



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**



**PERIODO DE APLICACIÓN DE AGUA  
OZONIZADA PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DE  
GERMINADO HIDROPÓNICO DE MAÍZ  
(*Zea mays* L.) EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

Presentada como requisito  
Para optar el título profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. EVELYN CAROL GARRIDO MILIÁN**

**Lambayeque — Perú**

**2018**

**PERIODO DE APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DE GERMINADO HIDROPÓNICO DE  
MAÍZ (Zea mays L.) EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

**Presentada como requisito Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. EVELYN CAROL GARRIDO MILIÁN**

**Aprobada por el siguiente jurado**

---

**Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, MSc.  
Presidente**

---

**Ing. Humberto Gamonal Cruz  
Secretario**

---

**Ing. Benito Bautista Espinoza  
Vocal**

---

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

## **DEDICATORIA**

A mi madre y hermanas que siempre han estado a mi lado apoyándome para ser mejor en todo.

A mi padre que ya está en el cielo y estará feliz de este logro.

A la Comunidad Religiosa Misioneras del Divino Maestro que ha contribuido a mi Formación Humana y Religiosa.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia y comunidad de fe por su estímulo constante y su apoyo incondicional en mis estudios.

A mí a Patrocinador: Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. por su guía y orientación en la elaboración de este trabajo de investigación.

A los Ingenieros Zootecnistas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por los conocimientos brindados en mi formación profesional.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRÁFICA	2
III. MATERIAL Y METODOS	19
3.1. Lugar de Ejecución y Duración del Experimento	19
3.2. Tratamientos Evaluados	19
3.3. Materiales y equipos experimentales	20
3.3.1 Materiales	20
3.3.2. Instalaciones y equipo	20
3.4. Diseño y metodología experimental	21
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis	21
3.4.2. Técnicas Experimentales	22
3.4.3. Variables Evaluadas	25
3.4.4. Análisis Estadístico	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	26
4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de maíz ( <i>Zea mays</i> ) por tratamiento	26
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)	26
4.1.2 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).	26
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	27
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	28
4.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	29
4.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	30
4.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	32

4.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base fresca (Kg)	33
4.2 Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de maíz ( <i>Zea mays</i> ) por tratamiento.	34
4.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca y materia seca (Kg)	34
4.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada	35
4.3 Costos de producción de un kilogramo de Germinado Hidropónico de maíz	37
4.3.1 Costo de producción de un kg de Materia seca de GH de maíz por tratamiento (TCO)	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1 Conclusiones	38
5.2 Recomendaciones	38
VI. RESUMEN	39
VII. BIBLIOGRAFIA CITADA	40
VIII. ANEXOS	43
8.1. Rendimiento por tratamiento:	43
a. Producción de GH de maíz por metro cuadrado (TCO)	
b. Producción de Materia Seca (MS) de GH de maíz por metro cuadrado (TCO)	43
c. Rendimiento de Proteína Cruda (PC) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)	43
d. Rendimiento de Extracto Etéreo (EE) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)	44
e. Rendimiento de Fibra Cruda (FC) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)	44
f. Rendimiento de Cenizas (CEN) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)	44
g. Rendimiento de GH por kilogramo de semilla procesada (TCO)	45
h. Rendimiento de Materia Seca de GH por kilogramo de semilla procesada (TCO)	45
8.2 ANAVA producción de GH/m <sup>2</sup> (TCO)	45
8.3 ANAVA Rendimiento MS/m <sup>2</sup> (TCO)	45
8.4 ANAVA Rendimiento PC/m <sup>2</sup> (TCO)	45
8.5 ANAVA Rendimiento EE/m <sup>2</sup> (TCO)	46
8.6 ANAVA rendimiento FC/m <sup>2</sup> (TCO)	46
8.7 ANAVA rendimiento cenizas/m <sup>2</sup> (TCO)	46
8.8 ANAVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)	46
8.9 ANAVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada	47
8.10 Estructura de costos de producción de MS de Germinado Hidropónico de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) de T4	47

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) a los 15 días de edad (Kg)	26
Tabla 2. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por tratamiento (%)	27
Tabla 3. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento con método de Duncan (Kg)	28
Tabla 4. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	29
Tabla 5. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	30
Tabla 6. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	31
Tabla 7. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	33
Tabla 8. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	34
Tabla 9. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	35
Tabla 10. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	36
Tabla 11. Costo de 1 kg de MS de GH de maíz por tratamiento (S/.)	37

## I. INTRODUCCION

El Germinado Hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) es el segundo más estudiado en Lambayeque debido al interés que se tiene de optimizar su productividad. según Cozemar (2017) la calidad del agua es clave a la hora de conseguir excelentes cosechas de cultivo hidropónico y el agua ozonizada es un agente con gran poder antioxidante y que por su composición química O<sub>3</sub> presenta un alto valor germicida que no deja residuos y es eficaz frente a bacterias, virus, parásitos y esporas. La modificación de las propiedades del agua con el ozono podría convertirse en una alternativa para optimizar dicha producción y junto a ello observar el enriquecimiento nutricional del maíz, pero se desconoce el tiempo apropiado de aplicación por lo que nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Cuál es el periodo de aplicación de agua ozonizada para optimizar la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque? Para responder a esta interrogante se plantearon los siguientes objetivos: a) Determinar la influencia del agua ozonizada aplicada por etapas en la producción de GH de maíz en Lambayeque; b) Determinar el periodo de aplicación de agua ozonizada para optimizar la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque y c) Determinar la productividad en GH y MS por kg de semilla de maíz procesada de cada tratamiento.



## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Generalidades sobre el cultivo hidropónico:**

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.

FAO (2001), dice que el Forraje Verde Hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenido a partir del crecimiento inicial de las plantas en estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH es un forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para alimentación animal. Consiste en la germinación de semillas de cereales y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utiliza avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

PICHILINGUE (1994) refiere que, para lograr 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.

