Efecto del j-ésimo tiempo de oreo

C_k = Efecto del k-esimo tiempo de cosecha.

AB_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo tiempo de remojo y j-ésimo tiempo de oreo

AC_{ik} = Efecto de la interacción del i-ésimo tiempo de remojo y k-ésima edad de cosecha

BC_{jk} = Efecto del j-ésimo tiempo de oreo y k-ésima edad de cosecha

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción del i -ésimo tiempo de remojo y j -ésimo tiempo de oreo y k -ésima edad de cosecha

ϵ_{ijkl} = Error experimental en la l -ésima bandeja de la k -ésima edad de cosecha del j -ésimo tiempo de oreo e i -ésimo tiempo de remojo.

Se realizó el Análisis de varianza para determinar si había diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tuckey.

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Bibliográficos

2.1.1 Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo

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

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. Para la semilla de cebada, se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico por kilo de semilla.

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

2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico

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

- **Lavado:** Para realizar el lavado de la semilla se inunda el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza.
- **La pre-germinación:** Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en el que se encuentran los factores determinantes de la pre-germinación y son: la temperatura, humedad y oxigenación. Para realizar la pre-germinación la semilla se humedece durante 24 horas con agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener la humedad relativa alta.
- **La siembra:** Se realiza sobre las bandejas que se han escogido que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.
- **La germinación:** Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura las cuales le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta. Se recomienda utilizar: Semillas, solución de lejía (hipoclorito de sodio al 5.25%) al 1%, solución nutritiva, balanza, aspersor y señalan como procedimiento el siguiente: a) Pesar las semillas; b) Escoger las semillas para eliminar la presencia de semillas partidas, semillas de otra planta, piedras, pajas, etc.; c) Lavar las semillas con agua para eliminar residuos más pequeños y obtener semillas limpias; d) Las semillas deben ser lavadas y desinfectadas previamente con una solución de lejía al 1% (10 ml de lejía en un litro de

agua), dejando remojar en esta solución por 30 minutos a 1 hora, luego se enjuaga con agua; e) Las semillas se remojan por 24 horas, añadiendo agua hasta sumergirlas completamente; f) Transcurrido el tiempo, se procede a escurrir el agua y a lavar la semilla. La capa de semillas se nivela en la bandeja y se riega con un nebulizador cada tres horas por 30 segundos, pero solo para mantener húmedas las semillas. La capa de semillas no debe exceder de 1.5cm; g) Cuando aparezcan las primeras hojitas, aproximadamente al cuarto día si se desea se riega con una solución de (5ml de la solución A y 2ml de la solución B por cada cuatro litros de agua), hasta el séptimo día, los demás días solo se regara con agua; h) La cosecha debe realizarse a los 10 días, con una altura promedio de forraje de 20 a 25cm y se obtiene alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1:6 aproximadamente.

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

además el depósito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla.

Etapa 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 aspersion 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.

Etapa de producción: Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminarán su desarrollo de 6 a 8 días más. Esta área presenta mayor iluminación y un riego con “Solución Nutritiva” bajo un sistema recirculante. 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.

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

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

$((N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / \text{ cantidad semillas sembradas}) \times 100)$. Una semilla cuyo poder germinativo sea menor de 70% no es aconsejable para sembrarla.

2°. Coeficiente de pureza. - Es un factor importante y fácil de determinar con la siguiente fórmula: $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$.

3°. Valor cultural. - se calcula con la siguiente fórmula: $(\text{Coeficiente de pureza} \times \text{coeficiente de germinación}) / 100$. La mayor cifra que se puede obtener es 100 y tanto mejor será la semilla cuanto más se acerque a dicho número.

2.3 Ventajas de los cultivos hidropónicos

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

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

- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.
- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el FVH (3.2 Mcal/kg). 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), refiere que el forraje hidropónico presenta ventajas en varios aspectos:

1. Es un sistema nuevo para producir forrajes: En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
2. Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero: Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo cual nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
3. Requiere poca Agua: En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.
4. La Producción es constante todo el Año: El Sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas. Por ejemplo, si trabajamos con un invernadero de 480 bandejas en un periodo de crecimiento de 10 días, el primer día sembraremos 48 bandejas, el segundo día otras 48 y así se proseguirá hasta el día decimo.

Tabla 1. Ventaja comparativa del germinado hidropónico de cebada y cultivo tradicional de alfalfa

	Cultivo alfalfa convencional	Módulo 480 bandejas de germinado hidropónico
Superficie (m ²)	30000	60
Rendimiento por cosecha (kg/tiempo)	60000 kg en 4 meses	480 kg en 1 día
Rendimiento por año (kg)	180 000	175 200

Fuente: Tarrillo (2008)

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.

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

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

2.4 Propiedades nutricionales del Forraje verde hidropónico

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. Los forrajes tiernos contienen poca fibra bruta, respecto a una planta adulta; y está 21 Producción de Forraje Verde Hidropónico representada por celulosa pura, sustancia altamente digerible. En los forrajes maduros, junto con el progresivo aumento del contenido de la celulosa se verifica el proceso de lignificación de su estructura orgánica, por esta razón su coeficiente de digestibilidad disminuye notablemente. La planta tierna tiene 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.

