



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"  
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



# **DOSIS Y TIEMPO DE APLICACIÓN DE PROTEÍNA HIDROLIZADA LÍQUIDA EN ETAPA DE GERMINACIÓN DEL GERMINADO HIDROPÓNICO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LAMBAYEQUE**

## **TESIS**

Presentada como requisito  
Para optar el título profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. LUCINDA ESTHER CHAPOÑAN RIOJAS**

**Lambayeque — Perú**

**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**

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

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. LUCINDA ESTHER CHAPOÑAN RIOJAS**

**Aprobada por el siguiente jurado**

---

**ING. ENRIQUE G. LOZANO ALVA, MSC.  
PRESIDENTE**

---

**ING. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS, DR.  
SECRETARIO**

---

**ING. BENITO BAUTISTA ESPINOZA  
VOCAL**

---

**ING. NAPOLEÓN CORRALES RODRÍGUEZ, DR.  
PATROCINADOR**

## **DEDICATORIA**

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

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que Soy.

Y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para ser posible este proyecto especialmente a mi asesor Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. Por su asesoría siempre dispuesta

## **INDICE**

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo.....	2
2.2. Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico.....	3
2.3. Ventajas de los cultivos hidropónicos.....	6
2.4. Desventajas de los cultivos hidropónicos.....	12
2.6. Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH....	12
2.7. Proteína hidrolizada.....	14
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
3.1. Lugar de Ejecución y Duración del Experimento.....	19
3.2. Tratamientos Evaluados.....	19
3.3. Material y Equipo Experimentales.....	20
3.3.1. Materiales.....	20
3.3.3. Instalaciones y Equipo.....	20
3.4. Metodología Experimental.....	20
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis.....	20
3.4.2. Técnicas Experimentales.....	21
3.4.3. Variables Evaluadas.....	23
3.4.4. Análisis Estadístico.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento.....	25
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO).....	25
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 (TCO) y base seca.....	25
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).....	26
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	27
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).....	31
4.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).....	32
4.2 Productividad de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) por tratamiento.....	34
4.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg).....	34

4.2.2 Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada de maíz (Zea mays).....	36
4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) por tratamiento.....	36
4.3.1. Costo de producción de un kg de GH de maíz por tratamiento (TCO) y materia seca por tratamiento.....	38
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1 CONCLUSIONES.....	39
5.2 RECOMENDACIONES.....	39
VI. RESUMEN.....	40
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	41
VIII. ANEXOS.....	43
8.1. RENDIMIENTOS POR TRATAMIENTO.....	43
8.2. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	46
8.2.1.- Rendimiento de Germinado Hidropónico por metro Cuadrado.....	46
8.2.2.- Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO).....	46
8.2.3.- Rendimiento de proteína cruda (PC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	47
8.2.4.- Rendimiento de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	48
8.2.5.- Rendimiento de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	48
8.2.6.- Rendimiento de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	49
8.2.7.- Rendimiento de GH por kg de semilla procesada en base fresca.....	50
8.2.8.- Rendimiento de Materia seca/ kg de semilla.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo.....	7
Tabla N° 2. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz .....	9
Tabla 3. Peso de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO).....	25
Tabla 4. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por tratamiento (%).....	26
Tabla 5. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	27
Tabla 6. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	28

Tabla 7. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz en base seca (BS) son y sin restricción de luz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	30
Tabla 8. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	31
Tabla 9. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	32
Tabla 10. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	33
Tabla 11. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).....	35
Tabla 12. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla .procesada de todos los tratamientos (Kg).....	36
Tabla 13. Costo por kilogramos de GH de maíz y sorgo escobero (S/.).....	38

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Costo de producción de 1 kg MS de maíz (S/.).....	37
Cuadro 2. Costo de producción de 1 kg MS de sorgo escobero (S/.).....	39

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Comparativo porcentual de costos de producción de GH de maíz (Zea mays).....	38
---	----

## I. INTRODUCCION

El Germinado Hidropónico (GH) continúa siendo investigado con el objetivo de maximizar el rendimiento de las semillas procesadas, reducir costos de producción y generar una alternativa de sustitución a forrajes convencionales como el maíz chala (*Zea mays*). En Lambayeque aún no se logran los rendimientos establecidos por la FAO de 10 kg de GH por kg de semilla por lo que se debe investigar la inclusión de nuevos productos capaces de ayudar en el proceso como la proteína hidrolizada líquida de tilapia que podría incrementar la productividad suministrándose 24 y 48 horas antes de concluir la etapa de germinación que es el momento recomendado para incorporar también soluciones hidropónicas con minerales pero se desconoce la dosis más apropiada de suministro por lo que nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuál es la dosis y tiempo de aplicación de proteína hidrolizada líquida en etapa de germinación del Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque?. Los tratamientos planteados fueron T1: GH de maíz con 1ml/litro durante 24 horas; T2: GH de maíz con 1ml/litro durante 48 horas; T3: GH de maíz con 0.75 ml/litro durante 24 horas; T4: Producción de GH de maíz con 0.75 ml/litro durante 48 horas; T5: GH de maíz con 0.5 ml/litro durante 24 horas; y T6: GH de maíz con 0.5 ml/litro durante 48 horas; T7 y T8: GH de maíz con agua pura durante 24 y 48 horas respectivamente. La hipótesis planteada fue La dosis y tiempo de aplicación de proteína hidrolizada líquida en etapa de germinación influye en la producción del Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque.



## **I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo**

Según el Manual técnico de forraje verde hidropónico de la FAO (2001), el forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenido a partir del crecimiento inicial de las plantas en los 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 la alimentación animal. En la práctica, el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

PICHILINGUE (1994), refiere que, para lograr una mayor germinación y crecimiento, la luz solar y la ventilación deben ser abundantes. Asimismo, las plantas deben ser protegidas contra el viento y las heladas, debe también conservarse una constante circulación de aire en la solución, para obtener buenos resultados. En el cultivo de la mayoría de 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.

### **2.2. Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico**

TARRILLO (2005), indica lo siguientes para la producción de Forraje Hidropónico:

- **Área de tratamiento de semilla:** En este lugar se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla.
- **Área 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, son colocadas en estantes de germinación y cubiertas en su totalidad por plástico negro, para que haya oscuridad interior y también para evitar pérdida de la humedad. En estos estantes de germinación se recomienda regar mediante nebulización o micro aspersión de 3 a 4 veces al día, en esta área estarán de 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción.
- **Área de producción:** Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminaran su desarrollo en 6 a 8 días más. Este riego demora solo unos minutos y se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas. El mismo autor indica el siguiente proceso de producción de forraje hidropónico:
- **Selección de semilla:** Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además, las semillas tienen que ser

idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

- **Lavado:** Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas.
- **Desinfección:** Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10/ml. de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla.
- **Remojo:** Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.
- **Oreo:** Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un deposito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además el deposito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y

permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla.