## **2.2. Factores que influyen en el Cultivo del FVH:**

MIRANDA (2006) describe los factores que influyen en la producción óptima de FVH:

- a. Luz:** Es necesario que durante los primeros 3 días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas, no se debe exponer las bandejas directamente al sol.
- b. Temperatura:** La temperatura debe estar entre 22°C y 25°C.
- c. Humedad:** Debe oscilar entre 65-70% de humedad relativa (H.R).
- d. Calidad de semilla:** El porcentaje de pureza debe ser de mayor a 80% y el poder germinativo aceptable debe estar entre 80 - 90%.

## **2.3. Calidad de agua en el cultivo de FVH:**

FAO (2001), refiere que la condición básica del agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser

de pozo, lluvia o agua corriente de cañerías. En caso que la calidad de agua no sea la conveniente, será imprescindible realizar un análisis químico detallado de la misma, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos respecto a (1) contenido en sales y elementos fito tóxicos (sodio, cloró y boro); (2) contenido de microorganismos patógenos; (3) concentración de metales pesados y (4) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. El valor del pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse con un pH cercano a 7.5, el resto de semillas, cereales mayormente, no se comportan eficientes por encima de 7.0.

COZEMAR, 2017 nos dice que la calidad del agua es clave a la hora de conseguir excelentes cosechas de cultivo hidropónico, en realidad uno de sus requerimientos inexcusables para alcanzar estándares de calidad máximos que, por supuesto, cumplirán las normas higiénico-sanitarias. Por otro lado, nos dirá que el agua ozonizada es un agente con gran poder antioxidante y que por su composición química  $O_3$  presenta un alto valor germicida que no deja residuos y es eficaz frente a bacterias, virus, parásitos y esporas.

La razón de que el agua con ozono sea imprescindible en la desinfección para la agricultura es el enorme poder desinfectante de la *ozonólisis*, un proceso de oxidación que acaba con la contaminación en sólo unos minutos, sin efectos perjudiciales de ningún tipo. Una vez finalizada la reacción,

simplemente vuelve a convertirse en oxígeno, por lo que su aplicación es sencilla, rápida y por completo inofensiva para las plantas, el medio ambiente o las personas. El uso de agua ozonizada en cultivos hidropónicos con recirculación asegura la inocuidad de la solución nutritiva, desinfectándola por completo sin dejar residuos perjudiciales para las plantas. La importancia del ozono en el agua para el cultivo hidropónico radica en que no sólo la purifica, sino que también enriquece la raíz con la aportación de oxígeno a la misma, con lo que mejora el vigor de las plantas y el número y longitud de las raíces. Cabe recordar que las propiedades del ozono: acción fungicida, bactericida, viricida y desinfectante aportan al cultivo hidropónico una mayor producción, un mejor sabor, aspecto, resistencia a enfermedades y reducción del tiempo de crecimiento.

#### **2.4. Proceso de producción de FVH:**

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 transformaciones y cambios 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 25 cm y se obtiene alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1:6 aproximadamente.

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

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

**a. Etapa de tratamiento de semilla:** Aquí se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla.

**b. 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 deben 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 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, aquí estarán de 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción.

**c. Etapa 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 el riego se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas. El proceso de producción de forraje hidropónico es el siguiente:

- **Selección de semilla:** Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o preservantes. 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 para eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. 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:** Luego del remojo, las semillas se enjuagan con agua y puestas en un depósito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además éste será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla.
- **Germinación:** Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en bandejas, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, a una altura de cama de semillas de 1 cm a 2.5 cm las cuales se regarán de tres a cuatro días 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 cuatro a seis días.



- **Producción:** En esta etapa existe mayor iluminación, el GH se riega una a dos veces al día. El periodo de crecimiento dura seis a ocho días y alcanza una altura promedio de 20 a 30 cm., la cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.
- **Cosecha:** Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el GH 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 es imposible obtener los verdaderos rendimientos requeridos para el progreso agrícola e Indica que son tres los factores que influyen sobre el valor de las semillas:

- 1º. **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.
- 2º. **Coeficiente de pureza.**- Se determina con la siguiente formula:  $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$ .
- 3º. **Valor cultural.**- se calcula con la siguiente formula:  $(\text{Coeficiente de pureza} \times \text{coeficiente de germinación}) / 100$ . La mayor cifra que se puede obtener es de 100 y tanto mejor será la semilla cuanto más se acerque a dicho número.

## **2.5. Ventajas del cultivo del FVH:**

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

- a. 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: Avena (635 L); Cebada (521 L); Trigo (505 L); Maíz (372 L) y sorgo (271 L). 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.
- b. 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.
- c. 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 porque a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.
- d. 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.

**e. 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:** Tradicionalmente se conocen 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.

**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. La composición química promedio de la planta total de cebada es: 16.02 % en Proteína; 5.37 % en grasa; 12.94 % en fibra cruda y 3.03 % en cenizas.

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

**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.

GARZA (2014) indica los siguientes valores nutritivos del forraje hidropónico (FVH) de maíz, energía: 75 % NDT; proteína cruda: 19.4 %; grasa: 3.15 % y digestibilidad: 90 %.

ALIAGA, *et al* (2009), indican que el forraje de granos germinados es un alimento de alto rendimiento, cuyo valor nutritivo es alto y puede producirse todo el año. Manifiestan además que, durante la germinación las enzimas se movilizan e invaden el interior de las semillas, por lo que ocurre una disolución de paredes celulares por la acción de aquellas. Posteriormente, se liberarán granos de almidón, los cuales son transformados en azúcares y así empieza dicho proceso. El rendimiento del grano germinado es cinco a seis veces el peso de la semilla en un proceso de producción que dura 15 días en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de semillas. Los granos más utilizados en la producción de grano germinado son trigo, cebada, maíz y avena.