2.5 Desventajas de los cultivos hidropónicos

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

2.6 Densidades de siembra de semilla y producción de FVH

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

MOYANO (2012) indica que el comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) en función del tiempo de cosecha, presenta su pico máximo de contenido proteico en el día décimo a partir del cual empieza a descender levemente hasta el día doce y de allí en adelante presenta un descenso vertiginoso por lo que el tiempo máximo de germinación de las plántulas no debe exceder el día doce.

HERNÁNDEZ (2013) determinó la densidad óptima de siembra para germinado hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*zea mays*) evaluando cuatro niveles de siembra en Lambayeque: 2, 3, 4 y 5 Kg/m² durante 15 días y el mejor comportamiento lo obtuvo con 2 Kg/m², logrando un rendimiento de 5,71 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, con la siguiente composición química: PC 11.25 por ciento, FC 7.95 por ciento, EE 3.58 por ciento y CEN 1.02 por ciento, presentando rendimientos por metro cuadrado de 1,77 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,199 kg de proteína cruda, 0.06 kg de extracto etéreo, 0.02 kg de cenizas y 0,14 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

PEREZ (2014), utilizando la densidad de siembra de 2 kg /m² recomendado por Hernández (2013) determinó el rendimiento de biomasa del Germinado Hidropónico de maíz (GH) regado con solución hidropónica en sus diferentes etapas de proceso y para lograrlos se implementaron cuatro tratamientos: T0: GH de maíz regado sin solución hidropónica; T1: GH de maíz regado con solución hidropónica en etapa de germinación desde el día 1 al día 4 post siembra de semilla oreada en bandejas; T2: GH de maíz regado con solución hidropónica en la etapa de producción desde el día 4 al día 8 post siembra de semilla oreada en bandejas y T3: GH de maíz regado con solución hidropónica en la etapa de germinación y producción desde el día 1 al día 8 post siembra de semilla oreada en bandejas. La solución hidropónica para el riego de los tratamientos se preparó con una dosis de 0.50 ml de solución A y 0.25 ml de solución B diluidas en 4 litros de agua. Los resultados demostraron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos obteniendo los mejores resultados con T3, regando con solución hidropónica desde el día 1 hasta el día 8 post siembra en bandejas presentando rendimientos por metro cuadrado de 1,41 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,26 kg de proteína cruda, 0.09 kg de extracto etéreo; 0.05 kg de cenizas y 0,20 kg de fibra cruda por metro cuadrado

UGAZ (2017) evaluó la interacción óptima entre fase lunar y calidad de agua con o sin solución hidropónica en el riego para determinar el rendimiento nutricional de GH (kg/m²), productividad (Kg GH/kg semilla y kg de MS/kg semilla) y costo de producción de los tratamientos evaluados. Para lograrlos implementó ocho tratamientos productos de la interacción de cuatro fases del factor Fase lunar y dos tipos de agua (agua pura y con solución hidropónica) del factor tipo de agua con 10 repeticiones por tratamiento. La solución hidropónica se aplicó del día 4 al 8 post siembra en bandejas y todo se cosechó a los 15 días de edad. Los resultados demostraron existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.05$). Los mejores rendimientos productivos por metro cuadrado se lograron con la fase cuarto creciente con solución hidropónica en agua de riego y expresados en (kg/m² fueron GH: 10.51; MS: 1.71; PC: 0.24, FC: 0.24; CEN: 0.059 excepto EE que presentó el segundo lugar con 0.047 kg/m². En productividad (kg GH/kg semilla procesada): 5.25 kg y 0.76 Kg MS/kg semilla procesada, también presentaron los menores costos de producción.

SINCHIGUANO (2008) en Ecuador, evaluó la productividad en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla en cinco especies de semilla obteniendo: 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 maíz 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.

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

realiza con la semilla oreada para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento “siembra en bandejas” y muchos confunden este término cuando quieren referirse al peso inicial por lo que propone llamar peso de semilla “procesada” a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

2.7 Diseño experimental

PADRON (2009), indica que los experimentos factoriales son aquellos que estudian simultáneamente dos o más factores, y se diferencian de los experimentos simples en que éstos solamente estudian un factor. Los experimentos factoriales no constituyen en si un diseño experimental, más bien se deben realizar en cualquiera de los diseños experimentales. Los experimentos factoriales son útiles en investigaciones en las cuales se sabe poco de varios factores.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) por tratamiento

3.1.1 Producción de germinado hidropónico por bandeja (TCO)

A continuación, se presenta la producción en biomasa verde de Germinado Hidropónico (GH) por bandeja de cada tratamiento.

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

Bandeja	12 h remojo				24 h remojo			
	24 h oreo		48 hrs oreo		24 h oreo		48 h oreo	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B 1	1.45	1.48	1.34	1.42	1.32	1.23	1.12	1.17
B 2	1.35	1.20	1.55	1.15	1.35	1.32	1.29	1.49
B 3	1.49	1.38	1.40	1.47	1.63	1.21	1.19	1.54
B 4	1.49	1.53	1.59	1.33	1.37	1.21	1.25	1.47
B 5	1.59	1.53	1.30	1.58	1.26	1.41	1.25	1.64
Total/tratamiento	7.36	7.12	7.16	6.95	6.93	6.38	6.09	7.30
Promedio	1.47	1.42	1.43	1.39	1.39	1.28	1.22	1.46

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

La composición química del Germinado Hidropónico (Tabla 3) de cada tratamiento se determinó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia obteniendo en porcentaje de materia seca (MS) en base fresca (TCO) 18.64; 15.66; 18.47; 16.00; 18.70;15.78; 20.30 y 17.00% para T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8 respectivamente.