- **Germinación:** Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en la bandeja, 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. Son regadas 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 de cuatro a seis días.
- **Producción:** En esta etapa existe una mayor iluminación, además el FH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de este dura entre seis a ocho días alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm., el cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.
- **Cosecha:** Finalmente se realiza cosecha, desmenuzando el FH 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:

- 1º. Poder germinativo. - Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para calcularla es:  $\left( \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{\text{Cantidad semillas}} \right)$

sembradas) X 100). Una semilla cuyo poder germinativo sea menor de 70% no es aconsejable para sembrarla.

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

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

### **2.3. Ventajas de los cultivos hidropónicos**

DURANY (1982), menciona las siguientes condiciones ventajosas:

- Producción con características cualitativas superiores.
- Mayor precocidad de producción.
- Mejor control de las condiciones fitosanitarias del cultivo dado que antes del trasplante o de la siembra este puede ser completamente esterilizado con compuestos químicos que no se pueden emplear en absoluto en el terreno.
- Mayor producción unitaria respecto a la obtenible con el cultivo normal.
- Posibilidad de cultivar repetida e ininterrumpidamente una misma especie sin recurrir a la alternancia, y sin que se verifique fenómenos de cansancio o agotamiento.
- Menor empleo de mano de obra.
- Reducción del consumo de agua.

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 (Tabla N°1) 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.

Tabla 1.

Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo

<b>Especie</b>	<b>Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)</b>
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: Carámbula y Terra (2000).

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué el principal desarrollo de la hidroponía se haya observado y se observe generalmente en países con eco-zonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías.

- **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 (3.300 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg). Sin embargo, los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada (Tabla N° 2) el FVH se aproxima a los valores encontrados para el concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad.

Tabla 2.

Valor nutritivo del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz

Parámetro (B.S)	FVH (MAIZ)
Energía (NDT %)	75
Proteína Cruda (%)	19.4
Digestibilidad (%)	90
Grasa (%)	3.15

Fuente: Garza. 2014

- **Costos de producción.** Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es suficientemente aceptable para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio.
  
- **Diversificación e intensificación de las actividades productivas.** El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile estiman que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Has de avena de corte que pueden destinarse a la producción alternativa en otros rubros o para rotación a largo plazo y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. Asimismo, el FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales y no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

TARRILLO (2005), refiere que el forraje hidropónico presenta ventajas en los siguientes aspectos:

- a) Es un sistema nuevo para producir forrajes: conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
- Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero: Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo que 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.

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

ALIAGA, et Al (2009), indican que, en el proceso de 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 se empieza dicho proceso.

El rendimiento del grano germinado es de 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, avena, etc.

#### **2.4. Desventajas de los cultivos hidropónicos**

La FAO (2001), en su manual técnico de forraje verde hidropónico, cita a Marulanda e Izquierdo (1993), quienes indican que hay una desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO<sub>2</sub>. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Asimismo el Germinado Hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. 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.

## **2.6 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH**

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

CORRALES (2012), 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 nos queremos referir al peso inicial por lo que propone llamar peso de semilla “procesada” a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

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 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.

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.

PEREZ (2014) evaluó el rendimiento de biomasa del germinado hidropónico de maíz regado con solución hidropónica en sus diferentes etapas de proceso y para lograrlos se implementaron cuatro tratamientos: T0: Germinado hidropónico de maíz regado sin solución hidropónica; T1: Germinado hidropónico de maíz regado con solución hidropónica en la etapa de germinación desde el día 1 al día 4 post siembra de semilla oreada en bandejas; T2: Germinado hidropónico 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: Germinado hidropónico 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 en estudio 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.

## **2.7 Proteína hidrolizada**

BENITEZ *et al.* (2008) indican que en los hidrolizados de proteína se potencian diversas características funcionales, tales como viscosidad baja, mayor capacidad de agitación, dispersión y alta solubilidad, que les conceden ventajas para el uso en muchos productos alimenticios, respecto a las proteínas originales. Una de las aplicaciones más importantes de los hidrolizados de proteínas es su utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales con destino a la alimentación infantil y/o de adultos enfermos. Las características que deben cumplir estos hidrolizados de proteínas para formar parte de una dieta enteral son: no producir desequilibrios osmóticos ni alergias, presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida y tener un sabor aceptable. El grado de hidrólisis final está determinado por las condiciones utilizadas, siendo éstas, la concentración de sustrato, la relación enzima/sustrato, el tiempo de incubación y las condiciones fisicoquímicas tales como el pH y la temperatura. Otro factor que también va a determinar el grado de hidrólisis es la naturaleza de la enzima, caracterizada por su actividad específica y tipo de actividad. Los hidrolizados que se producen para su uso en alimentación se pueden agrupar en: hidrolizados con bajo grado de hidrólisis, entre el 1% y el 10%, para la mejora de las propiedades funcionales; hidrolizados con grados de hidrólisis variable para su uso como saborizantes y por último, hidrolizados extensivos,

con grado de hidrólisis superior al 10%, para su uso en alimentación especializada. La hidrólisis proteica se realiza en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso. El sustrato se disuelve o re suspende en agua hasta que el pH y la temperatura se estabilizan; a continuación se agrega la proteasa dando inicio a la hidrólisis. A medida que ésta progresa se produce una disminución del pH debido a la rotura de los enlaces peptídicos. En los casos de hidrólisis enzimática el pH debe ser mantenido en el óptimo de la enzima mediante la adición de base diluida. Para finalizar la hidrólisis proteica la enzima puede ser inactivada con calor, mediante una disminución del pH o con una combinación de ambos.

El material de partida utilizado para la obtención de los hidrolizados proteicos puede ser de origen animal, vegetal o bacteriano. Entre los vegetales, los más usados son las proteínas de soja, trigo y arroz. De los sustratos de origen animal se emplea el pescado, principalmente en países orientales, como Japón o Corea. También se han aprovechado las proteínas de residuos cárnicos como tendones o huesos y de microorganismos, como algas. También se ha extendido el uso para este fin de proteínas de huevo, de carne, de sangre, de vísceras e incluso de cereales. Cuando la finalidad del hidrolizado es su uso como fuente de nitrógeno, se usan proteínas de pescado y proteínas microbianas en alimentación animal, y proteínas de soja y lácteas en alimentación humana.