## **2.6. Desventajas del cultivo de FVH:**

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 brasileños han optado por la producción de FH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro-túneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

## **2.7. Densidad de siembra de la semilla y relación de 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 kilo de semilla.

LÓPEZ (2010), manifiesta que la cebada tiene mayor crecimiento con 20,6 cm y mayor rendimiento de materia verde 6,27 kg/ kg de semilla, en el menor tiempo necesario para su cosecha. También expresa que la cebada es la especie con la que se produce mejor forraje hidropónico en menor tiempo pero que tiene menor rendimiento de materia seca que la avena con 0,62 kg frente a 0,91 kg / Kg. de semilla sembrada.

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/m<sup>2</sup> durante 15 días y el mejor comportamiento lo obtuvo con 2 Kg/m<sup>2</sup>, logrando un rendimiento de 5,71 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, con la siguiente composición química: PC 11.25 %; FC 7.9 %; EE 3.58 % y CEN 1.02 %, 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.

SINCHIGUANO (2008) en Ecuador, evaluó la productividad medida 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.

MARTINEZ (2017) evaluó la restricción de luz en la etapa de producción del Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum*

*vulgare*) en Lambayeque. Todos los rendimientos del maíz superaron a los del sorgo escobero y dentro de los tratamientos de maíz los mejores resultados los obtuvo restringiendo la luz de manera parcial durante la etapa de producción del Germinado Hidropónico obteniendo los siguientes rendimientos por metro cuadrado: 17.51 kg de GH en base fresca y en base seca: 3.94 kg de materia seca; 0.67 kg de proteína cruda; 0.14 kg de extracto etéreo; 0.54 kg de fibra cruda y 0.13 kg de cenizas. En todo el procedimiento se utilizó agua pura. En productividad por kg de semilla de maíz procesada obtuvo 8.22 kg de GH en base fresca y 1.85 kg de MS.

A nivel del sorgo escobero con restricción de luz obtuvo los siguientes rendimientos por metro cuadrado: 8.66 kg de GH en base fresca y en base seca: 2.02 kg de materia seca; 0.23 kg de proteína cruda; 0.07 kg de extracto etéreo; 0.25 kg de fibra cruda y 0.06 kg de cenizas. En productividad por kg de semilla de sorgo escobero procesada obtuvo 3.25 kg de GH en base fresca y 0.76 kg de MS.

CHAPONÁN (2018), evaluó 4 dosis de aplicación (ml/L) de proteína hidrolizada líquida de tilapia (PHL) en el agua de riego (1; 0.75; 0.50; 0) y 2 tiempos de aplicación (24 y 48 horas) antes de concluir la etapa de germinación en el proceso de GH de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque. Los mejores resultados los obtuvo aplicando 1ml PHL/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación. Los rendimientos por metro cuadrado que obtuvo fueron: 9.53 kg de GH en base fresca y en base seca:



1.81 kg de materia seca; 0.24 kg de proteína cruda; 0.09 kg de extracto etéreo; 0.10 kg de fibra cruda y 0.25 kg de cenizas.

CORRALES (2009), indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de germinado hidropónico inducen a confusión porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso: El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento “siembra en bandejas” y muchos confunden este término cuando desean 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.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de Ejecución y Duración del Experimento**

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, del 28 de febrero al 15 de marzo de 2017 y los análisis de composición química del Germinado Hidropónico obtenido se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

#### **3.2 Tratamientos Evaluados**

Se establecieron 6 tratamientos producto del suministro de agua ozonizada por etapas dentro del proceso de producción de Germinado Hidropónico de maíz:

T0: Germinado Hidropónico de maíz sin agua ozonizada

T1: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinado

T2: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinado y germinación.

T3: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinado, germinación y producción.

T4: GH de maíz con agua ozonizada sólo en etapa de germinación.

T5: GH de maíz con agua ozonizada sólo en etapa de producción.

A cada tratamiento se le asignó 5 repeticiones

### **3.3 Material y Equipo Experimental**

#### **3.3.1 Materiales**

##### **Semilla de maíz (*Zea mays*)**

El maíz se adquirió en el mercado de Moshoqueque, Provincia de José Leonardo Ortiz, previo muestreo en dos locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes resultados: 77% y 89% procediendo a comprar 18 kg de la semilla que presentó mayor valor cultural.

Adicionalmente se utilizó lejía (hipoclorito de sodio) a dosis de 1 ml por litro de agua para el proceso de desinfección de la semilla, agua pura y agua ozonizada envasada.

#### **3.3.2 Instalaciones y Equipo**

- ✓ 2 estanterías de madera para 30 bandejas hidropónicas
- ✓ 1 toldo de estructura de metal (3m x 3m x 2.70 m de altura) con carpa y manta para el manejo de temperatura e iluminación.
- ✓ 30 bandejas plásticas para hidroponía de 55 cm x 42 cm.
- ✓ 02 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 02 baldes para oreo de semilla.
- ✓ 02 equipo de riego por aspersión manual.
- ✓ 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.

### **3.4 Diseño y Metodología experimental**

PADRON (2009), indica que el diseño completamente al azar (DCR) es el diseño más simple y se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas y la variación entre ellas es muy pequeña como es el caso de experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros, granjas porcinas, etc. en que las condiciones ambientales son controladas, tal diseño es una prueba con un solo criterio de clasificación.

Las ventajas de este diseño son:

- Es fácil de planear.
- Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones, el límite está dado por el número de unidades experimentales en general.
- No es necesario que el número de tratamientos sea igual al número de repeticiones.

El número de grados de libertad para el error aumenta por no tener muchas restricciones.

La metodología experimental presenta la siguiente secuencia:

#### **3.4.1 Diseño de Contrastación de Hipótesis**

La hipótesis alternativa planteada fue la siguiente:

El periodo de aplicación de agua ozonizada influye en la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque.