Tabla 3. Composición química de Germinado Hidropónico de maíz por tratamiento (BS)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
PC (% BS)	16.22	15.72	15.85	16.02	15.41	16.37	15.23	16.21
EE (% BS)	3.25	3.24	3.62	3.65	2.98	4.06	3.02	3.97
FC (% BS)	10.36	11.25	10.62	11.13	11.09	11.65	10.68	10.85
CEN (% BS)	11.11	12.21	10.85	12.08	11.08	11.06	11.15	11.98

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 0.139 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 que se aprecia en la tabla 4. Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.1) no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los factores simples tiempo de oreo ni edad de cosecha ni entre la interacción de factores pero numéricamente los mejores resultados se lograron con 12 h de remojo, 24 h de oreo y cosechado a los 12 días de edad (T5) con 10.62 kg, superando en 17.23% al rendimiento utilizando 24 h de remojo, 48h de oreo y cosechado a los 12 días de edad (T7).

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	T8	
B1	10.46	10.71	9.63	10.28	9.52	8.87	8.04	8.42	
B2	9.70	8.68	11.15	8.33	9.74	9.51	9.31	10.75	
B3	10.71	9.94	10.06	10.60	11.79	8.74	8.55	11.11	
B4	10.75	11.01	11.44	9.58	9.88	8.74	9.02	10.58	
B5	11.47	11.04	9.38	11.36	9.05	10.14	9.02	11.80	
Total/tratamiento								43.9	
o	53.10	51.37	51.66	50.15	49.99	46.01	4	52.66	
Promedio	10.62a	10.27a	10.33a	10.03a	10.00a	9.20a	8.79a	10.53a	

Las medias que no compartan 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 (ver anexo 8.2) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) a nivel del efecto simple edad de cosecha e interacción de factores presentando el mayor rendimiento el tratamiento con 12 h de remojo, 24 h de oreo y 12 días de edad de cosecha (T1) con 1.98 kg MS/m², en segundo lugar se ubicó el rendimiento de materia seca (MS) de maíz utilizando 12 h de remojo, 48 h de oreo y 12 días de edad de cosecha (T3) con 1.91 kg MS/m². Todos estos rendimientos superaron el rendimiento de 1.77 kg MS/m² logrado por Hernández (2013) y de 1.41 kg MS/m² logrados por Pérez (2014) quienes remojaron 24 h y remojaron 48 h y cosecharon a los 15 días de edad.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	1.95	1.68	1.78	1.64	1.78	1.40	1.63	1.43
B2	1.81	1.36	2.06	1.33	1.82	1.50	1.89	1.83
B3	2.00	1.56	1.86	1.70	2.20	1.38	1.74	1.89
B4	2.00	1.72	2.11	1.53	1.85	1.38	1.83	1.80
B5	2.14	1.73	1.73	1.82	1.69	1.60	1.83	2.01
Total/tratamiento	9.90	8.05	9.54	8.02	9.35	7.26	8.92	8.95
Promedio	1.98a	1.61bc	1.91ab	1.60bc	1.87ab	1.45c	1.78ab	1.79ab

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 8.3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) sólo en el factor simple edad de cosecha e interacción de factores y los mejores rendimiento de PC/m² se lograron con maíz remojado 12 h, con 24 h de oreo y cosechado a los 12 días de edad (T1) con 0.32 kg PC/m² superando en 6.25% al rendimiento del tratamiento con maíz remojado durante 12 h, oreado durante 48 h y cosechado a los 12 días de edad (T3) con 0.30 kg PC/m², superando el rendimiento de 0.20 kg, logrados por Hernández (2013), 0.24 kg logrados por Ugaz (2017) quien utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego y 0.26 kg logrados con agua pura por Pérez (2014), todos ellos utilizando 24h de remojo, 48 h de remojo y cosechados a los 15 días de edad. El menor rendimiento de PC/m² se logró con el maíz remojado durante 24 h, oreado durante 24 h y cosechado a los 14 días (T6) que rindió 25% menos que T1.

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	T8
B1	0.32	0.26	0.28	0.26	0.27	0.23	0.25	0.23
B2	0.29	0.21	0.33	0.21	0.28	0.25	0.29	0.30
B3	0.32	0.24	0.29	0.27	0.34	0.23	0.26	0.31
B4	0.33	0.27	0.33	0.25	0.28	0.23	0.28	0.29
B5	0.35	0.27	0.27	0.29	0.26	0.26	0.28	0.29
Total/tratamiento								
o	1.61	1.26	1.51	1.29	1.44	1.19	1.36	1.42
	0.32	0.25b			0.29a		0.27ab	0.28ab
Promedio	a	c	0.30ab	0.26bc	b	0.24c	c	c

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 4. Los resultados se aprecian en la tabla 7 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) solo a nivel del factor tiempo de oreo e interacción de factores y con la prueba de Tuckey los mejores resultados de producción de extracto etéreo (EE)/m² se obtuvieron utilizando 24 h de remojo, 48 h de oreo y cosechado a los 14 días de edad (T8) y utilizando 12 h de remojo, 48 h de oreo y cosechado a los 12 días de edad (T3) ambos con 0.07 kg EE/m², pero se hallaron por debajo del rendimiento de 0.09 kg logrados con por Pérez (2014) pero superaron el rendimiento de 0.063 kg EE/m² logrados por Hernández (2013) quienes utilizaron 24 h de remojo, 48 h de oreo y cosechados a los 15 días de edad. En el rendimiento inferior de todo el estudio se ubicó el tratamiento con 12 h de remojo, 24h de oreo y cosechado a los 14 días (T2) con 0.05 kg EE/m².