Un efecto secundario negativo importante de la hidrólisis de la proteína es la liberación de los péptidos generalmente con sabor más amargo que la proteína nativa. Se ha demostrado que el sabor amargo de los péptidos

puros, a pesar de depender de la fuente de proteína y de la especificidad de la enzima, está relacionado con la presencia y posición de aminoácidos hidrofóbicos en los péptidos del hidrolizado.

SUAREZ (2010) Indica que los hidrolizados de proteína de pescado (HPP) representan una excelente fuente de proteína debido a su balance de aminoácidos, la buena digestibilidad y su rápida absorción, otra aplicación de los HPP es el uso de estos en alimentos para animales, como cerdos, aves y en formulaciones de pienso para acuicultura, adicionalmente también se ha visto como una opción para enriquecer con proteína los productos cereales y productos de panadería. Otro uso conocido de los HPP es como fertilizante para plantas afectando el crecimiento y rendimiento de cultivo en los cuales es aplicado, además pueden estimular la expresión de fitoquímicos de valor comercial que podrían ser útiles como nutraceuticos o como antioxidantes en productos alimenticios. Algunos de los pescados más utilizados para obtener hidrolizados y sobre los cuales se realizan variedad de estudios son el salmón, la sardina, el arenque, el bacalao, el bagre, el tiburón, el capelán, el atún, el calamar y la langosta.

LOPEZ y SAMPEDRO (1977) describen los procedimientos de hidrolisis de pescado jurel:

**Hidrólisis ácida** la realizaron con ácido clorhídrico 6N a 110° C en un reactor a reflujo durante 26 horas, proceso que puede reducirse a 16 horas trabajado

en autoclave a presión manteniendo la temperatura a 120° C. Utilizado como materia prima jurel, descabezado, eviscerado, sin piel ni espinas. El músculo del pescado previamente troceado, se mezcla con agua en relación 1: 5, se tritura y se calienta agitando la masa a 97° C durante 20 minutos hasta conseguir una suspensión acuosa de la pasta de pescado. Se filtra, de la fase acuosa se separa por centrifugación el aceite, y la torta sólida se trata en un reactor con ácido clorhídrico 6N previamente calentado a 80° C y en una relación peso pasta de pescado/volumen de Cl H = 1 : 4. Se eleva la temperatura en el reactor de hidrólisis a 110° C y se mantiene este tratamiento durante 26 horas. Finalizada la hidrólisis ácida, se procede a la neutralización a 75° C con carbonato sódico hasta alcanzar un pH = 5,7. Durante esta neutralización se precisa una enérgica agitación de toda la masa. Se filtra y se obtiene un líquido transparente de color amarillo ámbar que constituye el hidrolizado ácido de proteína y que se conserva en frigorífico a temperatura de 8-10° C.

**Hidrólisis enzimática.** El músculo de jurel, sin piel ni espinas, se trocea, se le añade agua en proporción 4: 1 con respecto al peso de pescado, y se agita en un reactor toda la masa, manteniéndose la temperatura a 65° C. Se adiciona disolución acuosa de papaína de forma que la proporción entre el peso del enzima y el del pescado sea de 1: 100, 2: 100 y 4: 100 según los casos. Asimismo, los tiempos de hidrólisis variaron entre 60 minutos y 24 horas. Al final del proceso se solubiliza la masa de pescado hasta alcanzar el aspecto de un Líquido amarillento. Una vez finalizada la hidrólisis enzimática, se eleva la temperatura hasta alcanzar los 80° C, manteniéndose



la masa líquida en estas condiciones durante 10 minutos al objeto de inactivar la acción enzimática de la papaína. Se centrifuga el líquido, para separar la fase oleosa y residuos sólidos formados por proteína no hidrolizada. El líquido centrifugado de color amarillo claro se somete a una segunda centrifugación más enérgica para separar los restos de grasa y finalmente se concentra a vacío a 60° C y se deseca, operación ésta que en la industria se realiza en un atomizador. Utilizaron la papaína debido a su elevada actividad enzimática en el proceso de hidrólisis. Tiene la ventaja además de que actúa en el intervalo de pH habitual en el pescado, lo que evita tratamientos alcalinos o ácidos.

PUQUIO (2016), por comunicación electrónica, manifiesta que la composición química de la proteína hidrolizada líquida utilizada en este estudio es la siguiente: Entero bacterias < 10 ufc/g; Salmonella < 25gr; Mohos < 10 ufc/g; Levaduras < 10 ufc/g; Proteína 22 %; Grasa 2.5 %; Humedad 60 %; Cenizas 10.5 %; Histamina 140 mg/kg; Densidad 1.09 g/cm

Acido glutámico 1.3 %; Leucina 4.08 %; Treonina 2.87 %; Glicina 3.06 %; Tirosina 1.24 %; Alanina 1.11 %; Acido aspártico 1.09 % y Valina 0.64 %.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución y duración del experimento**

La fase de campo para producir Germinado Hidropónico se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de la provincia de Lambayeque del 29 de agosto al 29 de septiembre del 2017 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia UNPRG.

#### **3.2. Tratamientos evaluados**

Se establecieron 8 tratamientos producto de la interacción de 4 dosis de aplicación de proteína hidrolizada líquida (1; 0.75; 0.75; 0 ml) por litro de agua y dos tiempos de suministro (24 y 48 horas) antes de concluir la etapa de germinación en el proceso de Germinado Hidropónico de maíz:

T1: GH de maíz con 1ml PHL/litro durante 24 horas

T2: GH de maíz con 1ml PHL/litro durante 48 horas

T3: GH de maíz con 0.75 ml PHL/litro durante 24 horas

T4: GH de maíz con 0.75 ml PHL/litro durante 48 horas

T5: GH de maíz con 0.5 ml PHL/litro durante 24 horas

T6: GH de maíz con 0.5 ml PHL/litro durante 48 horas

T7: GH de maíz con agua pura confrontada con los tratamientos de 24 horas

T8: GH de maíz con agua pura confrontada con los tratamientos de 48 horas.

A cada tratamiento se le asignó 7 bandejas (repeticiones).

### **3.3. Material y Equipo Experimentales**

#### **3.3.1. Materiales**

- 20 kg de maíz
- Hipoclorito de sodio al 1% para desinfección
- Agua potable permanente
- Proteína hidrolizada líquida de tilapia diluida con agua en proporción 1/1000; 0.75/1000; 0.5/1000 y 0.