Para evaluar estadísticamente la 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:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Producción de GH de maíz.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto de la i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental de la j-ésima bandeja de i-ésimo tratamiento.

### 3.4.2 Técnicas Experimentales

#### A) Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 30 bandejas para el estudio asignando cinco bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

##### a. Etapa de Pre germinación:

Cálculo de cantidad de semilla de maíz necesaria:

- Se calculó el área de bandeja:  $0.42 \text{ m} \times 0.55 \text{ m} = 0.231 \text{ m}^2$ .
- Luego se calculó la cantidad de semilla de acuerdo a la densidad para cada tratamiento:

Utilizando la densidad de siembra de  $2 \text{ kg /m}^2$  recomendado por Hernández (2013) para Lambayeque, se calculó la cantidad de semilla

limpia por bandeja obteniendo 0.462 kg luego se multiplicó por las 30 bandejas en estudio dando un total de 13.86 kg de semilla de maíz “limpia”

Considerando un máximo de 80 % de pureza se compró 18 kg de semilla de maíz en peso bruto. Luego se siguió el siguiente procedimiento:

- b. Escogido** de granos partidos paja y otras impurezas para obtener 13.86 kg de semilla limpia para la investigación.
- c. División** de los 13.86 kg en dos partes para recibir el tratamiento con agua pura y ozonizada de manera independiente.
- d. Lavado** de semillas en cada balde con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
- e. Desinfección** con hipoclorito de sodio al 1/1000 (1 ml por litro de agua) durante 2 horas en cada balde.
- f. Segundo lavado** con agua para eliminar el hipoclorito de sodio de las semillas. Inmediatamente después se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas por veinticuatro horas con cada tipo de agua utilizando agua pura para las semillas de T0, T4 y T5 en un balde y agua ozonizada para las semillas de T1, T2 y T3 en el segundo balde.
- g. Oreo.** Luego del periodo de remojo las semillas fueron oreadas en dos baldes debidamente tapados durante 48 horas (dos días).

## **B) Etapa de Germinación:**

Proceso de siembra de bandeja por tratamiento:

Después del oreo, cuando habían brotado las raíces de la semilla, se procedió a pesar el total de semilla oreada de cada balde y se dividió entre 15 bandejas de tres tratamientos para realizar una siembra homogénea en cada bandeja debidamente identificada.

Luego de sembrar las semillas en 5 bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura donde permanecieron por un periodo de 4 días. Diariamente 4 veces al día: 6:00 am; 11:00 m, 4:00 pm y 8 pm con ayuda de un aspersor manual (uno por cada tipo de agua) se regaron con agua pura las bandejas de T0, T1 y T5 y con agua ozonizada a las bandejas de T2, T3 y T4.

## **C) Etapa de Producción:**

El día 5 post siembra en bandejas se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos dando inicio a la etapa de producción donde permanecieron hasta la cosecha de cada tratamiento. En esta etapa, se regó con agua pura a las bandejas de T0, T1, T2 y T4; y con agua ozonizada a las bandejas de T3 y T5.

## **D) Cosecha**

Se realizó a los 15 días de edad pesando la producción de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. Luego se tomaron cinco muestras de cada bandeja de cada tratamiento y con la técnica del

cuarteo se procedió a obtener un kilogramo de muestra de cada tratamiento que fue trasladado al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para su evaluación nutricional.

### **3.4.3 Variables Evaluadas**

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- a. Producción de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO).
- b. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).
- c. Producción de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado (TCO).
- d. Producción de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado (TCO).
- e. Producción de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado (TCO).
- f. Producción de Cenizas (CEN) por metro cuadrado (TCO).
- g. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada (TCO).
- h. Rendimiento de Materia Seca (MS) de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada.

### **3.4.4 Análisis Estadístico**

Se utilizó un Diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento. Se realizó el Análisis de varianza para determinar si había diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. Para analizar cuál o cuáles de los tratamientos fueron mejores se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) por tratamiento:

#### 4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)

En la tabla 1 se presenta la producción en biomasa verde de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja de cada tratamiento cosechado a los 15 días de edad.

Tabla 1. Peso de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) a los 15 días de edad (Kg)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B 1	2,50	2	2,25	2,60	2,50	2,50
B 2	2,25	2	2,65	2,60	2,35	2,65
B 3	2,25	2	2,40	2,60	2,40	2,60
B 4	2,60	2,1	2,35	2,60	2,40	2,60
B 5	2,65	2	2,35	2,65	2,35	2,25
Total/tratamiento	12,25	10,10	12,00	13,05	12,00	12,60
Promedio	2,45	2,02	2,40	2,61	2,40	2,52

#### 4.1.2 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).

Los análisis de composición química del GH de cada tratamiento se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia después de concluida la fase experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 2 e indican que los mejores rendimientos de proteína cruda se obtuvieron con el tratamiento dos (T2) utilizando agua ozonizada en la etapa de pre germinación y germinación seguido del tratamiento tres (T3) que utilizó agua ozonizada en las etapas de pre germinación, germinación y producción.

Tabla 2. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por tratamiento (%)

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Materia seca (% TCO)	17,59	17,73	16,83	17,14	17,86	16,67
PC (% BS)	13,14	13,00	13,51	13,32	12,70	13,09
EE (% BS)	3,48	3,48	3,39	3,99	4,06	3,43
FC (% BS)	13,84	13,74	13,61	13,87	13,42	13,06
CEN (% BS)	3,79	4,75	4,31	4,79	4,66	3,97

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

#### 4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

El área de bandeja que se utilizó en el presente estudio fue de 0.231 m<sup>2</sup> (0.42 m x 0.55 m) y con la información de la tabla 2 se calculó el rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca. Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.2) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos. Los mejores rendimientos lo presentaron T3, T5, T0, T4 y T2 entre los cuales no hubo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) pero si hubieron diferencias numéricas entre ellos presentando mejores rendimientos el tratamiento que recibió agua ozonizada durante todas las etapas de producción de GH de maíz (T3) con 11.3 kg GH/m<sup>2</sup> superando a los 9.53 kg de GH/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1ml/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación pero por debajo de los 17.51 kg de GH/m<sup>2</sup> logrados por martinez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción, pero superó en 3.5% al rendimiento de GH/m<sup>2</sup> de T5 que recibió agua ozonizada sólo en la etapa de producción y superó en 6.11% al rendimiento de T0 que se regó con agua pura y superó en 22.65% al

rendimiento de T1 que solo recibió agua ozonizada en la etapa de pre germinación siendo el tratamiento menos favorecido de todos.