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06
B2	0.06	0.04	0.07	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
B3	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07
B4	0.07	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
B5	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07
Total/tratamiento								
o	0.32	0.26	0.35	0.29	0.28	0.29	0.27	0.27
	0.06a		0.07	0.06ab	0.06b	0.06ab	0.05b	0.07
Promedio	b	0.05c	a	c	c	c	c	a

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 8.5) evidenció diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) a nivel del factor simple edad de cosecha e interacción de factores y con la prueba de Tuckey se determinó que el mayor contenido de FC/m² se dio utilizando 12 h de remojo, 24 de oreo y 12 días de edad a la cosecha (T1) con 0.22 kg de FC/m² y en segundo lugar con 0.21 kg FC/m² lo obtuvieron los tratamientos con 24 h de remojo, 48 h de oreo y 14 días de edad (T8), con 24 h de remojo, 24 h de oreo y 12 días de edad (T5) y con 12 h de remojo, 48 h de oreo y 12 días de edad (T3) entre los que no hubo diferencia estadística ($p > 0.05$) y todos superaron los 0.14 kg y 0.20 kg logrados por Hernández (2013) y Pérez (2014) respectivamente quienes utilizaron 24h de remojo, 48 h de oreo y cosechados a los 15

días de edad. El rendimiento inferior lo presentó el tratamiento que utilizó 24h de remojo, 24 h de oreo y cosechado a los 14 días de edad con 0.16 kg FC/m².

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	T8
B1	0.22	0.20	0.19	0.20	0.20	0.15	0.18	0.17
B2	0.20	0.17	0.22	0.16	0.20	0.17	0.21	0.22
B3	0.22	0.19	0.20	0.20	0.24	0.15	0.19	0.23
B4	0.22	0.21	0.23	0.19	0.20	0.15	0.20	0.22
B5	0.24	0.21	0.19	0.22	0.19	0.18	0.20	0.22
Total/tratamiento	1.10	0.98	1.04	0.97	1.04	0.80	0.99	1.00
Promedio	0.22a	0.20ab	0.21a	0.19ab	0.21 ^a	0.16b	0.20a	0.21a

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 ($p < 0.05$) sólo a nivel del factor edad a la cosecha e interacción de factores. Los mejores resultados se lograron utilizando 24 h y 12 h de remojo; 24h de oro y 12 días de edad (T5 y T1 respectivamente). El menor rendimiento se logró utilizando 24 h de remojo, 24 h de oreo y 14 días de edad de cosecha (T6).

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	T8
B1	0.20	0.19	0.19	0.18	0.20	0.16	0.17	0.16
B2	0.19	0.15	0.22	0.15	0.20	0.17	0.20	0.20
B3	0.21	0.18	0.20	0.19	0.24	0.16	0.19	0.20
B4	0.21	0.19	0.22	0.17	0.21	0.16	0.20	0.20
B5	0.22	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19	0.20	0.20
Total/tratamiento	1.03	0.91	1.01	0.89	1.04	0.85	0.95	0.96
Promedio	0.21a	0.18ab	0.20ab	0.18ab	0.21a	0.17b	0.19ab	0.19ab

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.2 Productividad de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) 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 maíz procesada que se aprecia en la tabla 10. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) solo a nivel del factor simple tiempo de remojo pero no en la interacción de factores ($p > 0.05$) pero numéricamente el mejor resultado se logró con el maíz remojado por 12 h, oreado 24 h y cosechado a los 12 días de edad (T1) con 5.31 kg de GH/m² hallándose por debajo de 5.7 kg de productividad reportada por Hernández (2013) pero por encima de los 4.76 kg de GH en base fresca logrados por Pérez (2014) y 5.25 kg logrados por Ugaz (2017) sembrando en fase lunar de cuarto creciente regada con solución hidropónica

utilizando 24 horas de remojo, 48 horas de oreo y cosechando a los 15 días de edad. El menor rendimiento se logró utilizando 24 h de remojo, 48 h de oreo y 12 días de edad de cosecha con 4.39 kg de GH/kg de maíz. Todos los rendimientos de productividad obtenidos en el presente estudio se hallan por debajo de los reportes de la FAO (2001) de 12 a 18 kg de GH/kg de semilla cosechando entre los 10 a 15 días de haber sembrado.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B 1	5.23	5.35	4.82	5.14	4.76	4.44	4.02	4.21
B 2	4.85	4.34	5.57	4.17	4.87	4.75	4.65	5.37
B 3	5.36	4.97	5.03	5.30	5.89	4.37	4.27	5.55
B 4	5.38	5.50	5.72	4.79	4.94	4.37	4.51	5.29
B 5	5.74	5.52	4.69	5.68	4.53	5.07	4.51	5.90
Total/tratamiento	26.55	25.69	25.83	25.07	25.00	23.00	21.97	26.33
Promedio	5.31a	5.14a	5.17a	5.01a	5.00a	4.60a	4.39a	5.27a