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

Para el estudio se utilizaron

- 3 torres de producción hidropónica de 24 bandejas cada uno.
- 56 bandejas plásticas para hidroponía de 0.147 m<sup>2</sup> de área (0.42m x 0.35m)
- 02 baldes de 20 litros para lavado y remojo de semilla.
- 02 baldes de 20 litros para oreo de semilla.
- Equipo de riego.
- 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg y aproximación de 50 gramos.

### **3.4. Metodología Experimental**

#### **3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis**

Se hizo el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

Ha: Si existe diferencia entre tratamientos

### 3.4.2. Técnicas Experimentales

#### Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 56 bandejas para realizar el cultivo, asignando siete bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

- Etapa de Pre germinación:
  - Limpieza de impurezas de la semilla adquirida en el mercado Modelo de Lambayeque del distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque. Para la asignación de semilla “limpia” por bandeja y por tratamiento:
  - Se calculó el área de bandeja:  $0.42\text{m} \times 0.35\text{m} = 0.147\text{m}^2$ .
  - Se calculó la cantidad de semilla seca “limpia” por bandeja relacionando la densidad de siembra con el área de bandeja. Para el maíz se utilizó una densidad de siembra de  $2\text{ kg/m}^2$  recomendados por Hernández (2013) dando como resultado  $0.294\text{ kg/bandeja}$  y ésta se multiplicó por 56 necesitando  $16.46\text{ kg}$  de maíz limpio y para garantizar estas cantidades se compró  $20.0\text{ kg}$  maíz sin escoger.
  - El proceso seguido fue el siguiente:
    - En el mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, se evaluaron cuatro locales comerciales ubicados en la Av. Kennedy obteniendo los siguientes valores culturales de 81.9%, 76.5%, 79% y 78.8%. Se adquirió  $20\text{ kg}$  del mayor valor cultural.

- Escogido de semillas partidas, piedrecillas, pajillas y otras impurezas para obtener los 16.46 kg de semilla “limpia” requeridos para el estudio.
- Lavado de semilla con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no eliminadas en el proceso de escogido.
- Desinfección de semilla con hipoclorito de sodio disuelto en agua con una concentración de 1ml por litro durante 2 horas de acuerdo a la recomendación de Ruesta (2013).
- Segundo lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Remojo por veinticuatro horas en agua pura.
- Oreado en balde perforado en la base, debidamente tapado durante 48 horas (dos días).

### **Etapas de Germinación:**

Para realizar la siembra en bandejas de cada tratamiento después del oreo, se pesó el total de semilla húmeda y se dividió entre 56 para realizar una siembra homogénea en cada bandeja debidamente identificada. Luego se trasladaron a las cámaras de germinación provistas de manta oscura donde permanecieron por un periodo de 5 días hasta cumplir 8 días de edad. En esta etapa se estableció un programa de riego de 3 veces al día (6am, 12m y 6pm). El día 1, 2 y 3 post siembra todos se regaron con agua pura; el día cuatro se regaron con agua con proteína hidrolizada todos los tratamientos con 48 horas de suministro según dosis (T2, T4, T6) y las bandejas de T1, T3, T5, T7

y T8 se regaron con agua pura. El día cinco post siembra se regaron con proteína hidrolizada líquida a las bandejas de todos los tratamientos con 48 horas de suministro según dosis (T2, T4, T6) y los de suministro de 24 horas (T1, T3, T5). Las bandejas de T7 y T8 se continuaron regando con agua pura.

#### **Etapas de Producción:**

El día 6 post siembra (9 días de edad) se retiró la manta negra dejando al descubierto todas las bandejas iniciando la etapa de producción donde permanecieron hasta 15 días de edad. En este periodo se regaron 4 veces por día (6 am, 12 m, 6 pm y 10 pm).

#### **Cosecha**

Se realizó a los 15 días de edad, las labores consistieron en pesar el GH de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. De cada bandeja se tomaron 5 muestras completando 35 muestras que fueron mezcladas en un balde y luego se extrajo 1 kg de muestra compuesta de cada tratamiento para el análisis de composición química en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia UNPRG.

#### **3.4.3. Variables Evaluadas**

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (MS).

- Producción de proteína, extracto etéreo, ceniza y fibra cruda por metro cuadrado en base seca.
- Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada (TCO).
- Rendimiento de Materia Seca por kg de semilla procesada (TCO).
- Costo de producción de Germinado Hidropónico de maíz en base fresca y costo de un kg de materia seca de cada tratamiento

#### 3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 4 x 2 con igual número de repeticiones por tratamiento, cuyo modelo estadístico es:  $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación k-ésima del j-ésimo tiempo de remojo, e i-ésima dosis de proteína hidrolizada

$\mu$  = media teórica de la población.

$A_i$  = Efecto de la i-ésima dosis de proteína hidrolizada por litro de agua, donde  $i = (1, 0.75; 0.5; 0)$ .

$B_j$  = Efecto del j-ésimo tiempo de remojo, donde  $j = (24, 48)$ .

$AB_{ij}$  = Efecto de la interacción de los factores evaluados

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental de la j-ésima bandeja j-ésimo tiempo de remojo, e i-ésima dosis de proteína hidrolizada.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza respectivo y se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

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

En la tabla 3 se presenta la producción en biomasa verde de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja de cada tratamiento cosechado a los 15 días de edad. El mejor peso promedio se logró con T1 que recibió proteína hidrolizada líquida 48 horas antes de concluir la etapa de germinación (T1).

Tabla 3.

Peso de Germinado Hidropónico de maíz por bandeja por tratamiento en base fresca (Kg)

	T1 1.0ml /24h	T2 1.0ml /48h	T3 0.75 ml /24h	T4 0.75ml /48h	T5 0.5ml /24h	T6 0.5ml /48h	T7 0ml /24h	T8 0ml /48h
Bandeja								
B 1	1.130	1.380	1.27	1.175	0.935	1.215	1.080	1.25
B 2	1.130	1.505	1.305	1.130	1.015	1.245	1.070	1.35
B 3	1.245	1.465	1.265	1.260	1.310	1.300	1.13	1.40
B 4	1.115	1.505	1.335	1.225	1.255	1.260	1.035	1.30
B 5	1.135	1.425	1.210	1.410	1.265	1.240	1.06	1.45
B 6	1.120	1.010	1.275	1.445	1.325	1.345	1.145	1.35
B 7	1.095	1.515	1.235	1.205	1.34	1.325	1.125	1.4
Total/tratamiento	7.970	9.805	8.895	8.850	8.445	8.930	7.645	9.50
Promedio	1.14	1.40	1.27	1.26	1.21	1.28	1.09	1.36

###### 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 (TCO) y base seca.

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 4 indican que el mejor contenido de materia seca en



base fresca (TCO) se obtuvo con T2 que recibió proteína hidrolizada en una dosis de proteína hidrolizada de tilapia de 0.75 ml/l durante 24 horas en pre germinación. Sin embargo, el mayor aporte de proteína cruda (PC) lo presentó T7 que no recibió proteína hidrolizada y fue remojada en agua pura por 48 horas. El mejor.