Tabla 3. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento con método de Duncan (Kg)

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	11,30 a
T5 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	10,91 a
T0 (Agua pura en todas las etapas)	10,61 a
T4 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	10,39 a
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	10,39 a
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	8,74 b

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

#### 4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Para calcular el aporte de materia seca por metro cuadrado de cada tratamiento (Anexo 8.1, inciso b) se utilizó la información de aporte de GH/m<sup>2</sup> (TCO) de cada tratamiento vistos en el anexo 8.1, inciso a.

El análisis de varianza (Anexo 8.3) demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) obteniendo los mejores rendimientos de MS/m<sup>2</sup> con el tratamiento que recibió agua ozonizada en todas las etapas de producción de GH de maíz (T3) con 1.94 kg/m<sup>2</sup> superando al rendimiento de 1.81 kg MS/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1ml/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación pero por debajo de los 3.94 kg de MS/m<sup>2</sup> logrados por martinez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción pero superó el rendimiento del tratamiento testigo (T0) en 4.12% y superó en 20.10% al rendimiento de

MS/m<sup>2</sup> del tratamiento que sólo recibió agua ozonizada en la etapa de producción o periodo de luz.

Tabla 4. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	1,938 a
T0 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	1,864 ab
T4 (Agua pura en todas las etapas)	1,858 ab
T5 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	1,818 ab
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	1,748 b
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	1,554 c

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

#### 4.1.5 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 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso c y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.4) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (p<0.05). Los mejores rendimientos y entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa (p>0.05) se lograron con todos los tratamientos a excepción del rendimiento de T1 que sólo recibió agua ozonizada en la etapa de producción. El tratamiento que recibió agua ozonizada en todas las etapas (T3) presentó un rendimiento de 0.26 kg PC/m<sup>2</sup> superando al obtenido por Hernández (2013) de 0.19 kg de PC de GH de maíz/m<sup>2</sup>, así como al rendimiento de 0.24 kg de PC/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1ml/L de agua durante 48 horas antes de

concluir la etapa de germinación pero por debajo de los 0.67 kg de PC/m<sup>2</sup> logrados por martinez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción así como debajo del rendimiento reportado por Pérez (2013) de 0.39 kg utilizando una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> pero cosechando a 18 días.

El menor rendimiento obtenido con T1 con 0.20 kg de PC/m<sup>2</sup> rindió igual que los 0.20 kg logrados por Hernández (2013) con una densidad de siembra de 2 kg/m<sup>2</sup> y superó ligeramente el rendimiento de GH de maíz obtenido por Pérez (2014) de 0.19 kg de PC/m<sup>2</sup> con una densidad de siembra de 1.5 kg de maíz/m<sup>2</sup> cosechado a los 18 días de edad.

Tabla 5. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	0,260 a
T0 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	0,248 a
T5 (Agua pura en todas las etapas)	0,240 a
T4 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	0,238 a
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	0,236 a
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación.	0,202 b
Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (p<0.05)	

#### **4.1.6 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 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso d y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.5) se hallaron diferencias

estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y los mejores resultados se hallaron con los tratamientos que recibieron agua ozonizada durante todas las etapas (T3) y solo en la etapa de germinación o cámara oscura (T4) no habiendo diferencias estadísticas significativas entre ambos ( $p > 0.05$ ) pero numéricamente el rendimiento de T3 de 0.08 kg EE/m<sup>2</sup> superó en 5% al rendimiento de T4 y ambos superaron al rendimiento obtenido por Hernández (2013) de 0.06 kg de EE/m<sup>2</sup>, pero ligeramente por debajo de los 0.09 kg de EE/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1 ml/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación y de los 0.14 kg de EE/m<sup>2</sup> logrados por Martínez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción. El menor rendimiento en el estudio se logró con T1 que solo recibió agua ozonizada en la etapa de producción con 0.052 kg de EE/m<sup>2</sup> siendo el de menor rendimiento en el estudio.

Tabla 6. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	0,080 a
T4 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	0,076 a
T0 (Agua pura en todas las etapas)	0,066 b
T5 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	0,062 b
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	0,062 b
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	0,052 c

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

#### **4.1.7 Producción de Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)**

Para calcular los aportes de fibra cruda (FC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso e y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) obteniendo el mayor valor con el tratamiento que recibió agua ozonizada durante todas las etapas de producción de GH de maíz (T3) con 0.27 kg de FC/m<sup>2</sup>, superando al rendimiento de 0.1 kg FC/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1 ml/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación pero por debajo de los 0.54 kg de FC/m<sup>2</sup> logrados por Martinez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción. El mejor rendimiento del presente estudio superó en 4.44% al rendimiento de T0 que se regó con agua pura y superó en 22.22% al menor rendimiento obtenido en el estudio con T1 que recibió agua ozonizada sólo en la etapa de producción o periodo de luz pero todos los rendimientos de FC/m<sup>2</sup> del presente estudio superaron al valor hallado por Hernández (2013) de 0.14 kg de FC de GH de maíz/m<sup>2</sup> quien cosechó a los 15 días de edad.