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) no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a nivel de los factores simples ($p > 0.05$) pero si en la interacción de factores ($p < 0.05$). Los mejores resultados se lograron con 12 h de remojo, 24 h de oreo y 12 días de edad a la cosecha (T1) con 0.99 kg de MS/kg de semilla ligeramente por debajo del rendimiento de 1.0 kg de MS/kg de maíz cosechado a los 17 días en Ecuador (Sinchiguano, 2008) y en segundo lugar se ubicó el tratamiento con 12h de remojo, 48 h de oreo y cosechado a

12 días de edad (T3) con 0.95 kg de MS/kg r superando ambos los 0.89 kg de MS logrados por Hernández (2013). El rendimiento más bajo lo presentó el tratamiento con 24 h de remojo, 24 h de oreo y cosechado a los 14 días de edad (T6) rindiendo 26.26% menos que T1.

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	T8
B 1	0.98	0.84	0.89	0.82	0.89	0.70	0.82	0.72
B 2	0.90	0.68	1.03	0.67	0.91	0.75	0.94	0.91
B 3	1.00	0.78	0.93	0.85	1.10	0.69	0.87	0.94
B 4	1.00	0.86	1.06	0.77	0.92	0.69	0.92	0.90
B 5	1.07	0.86	0.87	0.91	0.85	0.80	0.92	1.00
Total/tratamiento	4.95	4.02	4.77	4.01	4.68	3.63	4.46	4.48
Promedio	0.99a	0.80bc	0.95ab	0.80bc	0.94ab	0.73c	0.89ab	0.90ab

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

3.3 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de maíz

El costo de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de maíz de cada tratamiento se realizó con la estructura de costos de la empresa Vallesol SAC (Anexo 8.9) valorizando el costo del litro de agua a S/. 0.05, y S/.1.20 el kg de maíz. Los resultados de cada tratamiento se aprecian en la tabla 12 donde el menor costo por kg de materia seca (kg MS) lo presentó el tratamiento con 12 horas de remojo, 24 horas de oreo y cosechado a los 12 días de edad.

Tabla 12. Costos de producción de un kilogramo de GH de maíz en base fresca (TCO) y kg de materia seca de cada tratamiento (S/.)

Tratamiento	TCO	MS
T1	0.56	2.81
T2	0.61	3.65
T3	0.58	2.91
T4	0.63	3.66
T5	0.6	2.97
T6	0.68	4.04
T7	0.67	3.11
T8	0.6	3.29

IV. CONCLUSIONES

- La interacción entre tiempo de remojo, oreo y edad a la cosecha si influye en la producción de GH de maíz
- Los mejores rendimientos de producción por metro cuadrado: 10.62 Kg GH; 1.98 kg MS; 0.32 kg PC; 0.06 kg EE; 0.22 kg FC y 0.21 kg CEN así como mejor productividad por kg de GH de maíz (*Zea mays*): 5.31 GH/kg de semilla de maíz y 0.99 kg de MS de kg de GH/kg de semilla de maíz se lograron con 12 horas de remojo, 24 horas de oreo y cosechado a los 12 días de edad.
- El mejor costo de producción de kg de GH de maíz en base fresca (TCO) y kg de MS de GH de maíz lo presentó el tratamiento con 12 horas de remojo, 24 horas de oreo y cosechado a los 12 días de edad.

V. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la interacción hallada del presente estudio en otras épocas del año y áreas geográficas para producir Germinado Hidropónico.
2. Evaluar tiempos de remojo, oreo y edad de cosecha en otras semillas para producir Germinado Hidropónico.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- CHAUCA; ZALDIVAR; MUSCARI; HIGAONNA; GAMARRA; FLORIAN. 1994. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes. Tomo II. Instituto de Investigación Agraria INIA, Lima – Perú. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo CIID, Canadá.
- EDICIONES CULTURALES VER. 1992. Cultivos Hidropónicos. Industria Agroquímica, S.A., fascículo 9, Bogotá, Colombia. 152 p.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.
- HERNANDEZ, H. 2013. Densidad optima de siembra para el Germinado Hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en cuatro niveles de siembra. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 51 p.
- MOYANO. L.; SÁNCHEZ, H. 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. En línea. Recuperado el 15 diciembre de 2017 de <http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/Comportamientodelaproteinadeforrajeverdehidroponicoenfunciendeltiempodecosecha.pdf>
- PADRON, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.
- PEREZ, M. 2014. Periodo adecuado de suministro de soluciones hidropónicas en el agua de riego de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) para optimizar su producción en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 48 p.
- PICHILINGUE, C. 1994. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empadre, gestación y lactación. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 107 p.
- REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 48 p.
- SÁNCHEZ, I; MUÑOZ, C; QUIROZ, J; MAYEK, N; HERNÁNDEZ, J. 2010. Cambios físico-químicos durante la germinación del maíz. En línea. Recuperado el 18 de abril de

2018 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000100009

- SIAN.2011. Determinación de pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Recuperado el 20 de marzo de <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>
- SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. (en línea). Tesis (Ing. Zootecnista). Riobamba, EC, Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. 108 p. Recuperada el 2 de julio de 2017 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.
- UGAZ, Y. 2017. Influencia del ciclo lunar en la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) con solución nutritiva. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 66 p.