Tabla 4.  
Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por tratamiento (%)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MS (% TCO)	20.05	18.97	21.01	19.26	20.33	20.11	19.65	18.41
PC (% BS)	13.32	13.49	13.52	13.60	13.53	13.53	12.93	14.30
EE (% BS)	4.29	4.74	4.85	5.19	5.16	5.07	4.12	5.11
FC (% BS)	13.32	13.34	13.47	13.71	13.13	13.18	13.28	13.43
CEN (% BS)	5.09	5.27	4.95	4.57	4.48	4.48	4.89	4.02

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

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

Con el área de bandeja (0.147 m<sup>2</sup>) y con la información de la tabla 3 se calculó el rendimiento de Germinado Hidropónico (GH) por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca (TCO). Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.2.1) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos evaluados ( $p < 0.05$ ) solo a nivel del factor tiempo de suministro e interacción de factores, pero no a nivel del factor simple dosis de proteína hidrolizada líquida/litro de agua utilizada ( $p > 0.05$ ). Con la prueba de comparación múltiple de Duncan se establecieron cuatro grupos de rendimiento, mejores resultados del grupo A se lograron con el tratamiento que recibió 1ml de proteína hidrolizada/litro de agua pura durante 48 horas (T2) superando en 9.79% al tratamiento seis que recibió 0.5 ml PHL/Litro

durante 48 horas que lidera el grupo B donde se hallan también T3, T4 y T5. En el grupo BC se ubicó el tratamiento T8 que fue el tratamiento que no recibió proteína hidrolizada comparada con aquellos que recibieron 48 horas de PHL. En el último grupo de clasificación se ubicaron los tratamientos T1 y T7 entre los cuales no existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) pero si diferencias numéricas y el rendimiento más pobre se obtuvo sin utilizar proteína hidrolizada líquida (T7) rindiendo 28.26% menos que T2.

**Tabla 5.** Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Dosis (ml/l)	Medias	E.E.	
T2 (1 ml/l x 48 h)	9.53	0.26	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	8.68	0.26	B
T3 (0.75 ml/l x 24 h)	8.64	0.26	B
T4 (0.75 ml/l x 48 h)	8.6	0.26	B
T5 (0.50 ml/l 24 h)	8.21	0.26	B
T8 (0.00 ml/l x 48 h)	7.97	0.26	BC
T1 (1 ml/l x 24 h)	7.75	0.27	C
T7 (0.00 ml/l x 24 h)	7.43	0.27	C

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

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

Para calcular el aporte de materia seca por metro cuadrado de cada tratamiento (Tabla 6) se utilizó la información de aporte de GH/m<sup>2</sup> (TCO) de cada tratamiento vistos en el anexo 8.1, inciso b.

El análisis de varianza (Anexo 8.2.2) demostró que hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p<0.05$ ) tanto a nivel de los factores independientes evaluados e interacción de ambos. con el tratamiento que recibió proteína hidrolizada sólo en dosis de 0.75ml/l por 24 horas (T3) superando ligeramente a la producción de materia seca por

metro cuadrado del tratamiento que recibió 1ml/l durante 48 horas (T2) en 0.15% y superó en 7.02 % el rendimiento del tratamiento que recibió 0.5 ml/l durante 48 horas (T6). En el segundo grupo de clasificación (A B) se ubicaron los tratamientos T8, T5 y T4 y el mejor rendimiento de MS/m<sup>2</sup> lo presentó el tratamiento que no recibió proteína hidrolizada con 48 horas en pre germinación (T8) superando el rendimiento de T4 en 2.35%. En el tercer grupo de clasificación (C) se ubicó el tratamiento que recibió proteína hidrolizada a una dosis de 1ml/l durante 24 horas (T1). El cuarto grupo (C) solo fue ubicado por el tratamiento que no recibió proteína hidrolizada durante 24 horas (T7) y su rendimiento estuvo 19.78% por debajo del mejor tratamiento.

**Tabla 6.** Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Dosis (ml/l)	Medias	Agrupación
T3 (0.75 ml/l x 24h)	1.82	A
T2 (1 ml/l x 48h)	1.81	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	1.75	A
T5 (0.50 ml/lx24h)	1.67	A B
T4 (0.75 ml/lx48h)	1.66	A B
T1(1 ml/lx24h)	1.55	B C
T8 (0.00 ml/lx48h)	1.47	C
T7(0.00 ml/lx24h)	1.46	C

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

#### **4.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado en base seca (Kg)**

Para calcular los aportes de proteína cruda por metro cuadrado (PC/m<sup>2</sup>) se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 4 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso c. Al realizar el análisis de varianza

(Anexo 8.2.3) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Con Duncan se establecieron tres grupos de comparación múltiple, en el primer grupo (A) se ubicaron los tratamientos T3, T2 y T6 entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) pero si diferencias numéricas y el mejor rendimiento de proteína cruda (PC)/m<sup>2</sup> en base seca se logró con el tratamiento que recibió proteína hidrolizada líquida en 0.75ml/l durante 24 horas (T3) con 0.25 kg/m<sup>2</sup> ligeramente por debajo del rendimiento obtenido por Pérez (2014) quien utilizó solución hidropónica A y B en todo el procedimiento de GH de maíz diluyendo 0.5ml A y 0.5 ml B en cuatro litros de agua de riego y superaron en 8% al rendimiento del segundo grupo (AB) donde se ubican T5 y T4 no habiendo diferencias significativas entre ambos ( $p > 0.05$ ) que rindieron 0.23 kg respectivamente. En el tercer grupo (BC) se ubicó el tratamiento que recibió 1ml de proteína hidrolizada por litro durante 24 horas (T1) rindiendo 15% menos que T3 y en el cuarto lugar (C) se ubicó el tratamiento que no recibió proteína hidrolizada durante el proceso rindiendo 24% menos que T3. Todos estos grupos superaron el rendimiento de 0.20 kg logrado por Hernández (2013) con agua pura en el riego del Germinado Hidropónico de maíz.