Tabla 7. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	0,270 a
T0 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	0,258 ab
T4 (Agua pura en todas las etapas)	0,248 ab
T5 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	0,240 b
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	0,236 bc
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	0,212 c

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

#### 4.1.8 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 en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso f y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y el mejor rendimiento lo presentó el tratamiento que recibió agua ozonizada en todas las etapas de producción de Germinado Hidropónico (GH) de maíz, con 0.09 kg CEN/m<sup>2</sup> superando en 22.22% al rendimiento de T0 que fue regado solo con agua pura pero por debajo del rendimiento de 0.24 kg CEN/m<sup>2</sup> logrados por Chapoñan (2018) quien utilizó proteína hidrolizada líquida en dosis de 1ml/L de agua durante 48 horas antes de concluir la etapa de germinación así como de los 0.13 kg de CEN/m<sup>2</sup> logrados por Martinez (2017) utilizando restricción parcial de luz en la etapa de producción.

Todos los rendimientos del presente estudio superaron al rendimiento de Cenizas hallado por Hernández (2013) de 0.02 kg/m<sup>2</sup>.



Tabla 8. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	0,090 a
T4 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	0,086 ab
T2 (Agua pura en todas las etapas)	0,074 bc
T1 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	0,072 c
T5 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	0,070 c
T0 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	0,070 c

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

#### 4.2. **Análisis de 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 y en kg de materia seca por kg de semilla procesada.

##### 4.2.1 **Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)**

Basados en la información de la tabla 1, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de maíz procesada que se aprecia en el anexo 8.1 inciso g. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y los mejores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos T3, T5, T0, T2 y T4 entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) pero si existieron diferencias numéricas donde el tratamiento que recibió agua con

ozono durante todas las etapas de producción de GH de maíz (T3) con 5.65 kg de GH/kg de semilla superó al rendimiento de T0 en 6.19%, rendimiento que se halla dentro el rango referido por Aliaga et al. (2009) de 5 a 6 kg de GH/kg de semilla procesada.

Todos los rendimientos obtenidos en el presente estudio se hallan debajo del rango indicado por la FAO (2001) de 10 a 12 kg de GH/kg de semilla procesada. El menor rendimiento de GH por kg de semilla procesada lo presentó T1 que solo recibió agua ozonizada en la etapa de pre germinación con 4.37 kg GH.

Tabla 9. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	5,652 a
T5 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	5,456 a
T0 (Agua pura en todas las etapas)	5,304 a
T2 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	5,196 a
T4 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	5,194 a
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación).	4,374 b

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

#### **4.2.2 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 uno, calculados en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Ingeniera Zootecnia, a cada bandeja de cada tratamiento. Los resultados se muestran en el anexo 8.1 inciso h. Al realizar el análisis de varianza (Anexo

8.9) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) lográndose los mejores rendimientos con los tratamientos T3, T0, T4, T5 y T2 entre los cuales no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ) pero si existieron diferencias numéricas donde el rendimiento de materia seca por kg de semilla procesada del tratamiento que recibió agua ozonizada durante las todas las etapas de producción de GH de maíz (T3) con 0.96 kg superó en 3.13% al rendimiento del tratamiento que sólo utilizó agua pura en todas las etapas (T0). Todos los rendimientos obtenidos se hallaron debajo del rendimiento indicado por Sinchiguano (2008) de 1.0 kg en Ecuador quien utilizó 17 días de proceso de producción. El menor rendimiento de MS/m<sup>2</sup> se obtuvo con el tratamiento que utilizo agua ozonizada sólo en la etapa de germinación con 0.78 kg de MS/kg de semilla procesada.

Tabla 10. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Tratamiento	Media
T3 (Agua ozonizada en todas las etapas)	0,964 a
T0 (Agua ozonizada solo en etapa producción)	0,934 a
T4 (Agua pura en todas las etapas)	0,930 a
T5 (Agua ozonizada solo en etapa germinación)	0,910 a
T2 (Agua ozonizada en etapas de pre germinación y germinación)	0,876 a
T1 (Agua ozonizada solo en etapa de pre germinación.	0,778 b

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

#### **4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) por tratamiento:**

Para evaluar económicamente el GH de maíz producido en el presente estudio se consideró realizarlo en función de la materia seca producida en cada tratamiento a fin de eliminar la distorsión que podría ocasionar el contenido de humedad. Para dicho efecto se utilizó la estructura de costos de la empresa Vallesol SAC (Anexo 8.10).

##### **4.3.1 Costo de producción de un kg de Materia seca de GH de maíz por tratamiento (TCO)**

Para calcular el costo de 1 kg de materia seca de cada tratamiento, el costo total se aplicó a la producción total de materia seca de cada tratamiento considerando S/.1.10 nuevos soles por kg de maíz y S/.0.05 nuevos soles por litro de agua pura y S/.0.20 por litro de agua ozonizada. La cantidad de agua se calculó de acuerdo a cada tratamiento y debido al costo de agua ozonizada que encarecen el costo de Germinado Hidropónico los menores costos por kilogramo de materia seca de Germinado Hidropónico de Maíz se obtuvieron con el tratamiento testigo (T0) que se regó completamente con agua pura.

Tabla 11. Costo de 1 kg de MS de GH de maíz por tratamiento (S/.)