ANEXOS

1. ANAVA producción de GH/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto GH/M2 (TCO)	40	0.35	0.21	9.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14.77	7	2.11	2.46	0.0391
Tiempo remojo	4.68	1	4.68	5.44	0.0261
Tiempo Oreo	0.11	1	0.11	0.12	0.7269
Edad cosecha	0.06	1	0.06	0.07	0.8003
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	0.27	1	0.27	0.31	0.5820
Tiempo remojo*Edad cosecha..	1.59	1	1.59	1.85	0.1830
Tiempo Oreo*Edad cosecha	4.18	1	4.18	4.86	0.0348
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	3.89	1	3.89	4.53	0.0511
Error	27.50	32	0.86		
Total	42.27	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.59716

Error: 0.8595 gl: 32

Tiempo remojo	Medias	n	E.E.
12 h	10.31	20	0.21 A
24 h	9.63	20	0.21 B

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

2. ANAVA Rendimiento MS/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto MS/m2	40	0.58	0.49	9.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.12	7	0.16	6.26	0.0001
Tiempo remojo	0.03	1	0.03	1.03	0.3169
Tiempo Oreo	0.02	1	0.02	0.76	0.3886
Edad cosecha	0.74	1	0.74	28.71	<0.0001
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	0.07	1	0.07	2.63	0.1149
Tiempo remojo*Edad cosecha..	0.04	1	0.04	1.69	0.2035
Tiempo Oreo*Edad cosecha	0.15	1	0.15	5.90	0.0209
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	0.08	1	0.08	3.13	0.0463
Error	0.82	32	0.03		
Total	1.94	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10312

Error: 0.0256 gl: 32

Edad cosecha	Medias	n	E.E.
12d	1.89	20	0.04 A
14d	1.61	20	0.04 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19398

Error: 0.0256 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12 h	12d	1.94	10	0.05	A
24 h	12d	1.83	10	0.05	A
24 h	14d	1.62	10	0.05	B
12 h	14d	1.61	10	0.05	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19398

Error: 0.0256 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
24 h	12d	1.92	10	0.05	A	
48 h	12d	1.85	10	0.05	A	B
48 h	14d	1.70	10	0.05		B C
24 h	14d	1.53	10	0.05		C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32798

Error: 0.0256 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
12 h	24 h	12d	1.98	5	0.07	A	
12 h	48 h	12d	1.91	5	0.07	A B	
24 h	24 h	12d	1.87	5	0.07	A B	
24 h	48 h	14d	1.79	5	0.07	A B	
24 h	48 h	12d	1.78	5	0.07	A B	
12 h	24 h	14d	1.61	5	0.07		B C
12 h	48 h	14d	1.60	5	0.07		B C
24 h	24 h	14d	1.45	5	0.07		C

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

3. ANAVA Rendimiento PC/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto PC/m ² (BS)	40	0.58	0.49	8.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	7	3.8E-03	6.30	0.0001
Tiempo remojo	1.7E-03	1	1.7E-03	2.87	0.1000
Tiempo Oreo	1.4E-04	1	1.4E-04	0.23	0.6335
Edad cosecha	0.01	1	0.01	24.02	<0.0001
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	1.2E-03	1	1.2E-03	2.00	0.1667
Tiempo remojo*Edad cosecha..	3.5E-03	1	3.5E-03	5.84	0.0216
Tiempo Oreo*Edad cosecha	4.5E-03	1	4.5E-03	7.54	0.0098
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	9.9E-04	1	9.9E-04	1.64	0.0299
Error	0.02	32	6.0E-04		
Total	0.05	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01580

Error: 0.0006 gl: 32

Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12d	0.30	20	0.01	A
14d	0.26	20	0.01	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02972

Error: 0.0006 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12 h	12d	0.31	10	0.01	A
24 h	12d	0.28	10	0.01	B
24 h	14d	0.26	10	0.01	B
12 h	14d	0.26	10	0.01	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02972

Error: 0.0006 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
24 h	12d	0.30	10	0.01	A
48 h	12d	0.29	10	0.01	A B
48 h	14d	0.27	10	0.01	B C
24 h	14d	0.25	10	0.01	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05025

Error: 0.0006 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12 h	24 h	12d	0.32	5	0.01	A
12 h	48 h	12d	0.30	5	0.01	A B
24 h	24 h	12d	0.29	5	0.01	A B
24 h	48 h	14d	0.28	5	0.01	A B C
24 h	48 h	12d	0.27	5	0.01	A B C
12 h	48 h	14d	0.26	5	0.01	B C
12 h	24 h	14d	0.25	5	0.01	B C
24 h	24 h	14d	0.24	5	0.01	C