**Tabla 7.** Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Dosis (ml/l)	Medias	Agrupación
T3 (0.75 ml/l x 24h)	0.25	A
T2 (1 ml/l x 48h)	0.24	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	0.24	A
T5 (0.50 ml/lx24h)	0.23	A B

“

T4 (0.75 ml/lx48h)	0.23	A B
T8 (0.00 ml/lx48h)	0.21	B C
T1 (1 ml/l x 24 h)	0.21	B C
T7(0.00 ml/lx24h)	0.19	C

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

#### **4.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico de maíz 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 4 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 el análisis de varianza (Anexo 8.2.4) reveló la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) tanto a nivel de los factores simples e interacción de ambos. Con la prueba de comparación múltiple de Duncan se establecieron 3 grupos en el primero (A) se ubicaron T6, T3, T5, T4 y T2 con 0.09 kg EE/m<sup>2</sup> respectivamente cuyo rendimiento fue similar a lo encontrado por Perez (2014) quien utilizó solución hidropónica A y B en dosis de 0.5 ml de cada una por litro en el agua de riego desde el día 1 al 8 post siembra y los resultados de A superaron en 22.2% el rendimiento del grupo B (T8) que no recibió proteína hidrolizada en el proceso de producción de germinado hidropónico de maíz y en el último grupo (C) se ubicaron los tratamientos T1 y T7 que tampoco recibió proteína hidrolizada en el proceso rindiendo 33.3% menos que el grupo A. Todos los tratamientos excepto T7 superaron el rendimiento de 0.063 kg reportado por Hernández (2013) quien no utilizó proteína hidrolizada líquida en el proceso de producción.

**Tabla 8.** Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Medias	Agrupación
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	0.09	A
T3 (0.75 ml/l x 24h)	0.09	A
T5 (0.50 ml/lx24h)	0.09	A
T4 (0.75 ml/lx48h)	0.09	A
T2 (1 ml/l x 48h)	0.09	A
T8 (0.00 ml/lx48h)	0.07	B
T1 (1 ml/l x 24 h)	0.07	C
T7(0.00 ml/lx24h)	0.06	C

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

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

Para calcular los aportes de fibra cruda por metro cuadrado ( $FC/m^2$ ) se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 4 y la información de producción de materia seca/ $m^2$  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 8.2.5) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) tanto a nivel de factores simples e interacción de factores y con la prueba de comparación múltiple de Duncan se establecieron 4 grupos, en el primero (A) se ubicaron T2 y T4 rindiendo T2 0.1 kg  $FC/m^2$  superando el contenido del grupo B (T1, T6 y T4) en 20% y a los del tercer grupo (BC) donde se ubicaron T5 y T7 en 30%. En el último lugar de producción de  $FC/m^2$  se ubicó T8 que solo recibió agua pura en el procedimiento de producción de GH de maíz. Todos los tratamientos evaluados no superaron a los 0.14 kg obtenido por Hernández (2013) quien cosechó GH de maíz a los 15 días de edad sin proteína hidrolizada líquida en el proceso

ni los 0.20kg/m<sup>2</sup> reportados por Pérez (2014) quien utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego a una dosis de 0.5ml de A y 0.5 ml de B diluidos en 4 litros de agua pura.

**Tabla 9.** Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Medias	Agrupación
T2 (1 ml/l x 48h)	0.1	A
T4 (0.75 ml/lx48h)	0.09	A
T1 (1 ml/l x 24 h)	0.08	B
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	0.08	B
T3 (0.75 ml/lx48h)	0.08	B
T5 (0.50 ml/lx24h)	0.07	BC
T7(0.00 ml/lx24h)	0.07	BC
T8 (0.00 ml/lx48h)	0.07	C

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

#### **4.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado en base seca (Kg).**

Para calcular los aportes de Cenizas por metro cuadrado (CEN/m<sup>2</sup>) se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 4 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 8.2.6) no se hallaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) a nivel del factor dosis de aplicación, pero si se hallaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) a nivel del factor simple tiempo de aplicación e interacción de factores y con la prueba de comparación múltiple de Duncan se establecieron seis grupos de clasificación, en el grupo A se ubicaron los tratamientos T3 y T2 con 0.24 kg CEN/m<sup>2</sup> superando el rendimiento del

segundo grupo AB (T6) y tercer grupo ABC (T4) en 4.1%. En el último grupo de rendimiento se ubicaron los dos tratamientos que no recibieron proteína hidrolizada en la etapa de germinación con 0.19 kg CEN/m<sup>2</sup>. Todos superaron el nivel de 0.08 kg reportado por Hernández (2013) quien utilizó agua pura en el proceso.

**Tabla 10.** Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Medias	Agrupación
T3 (0.75 ml/l x 24h)	0.24	A
T2 (1 ml/l x 48h)	0.24	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	0.23	A B
T4 (0.75 ml/lx48h)	0.23	A B C
T5 (0.50 ml/lx24h)	0.22	B C
T1 (1 ml/l x 24 h)	0.21	C D
T8 (0.00 ml/lx48h)	0.19	D
T7(0.00 ml/lx24h)	0.19	D

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

## 4.2 Productividad de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) por tratamiento

La productividad es el rendimiento en producción de Germinado Hidropónico y 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)

Con la información de la tabla 3 los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por kilogramo de semilla de maíz procesado que se aprecia en el anexo 8.1 inciso g. Al realizar el análisis de varianza (Anexo



8.2.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Como se aprecia en la tabla 11, el mejor rendimiento por kg de semilla procesada se logró utilizando proteína hidrolizada líquida en la etapa de germinación por 48 horas (T2) con 4.76 kg cuyo rendimiento fue similar al reportado por Pérez (2014) quien utilizó solución hidropónica A y B en dosis de 0.5 ml de cada una diluidas en 4 litros de agua y utilizadas durante todo el proceso de producción y en segundo lugar de clasificación de Duncan se halló el rendimiento de T6 que recibió la mitad de la dosis de proteína hidrolizada por litro de agua durante 48 horas con 4.34 kg. Los menores rendimientos se lograron con los tratamientos que no recibieron proteína hidrolizada en el proceso (T1 y T7) rindiendo 18.69% menos. Todos los tratamientos no superaron el rango referido por Aliaga et al. (2009) de 5 a 6 kg de GH/kg de semilla procesada y tampoco el nivel mínimo establecido por la FAO (2001) de 10 kg de GH/ kg de semilla en base fresca.