Tratamiento	Costo/Kg (TCO)	Costo/Kg MS
T0	0,90	4,87
T1	1,15	6,23
T2	1,16	6,62
T3	1,36	7,68
T4	1,10	5,92
T5	1,17	6,79

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones:**

- El uso de agua ozonizada en el proceso de riego influyen en la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*).
- El rendimiento máximo por metro cuadrado de Proteína cruda, se logra utilizando agua ozonizada en la etapa de pre germinación, germinación y producción de GH de maíz y sólo en germinación (T3 y T4).
- El mayor rendimiento de GH de maíz por kg de semilla procesada en base fresca (TCO) fue 5.65 kg y 0.96 kg de MS/ kg de semilla procesada se logró utilizando agua ozonizada en todas las etapas de producción de Germinado Hidropónico de maíz (T3).
- El costo de un kilogramo de GH de maíz (*Zea mays*) más económico se logró con el riego total con agua pura (T0) debido al costo superior del agua ozonizada al momento del estudio; sin embargo, el germinado hidropónico regado durante todo el proceso con agua ozonizada (T3) cuyo costo fue el mayor, obtuvo el mayor valor nutricional. Tendríamos que evaluar comparativamente este alimento no con otro forraje, sino con el costo de un concentrado por su semejanza nutricional.

### **5.2. Recomendaciones:**

1. Evaluar el rendimiento de GH de maíz y otras semillas con el uso de soluciones hidropónicas (A y B) en el agua de riego y comparar con el uso de agua ozonizada.
2. Evaluar el rendimiento con semilla de mayor calidad y sanidad del Germinado Hidropónico.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Chiclayo del 28 de febrero al 15 de marzo de 2017 y tuvo como objetivos a) Determinar la influencia del agua ozonizada aplicada por etapas en la producción de GH de maíz en Lambayeque; b) Determinar el periodo de aplicación de agua ozonizada para optimizar la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque y c) Determinar la productividad en GH y MS por kg de semilla de maíz procesada de cada tratamiento. Para lograrlos se implementaron seis tratamientos: T0: Germinado Hidropónico de maíz sin agua ozonizada; T1: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinación; T2: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinación y germinación; T3: GH de maíz con agua ozonizada en etapa de pre germinación, germinación y producción; T4: GH de maíz con agua ozonizada sólo en etapa de germinación y T5: GH de maíz con agua ozonizada sólo en etapa de producción. A cada tratamiento se le asignó 5 repeticiones. Los resultados demostraron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y con la prueba de comparación múltiple de Tuckey los mejores rendimientos de materia seca/kg de semilla procesada de maíz, y rendimientos por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN se lograron utilizando agua ozonizada como agua de riego durante todas las etapas de producción de Germinado Hidropónico de maíz.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ALIAGA RODRIGUEZ, L., MONCAYO GALLIANI, R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.
- 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.
- COZEMAR. 2017. Tratar los cultivos hidropónicos con agua con ozonizada. En línea. Recuperado el 3 de octubre de 2017 de <https://www.cosemarozono.com/soluciones/desinfeccion-agricultura-ozono/tratamiento-agua-ozono-cultivos-hidroponicos/>
- CHAPOÑAN, L. 2018. Dosis y tiempo de aplicación de proteína hidrolizada líquida en etapa de germinación del Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 58 p.
- 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.
- GARZA, B. 2014. Germinados y forraje hidropónico. En línea. Recuperado el 26 de Julio de 2016 de <http://agronegociosintegrados.blogspot.com/2014/01/produccion-de-forraje-hidroponico-y.html>

HERNÁNDEZ, J. 2013. Densidad óptima 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.

LOPEZ BENALCAZAR E. 2010. Hidroponía. Documento en línea s/f. Recuperado el 11 julio 2016 de  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPITULO%20II.pdf>

MARTINEZ, M. 2017. Restricción de luz en la etapa de producción de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) cosechados a doce días de edad. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. 61 p.

MOYANO. L.; SÁNCHEZ, H. 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. Documento en línea. Recuperado el 15 de enero de 2017 de  
<http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/Comportamientodelaproteinadeforrajeverdehidroponicoenfunciondeltiempodecosecha.pdf>

PADRON CORRAL, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.

PEREZ ALARCON, K. 2013. Densidad de siembra y tiempo óptimo de cosecha de GH de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque. Programa de titulación por capacitación en investigación. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 60 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.
- SIAN, SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA. 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. En línea. Recuperado el 15 de enero de 2017 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. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Riobamba. Ecuador. Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. 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.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Rendimiento por tratamiento:

#### a. Producción de GH de maíz por metro cuadrado (TCO)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	10,82	8,66	9,74	11,26	10,82	10,82
B2	9,74	8,66	11,47	11,26	10,17	11,47
B3	9,74	8,66	10,39	11,26	10,39	11,26
B4	11,26	9,09	10,17	11,26	10,39	11,26
B5	11,47	8,66	10,17	11,47	10,17	9,74
Total/tratamiento	53,03	43,72	51,95	56,49	51,95	54,55
Promedio	10,61	8,74	10,39	11,30	10,39	10,91

#### b. Producción de Materia Seca (MS) de GH de maíz por metro cuadrado (TCO)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	1,90	1,54	1,64	1,93	1,93	1,80
B2	1,71	1,54	1,93	1,93	1,82	1,91
B3	1,71	1,54	1,75	1,93	1,86	1,88
B4	1,98	1,61	1,71	1,93	1,86	1,88
B5	2,02	1,54	1,71	1,97	1,82	1,62
Total/tratamiento	9,33	7,75	8,74	9,68	9,28	9,09
Promedio	1,87	1,55	1,75	1,94	1,86	1,82

#### c. Rendimiento de Proteína Cruda (PC) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0,25	0,20	0,22	0,26	0,25	0,24
B2	0,23	0,20	0,26	0,26	0,23	0,25
B3	0,23	0,20	0,24	0,26	0,24	0,25
B4	0,26	0,21	0,23	0,26	0,24	0,25
B5	0,27	0,20	0,23	0,26	0,23	0,21
Total/tratamiento	1,23	1,01	1,18	1,29	1,18	1,19
Promedio	0,25	0,20	0,24	0,26	0,24	0,24

**d. Rendimiento de Extracto Etéreo (EE) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)**

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0,07	0,05	0,06	0,08	0,08	0,06
B2	0,06	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07
B3	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,06
B4	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06
B5	0,07	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06
Total/tratamiento	0,32	0,27	0,30	0,39	0,38	0,31
Promedio	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,06