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

4. ANAVA Rendimiento EE/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto EE/m ² (BS)	40	0.63	0.54	8.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.6E-03	7	2.2E-04	7.62	<0.0001
Tiempo remojo	2.4E-05	1	2.4E-05	0.81	0.3749
Tiempo Oreo	2.5E-04	1	2.5E-04	8.44	0.0066
Edad cosecha	9.5E-06	1	9.5E-06	0.33	0.5723
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	4.0E-06	1	4.0E-06	0.14	0.7131
Tiempo remojo*Edad cosecha..	1.1E-03	1	1.1E-03	36.96	<0.0001
Tiempo Oreo*Edad cosecha	1.2E-04	1	1.2E-04	4.24	0.0477
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	7.1E-05	1	7.1E-05	2.44	0.1278
Error	9.3E-04	32	2.9E-05		
Total	2.5E-03	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00348

Error: 0.0000 gl: 32

Tiempo Oreo Medias	n	E.E.	
48 h	0.06	20	1.2E-03 A
24 h	0.06	20	1.2E-03 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00654

Error: 0.0000 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12 h	12d	0.07	10	1.7E-03	A
24 h	14d	0.06	10	1.7E-03	A
12 h	14d	0.06	10	1.7E-03	B
24 h	12d	0.05	10	1.7E-03	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00654

Error: 0.0000 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
48 h	14d	0.06	10	1.7E-03	A
48 h	12d	0.06	10	1.7E-03	A B
24 h	12d	0.06	10	1.7E-03	A B
24 h	14d	0.06	10	1.7E-03	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01106

Error: 0.0000 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosech	Medias	n	E.E.	
24 h	48 h	14d	0.07	5	2.4E-03	A
12 h	48 h	12d	0.07	5	2.4E-03	A
12 h	24 h	12d	0.06	5	2.4E-03	A B
24 h	24 h	14d	0.06	5	2.4E-03	A B C
12 h	48 h	14d	0.06	5	2.4E-03	A B C
24 h	24 h	12d	0.06	5	2.4E-03	B C
24 h	48 h	12d	0.05	5	2.4E-03	B C
12 h	24 h	14d	0.05	5	2.4E-03	C

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

5. ANAVA rendimiento FC/m² (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto FC/m ² (BS)	40	0.52	0.41	8.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	7	1.6E-03	4.92	0.0007
Tiempo remojo	1.1E-03	1	1.1E-03	3.32	0.0779
Tiempo Oreo	4.0E-04	1	4.0E-04	1.25	0.2723
Edad cosecha	3.3E-03	1	3.3E-03	10.33	0.0030
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	2.0E-03	1	2.0E-03	6.20	0.0182
Tiempo remojo*Edad cosecha..	3.4E-07	1	3.4E-07	1.1E-03	0.9741
Tiempo Oreo*Edad cosecha	2.9E-03	1	2.9E-03	8.97	0.0053
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	1.4E-03	1	1.4E-03	4.35	0.0451
Error	0.01	32	3.2E-04		
Total	0.02	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01149

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Medias	n	E.E.	
12 h	0.20	20	4.0E-03	A
24 h	0.19	20	4.0E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01149

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo Oreo	Medias	n	E.E.	
48 h	0.20	20	4.0E-03	A
24 h	0.20	20	4.0E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01149

Error: 0.0003 gl: 32

Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12d	0.21	20	4.0E-03	A
14d	0.19	20	4.0E-03	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02162

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Medias	n	E.E.		
12 h	24 h	0.21	10	0.01	A	
24 h	48 h	0.20	10	0.01	A	B
12 h	48 h	0.20	10	0.01	A	B
24 h	24 h	0.18	10	0.01		B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02162

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
12 h	12d	0.21	10	0.01	A	
24 h	12d	0.20	10	0.01	A	B
12 h	14d	0.20	10	0.01	A	B
24 h	14d	0.19	10	0.01		B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02162

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
24 h	12d	0.21	10	0.01	A	
48 h	12d	0.20	10	0.01	A	
48 h	14d	0.20	10	0.01	A	
24 h	14d	0.18	10	0.01		B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03656

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
12 h	24 h	12d	0.22	5	0.01	A	
24 h	48 h	14d	0.21	5	0.01	A	
24 h	24 h	12d	0.21	5	0.01	A	
12 h	48 h	12d	0.21	5	0.01	A	
24 h	48 h	12d	0.20	5	0.01	A	
12 h	24 h	14d	0.20	5	0.01	A	B
12 h	48 h	14d	0.19	5	0.01	A	B
24 h	24 h	14d	0.16	5	0.01		B

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

6. ANAVA rendimiento cenizas/m2 (TCO)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto CEN/m2 (BS)	40	0.42	0.29	8.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	7	9.5E-04	3.31	0.0091
Tiempo remojo	7.0E-05	1	7.0E-05	0.24	0.6252
Tiempo Oreo	6.7E-07	1	6.7E-07	2.3E-03	0.9618
Edad cosecha	4.7E-03	1	4.7E-03	16.46	0.0003
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	4.7E-05	1	4.7E-05	0.16	0.6900
Tiempo remojo*Edad cosecha..	5.3E-05	1	5.3E-05	0.18	0.6711
Tiempo Oreo*Edad cosecha	8.8E-04	1	8.8E-04	3.07	0.0694
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	8.8E-04	1	8.8E-04	3.07	0.0494
Error	0.01	32	2.9E-04		
Total	0.02	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01092