**Tabla 11.** Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Tratamiento	Medias	Agrupación
T2 (1 ml/l x 48h)	4.76	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	4.34	B
T3 (0.75 ml/l x 24h)	4.32	B
T4 (0.75 ml/lx48h)	4.3	B
T5 (0.50 ml/lx24h)	4.1	BC
T8 (0.00 ml/lx48h)	3.98	BC
T1 (1 ml/l x 24 h)	3.87	C
T7(0.00 ml/lx24h)	3.71	C

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 de maíz (Zea mays).**

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 8.2.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) tanto a nivel de factores simples como en la interacción de ambos. El tratamiento que demostró el mejor rendimiento de materia seca por kg de semilla procesada que se aprecia en la tabla 12 se logró con 0.75 ml de proteína hidrolizada/ml de agua durante 24 horas en la etapa germinación (T3) con 0.91 kg y en segundo lugar se ubicó el rendimiento del tratamiento que recibió 1.0 ml de proteína hidrolizada por litro de agua durante 48 horas (T2) con 0.90 kg de MS/kg. Los menores rendimientos lo presentaron los tratamientos que no recibieron proteína hidrolizada en la etapa de germinación (T8 y T7) rindiendo 20.8% menos, Todos los rendimientos obtenidos en el presente estudio superaron a los 0.68 kg de materia seca logrados por Pérez (2014) quien utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego en dosis de 0.5 ml de A y 0.5 ml de B diluidos en cuatro litros de agua y aplicados desde el día 1 al 8 post siembra pero ninguno superó el rendimiento reportado por Sinchiguano (2008), quien obtuvo 1.0 kg de MS/kg de maíz procesado, en Ecuador cosechando a los 17 días de edad.

**Tabla 12.** Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Tratamiento	Medias	Agrupación
T3 (0.75 ml/l x 24h)	0.91	A
T2 (1 ml/l x 48h)	0.9	A
T6 (0.50 ml/l x 48 h)	0.84	A B
T4 (0.75 ml/lx48h)	0.83	B
T5 (0.50 ml/lx24h)	0.79	B
T1 (1 ml/l x 24 h)	0.78	B
T8 (0.00 ml/lx48h)	0.77	B
T7(0.00 ml/lx24h)	0.72	C

Medias con una letra común no son significativamente 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 base fresca (TCO) y materia seca producida en cada tratamiento. Para calcular el costo de 1 kg de Germinado Hidropónico y kg de materia seca de cada tratamiento, se consideró el costo por kg de maíz de S/.1.10 soles; agua pura S/.0.05 soles por litro y S/.33.50 por litro de proteína hidrolizada. Con la estructura de costos del cuadro 1 se calculó el costo total de todos los tratamientos

**Cuadro 1.** Costo de producción de GH de maíz del tratamiento uno en base fresca (S/.)

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
<b>PRE GERMINACIÓN (3 días)</b>					
	Maíz	Kg.	2,304	1,10	2,53
	Agua	L	2,45	0,05	0,12
	Prot hidrolizada	ml	2,45	0,03	0,08
	Lejía	L	0,001	1,90	0,002
	Mano de obra	Horas	0,8064	3,125	2,52
	<b>Sub Total</b>				<b>5,26</b>
<b>GERMINACION (5 días)</b>					
	Agua	L	12,617	0,05	0,63
	Prot hidrolizada	ml	0,000	0,03	0,00
	Mano de obra	Horas	0,29	3,125	0,90
	<b>Sub Total</b>				<b>1,53</b>
<b>PRODUCCION (7 días)</b>	Agua	L	19,98	0,05	1,00
	Prot hidrolizada	ml	0,00	0,03	0,00
	Mano de Obra	Horas	0,33	3	1,00
	<b>Sub Total</b>				<b>2,00</b>

Costo de producción por tratamiento (S/)	8,79
Rendimiento/tratamiento (Kg)	13,48
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	0,65
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de maíz	0,70

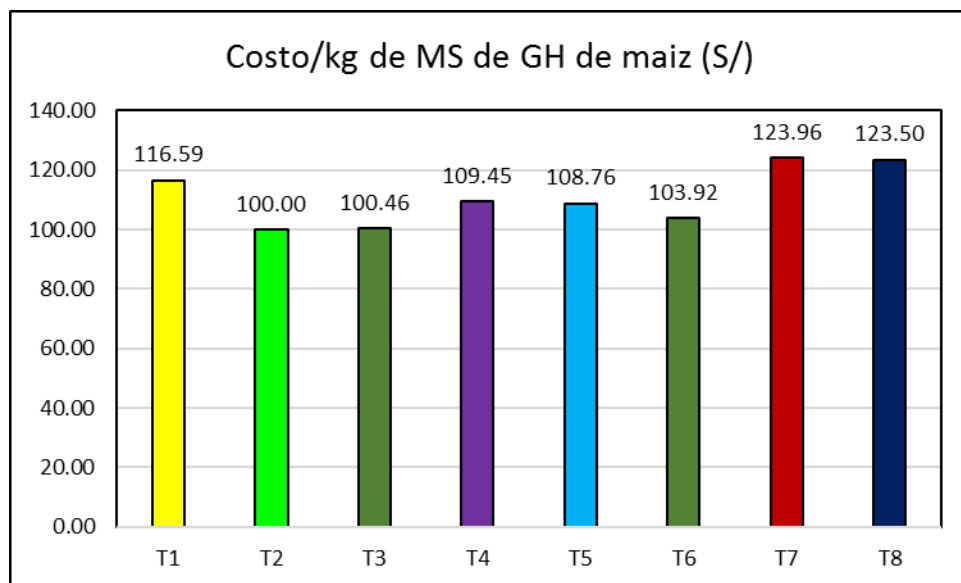
Los costos de producción de todos los tratamientos se aprecian en la tabla 13 y tanto en base fresca (TCO) como el costo de kg de materia seca obtenida más económicos se lograron utilizando proteína hidrolizada líquida en la dosis de 1ml/L 48 horas antes de terminado la etapa de germinación (T2) que se aprecia en la tabla siguiente.