**e. Rendimiento de Fibra Cruda (FC) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)**

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0,26	0,21	0,22	0,27	0,26	0,24
B2	0,24	0,21	0,26	0,27	0,24	0,25
B3	0,24	0,21	0,24	0,27	0,25	0,25
B4	0,27	0,22	0,23	0,27	0,25	0,25
B5	0,28	0,21	0,23	0,27	0,24	0,21
Total/tratamiento	1,29	1,07	1,19	1,34	1,25	1,19
Promedio	0,26	0,21	0,24	0,27	0,25	0,24

**f. Rendimiento de Cenizas (CEN) de GH de maíz por metro cuadrado (BS)**

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B1	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,07
B2	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08
B3	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07
B4	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,07
B5	0,08	0,07	0,07	0,09	0,08	0,06
Total/tratamiento	0,35	0,37	0,38	0,46	0,43	0,36
Promedio	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07

### g. Rendimiento de GH por kilogramo de semilla procesada (TCO)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B 1	5,41	4,33	4,87	5,63	5,41	5,41
B 2	4,87	4,33	5,74	5,63	5,09	5,74
B 3	4,87	4,33	5,19	5,63	5,19	5,63
B 4	5,63	4,55	5,09	5,63	5,19	5,63
B 5	5,74	4,33	5,09	5,74	5,09	4,87
Total/tratamiento	26,52	21,86	25,97	28,25	25,97	27,27
Promedio	5,30	4,37	5,19	5,65	5,19	5,45

### h. Rendimiento de Materia Seca de GH por kilogramo de semilla procesada (TCO)

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5
B 1	0,95	0,77	0,82	0,96	0,97	0,90
B 2	0,86	0,77	0,97	0,96	0,91	0,96
B 3	0,86	0,77	0,87	0,96	0,93	0,94
B 4	0,99	0,81	0,86	0,96	0,93	0,94
B 5	1,01	0,77	0,86	0,98	0,91	0,81
Total/tratamiento	4,66	3,88	4,37	4,84	4,64	4,55
Promedio	0,93	0,78	0,87	0,97	0,93	0,91

## 8.2 ANAVA producción de GH/m<sup>2</sup> (TCO)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	19,258	3,852	13,58	0,000
Error	24	6,806	0,284		
Total	29	26,064			

S = 0,5325    R-cuad. = 73,89%    R-cuad. (ajustado) = 68,45%

## 8.3 ANAVA Rendimiento MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,44991	0,08998	10,63	0,000
Error	24	0,20316	0,00846		
Total	29	0,65307			

S = 0,09201    R-cuad. = 68,89%    R-cuad. (ajustado) = 62,41%

#### 8.4 ANAVA Rendimiento PC/m<sup>2</sup> (BS)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,009427	0,001885	12,03	0,000
Error	24	0,003760	0,000157		
Total	29	0,013187			

---

S = 0,01252	R-cuad. = 71,49%	R-cuad. (ajustado) = 65,55%
-------------	------------------	-----------------------------

#### 8.5 ANOVA Rendimiento EE/m<sup>2</sup> (BS)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,0026167	0,0005233	26,17	0,000
Error	24	0,0004800	0,0000200		
Total	29	0,0030967			

---

S = 0,004472	R-cuad. = 84,50%	R-cuad. (ajustado) = 81,27%
--------------	------------------	-----------------------------

#### 8.6 ANAVA rendimiento FC/m<sup>2</sup> (BS)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,009960	0,001992	12,71	0,000
Error	24	0,003760	0,000157		
Total	29	0,013720			

---

S = 0,01252	R-cuad. = 72,59%	R-cuad. (ajustado) = 66,89%
-------------	------------------	-----------------------------

#### 8.7 ANOVA rendimiento Cenizas/m<sup>2</sup> (BS)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,0019100	0,0003820	9,97	0,000
Error	24	0,0009200	0,0000383		
Total	29	0,0028300			

---

S = 0,006191	R-cuad. = 67,49%	R-cuad. (ajustado) = 60,72%
--------------	------------------	-----------------------------

#### 8.8 ANAVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	4,8144	0,9629	13,49	0,000
Error	24	1,7125	0,0714		
Total	29	6,5269			

---

S = 0,2671	R-cuad. = 73,76%	R-cuad. (ajustado) = 68,30%
------------	------------------	-----------------------------

## 8.9 ANOVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	5	0,10851	0,02170	10,20	0,000
Error	24	0,05104	0,00213		
Total	29	0,15955			

---

S = 0,04612    R-cuad. = 68,01%    R-cuad. (ajustado) = 61,34%

### Anexo 8.10. Estructura de costos del tratamiento cinco (T5)

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
<b>PRE GERMINACIÓN (3 días)</b>					
	Maíz	Kg.	2,31	1,10	2,54
	Agua pura	L	17,33	0,05	0,87
	Agua ozonizada	L	0,00	0,20	0,00
	Lejía	L	0,00	1,50	0,00
	Mano de obra	Horas	0,81	3,13	2,53
	<b>Sub Total</b>				<b>5,94</b>
<b>GERMINACION (5 días)</b>					
	Agua	L	14,70	0,05	0,74
	Agua ozonizada		0,00	0,20	0,00
	Mano de obra	Horas	0,29	3,13	0,90
	<b>Sub Total</b>				<b>1,63</b>
<b>PRODUCCION (7 días)</b>	Agua	L	0,00	0,05	0,00
	Agua ozonizada		25,20	0,20	5,04
	Mano de Obra	Horas	0,52	3,00	1,55
	<b>Sub Total</b>				<b>6,59</b>

Costo de producción por tratamiento (S/)	14,16
Rendimiento/tratamiento (Kg)	2,10
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	6,74
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de maíz	6,79

## Anexo 8.11. Registro fotográfico





