Error: 0.0003 gl: 32

Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12d	0.20	20	3.8E-03	A
14d	0.18	20	3.8E-03	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02054

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.		
12 h	12d	0.20	10	0.01	A	
24 h	12d	0.20	10	0.01	A	B
12 h	14d	0.18	10	0.01		B
24 h	14d	0.18	10	0.01		B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02054

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.			
24 h	12d	0.21	10	0.01	A		
48 h	12d	0.20	10	0.01	A		B
48 h	14d	0.18	10	0.01		B	C
24 h	14d	0.18	10	0.01			C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03474

Error: 0.0003 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
24 h	24 h	12d	0.21	5	0.01	A
12 h	24 h	12d	0.21	5	0.01	A
12 h	48 h	12d	0.20	5	0.01	A B
24 h	48 h	12d	0.19	5	0.01	A B
24 h	48 h	14d	0.19	5	0.01	A B
12 h	24 h	14d	0.18	5	0.01	A B
12 h	48 h	14d	0.18	5	0.01	A B
24 h	24 h	14d	0.17	5	0.01	B

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

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto GH/kg semilla (TCO)	40	0.35	0.21	9.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.69	7	0.53	2.46	0.0391
Tiempo remojo	1.17	1	1.17	5.44	0.0261
Tiempo Oreo	0.03	1	0.03	0.12	0.7269
Edad cosecha	0.01	1	0.01	0.07	0.8003
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	0.07	1	0.07	0.31	0.5820
Tiempo remojo*Edad cosecha..	0.40	1	0.40	1.85	0.1830
Tiempo Oreo*Edad cosecha	1.04	1	1.04	4.86	0.0348
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	0.97	1	0.97	4.53	0.0411
Error	6.88	32	0.21		
Total	10.57	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29858

Error: 0.2149 gl: 32

Tiempo remojo	Medias	n	E.E.	
12 h	5.16	20	0.10	A
24 h	4.82	20	0.10	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29858

Error: 0.2149 gl: 32

Tiempo Oreo	Medias	n	E.E.	
24 h	5.01	20	0.10	A
48 h	4.96	20	0.10	A

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

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rdto MS/kg semilla	40	0.58	0.49	9.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.28	7	0.04	6.26	0.0001
Tiempo remojo	0.01	1	0.01	1.03	0.3169
Tiempo Oreo	4.9E-03	1	4.9E-03	0.76	0.3886
Edad cosecha	0.18	1	0.18	28.71	<0.0001
Tiempo remojo*Tiempo Oreo	0.02	1	0.02	2.63	0.1149
Tiempo remojo*Edad cosecha.	0.01	1	0.01	1.69	0.2035
Tiempo Oreo*Edad cosecha	0.04	1	0.04	5.90	0.0209
Tiempo remojo*Tiempo Oreo*..	0.02	1	0.02	3.13	0.0463
Error	0.21	32	0.01		
Total	0.49	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05156

Error: 0.0064 gl: 32

Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12d	0.94	20	0.02	A
14d	0.81	20	0.02	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09699

Error: 0.0064 gl: 32

Tiempo remojo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
12 h	12d	0.97	10	0.03	A
24 h	12d	0.91	10	0.03	A
24 h	14d	0.81	10	0.03	B
12 h	14d	0.80	10	0.03	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09699

Error: 0.0064 gl: 32

Tiempo Oreo	Edad cosecha	Medias	n	E.E.	
24 h	12d	0.96	10	0.03	A
48 h	12d	0.92	10	0.03	A
48 h	14d	0.85	10	0.03	B
24 h	14d	0.77	10	0.03	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16399

Error: 0.0064 gl: 32

Tiempo remojo	Tiempo Oreo	Edad cosech	Medias	n	E.E.			
12 h	24 h	12d	0.99	5	0.04	A		
12 h	48 h	12d	0.95	5	0.04	A	B	
24 h	24 h	12d	0.94	5	0.04	A	B	
24 h	48 h	14d	0.90	5	0.04	A	B	
24 h	48 h	12d	0.89	5	0.04	A	B	
12 h	24 h	14d	0.80	5	0.04		B	C
12 h	48 h	14d	0.80	5	0.04		B	C
24 h	24 h	14d	0.73	5	0.04			C

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

9. Estructura de costos de producción de MS de Germinado Hidropónico de Maíz (*Zea mays*) de T1

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
	Maiz	Kg.	1.386	1.20	1.66
	Agua	L	2.772	0.05	0.14
		ml	0	0.00	0.00
	Lejía	L	0.001	1.50	0.002
	Mano de obra	Horas	1.125	0.625	0.70
	Sub Total				
	Agua	L	4.158	0.05	0.21
		ml	0.000	0.00	0.00
	Mano de obra	Horas	0.625	0.625	0.39
	Sub Total				
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	4.158	0.05	0.21
		ml	0	0.00	0.00
	Mano de Obra	Horas	0.75	0.625	0.47
	Sub Total				
TOTAL					3.78
Costo de produccion por tratamiento (S/)					3.78
Rendimiento/tratamiento (Kg)					7.36
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico					0.51
Costo de depreciacion/kg					0.05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de maíz					0.56