**Tabla 13.** Costo por kilogramos de GH (TCO) y kg MS de maíz (S/)

	TCO	MS
T1	1.05	5.06
T2	0.87	4.34
T3	0.95	4.36
T4	0.96	4.75
T5	1.00	4.72
T6	0.95	4.51
T7	1.10	5.38
T8	1.03	5.36

Al efectuar un análisis porcentual comparativo entre tratamientos tomando como base el costo de producción más económico de kg de materia seca, obtenido con el tratamiento dos (T2), se aprecia que éste fue 23.96% más eficiente que el testigo que se trabajó solo con agua pura.

**Grafico 1.** Comparativo porcentual de costos de producción de un kg de Materia Seca de GH de maíz (*Zea mays*)



## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- La dosis de aplicación de proteína hidrolizada líquida y tiempo de aplicación en la etapa de germinación influyen en la producción y valor nutritivo de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque.
- El costo de producción más económico de un kilogramo de GH de maíz (*Zea mays*) durante la época de estudio se logró utilizando proteína hidrolizada líquida en la dosis de 1ml/L 48 horas antes de terminado la etapa de germinación (T2)

### **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Evaluar dosis de aplicación de proteína hidrolizada líquida superiores a 1 ml/litro durante 48 horas en la etapa de germinación y producción en GH de maíz (*Zea mays*) y otras semillas en Lambayeque.

## VI. RESUMEN

El trabajo se realizó en Lambayeque del 29 de agosto al 29 de septiembre de 2017 y tuvo como objetivos a) Determinar la dosis y tiempo de aplicación de proteína hidrolizada líquida en etapa de germinación para optimizar la producción y productividad de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque b) Determinar los costos de producción de los tratamientos evaluados. Se evaluaron ocho tratamientos T1: GH de maíz con 1ml/litro durante 24 horas; T2: GH de maíz con 1ml/litro durante 48 horas; T3: GH de maíz con 0.75 ml/litro durante 24 horas; T4: Producción de GH de maíz con 0.75 ml/litro durante 48 horas; T5: GH de maíz con 0.5 ml/litro durante 24 horas; y T6: GH de maíz con 0.5 ml/litro durante 48 horas; T7 y T8: GH de maíz regado con agua pura durante 24 y 48 horas respectivamente. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 4 x 2 con siete repeticiones por tratamiento. Se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). El mayor rendimiento nutricional por metro cuadrado, kg de GH (TCO) y MS por kg de semilla de maíz, así como el menor costo por kg de materia seca se logró utilizando proteína hidrolizada líquida en la dosis de 1ml/L 48 horas antes de terminado la etapa de germinación (T2)

## VII. BIBLIOGRAFIA

- ALIAGA, L; MONCAYO S; R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.
- BENÍTEZ, R; IBARZ, A; PAGAN, J. 2008. Protein hydrolysates: processes and applications. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 42(2), 227-236. Recuperado en 03 de septiembre de 2017, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-29572008000200008&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572008000200008&lng=es&tlng=en).
- CORRALES, R. 2012. 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.
- DURANY, U. 1982. Cultivo de Plantas sin Tierra, 4ta. Ed., Editorial SINTES, S.A., Barcelona. España.
- 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. (Manual Técnico). 68 p.
- HERNÁNDEZ, J. 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.
- LOPEZ, B; SAMPEDRO, G. 1977. Fabricación de hidrolizados de proteína de pescado. En línea. Recuperado el 20 dic. 2016 de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/90659/1/Hidrolizados\\_proteina.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/90659/1/Hidrolizados_proteina.pdf)
- PADRON, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. 2da Ed., Editorial TRILLAS, México.
- PEREZ, M. 2014. Periodo de riego con solución hidropónica en la producción de germinado hidropónico de maíz (GH) de maíz (*Zea mays*). Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. 52 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.
- PUQUIO, J. 2016. Composición química de proteína líquida hidrolizada. Correo electrónico julio.montero010974@gmail.com
- RUESTA, I. 2013. Tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 105 p.
- SIAN, SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA. 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea recuperado el 15 de setiembre de 2013 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. Zoot). Riobamba, EC, Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. 108 p. Recuperado el 2 de julio del 2015 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- SUAREZ, D. 2010. Obtención de hidrolizado de proteína de pescado a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp). Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Especialización en ciencia y tecnología de alimentos. Bogotá D.c. En línea. Recuperado el 15 de Agosto de 2017 en <http://www.bdigital.unal.edu.co/2786/1/107411.2010.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. 41pp.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. RENDIMIENTOS POR TRATAMIENTO

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

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B1	7.69	9.39	8.64	7.99	6.36	8.27	7.35	8.50
B2	7.69	10.24	8.88	7.69	6.90	8.47	7.28	9.18
B3	8.47	9.97	8.61	8.57	8.91	8.84	7.69	9.52
B4	7.59	10.24	9.08	8.33	8.54	8.57	7.04	8.84
B5	7.72	9.69	8.23	9.59	8.61	8.44	7.21	9.86
B6	7.62	6.87	8.67	9.83	9.01	9.15	7.79	9.18
B7	7.45	10.31	8.40	8.20	9.12	9.01	7.65	9.52
Total/tratamiento	54.22	66.70	60.51	60.20	57.45	60.75	52.01	64.63
Promedio	7.75	9.53	8.64	8.60	8.21	8.68	7.43	9.23

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

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B1	1.54	1.78	1.82	1.54	1.29	1.66	1.44	1.57
B2	1.54	1.94	1.87	1.48	1.40	1.70	1.43	1.69
B3	1.70	1.89	1.81	1.65	1.81	1.78	1.51	1.75
B4	1.52	1.94	1.91	1.61	1.74	1.72	1.38	1.63
B5	1.55	1.84	1.73	1.85	1.75	1.70	1.42	1.82
B6	1.53	1.30	1.82	1.89	1.83	1.84	1.53	1.69
B7	1.49	1.96	1.77	1.58	1.85	1.81	1.50	1.75
Total/tratamiento	10.87	12.65	12.71	11.60	11.68	12.22	10.22	12.70
Promedio	1.55	1.81	1.82	1.66	1.67	1.75	1.46	1.70

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	0.21	0.24	0.25	0.21	0.17	0.22	0.19	0.22
B2	0.21	0.26	0.25	0.20	0.19	0.23	0.18	0.24
B3	0.23	0.26	0.24	0.22	0.25	0.24	0.20	0.25
B4	0.20	0.26	0.26	0.22	0.23	0.23	0.18	0.23
B5	0.21	0.25	0.23	0.25	0.24	0.23	0.18	0.23
B6	0.20	0.18	0.25	0.26	0.25	0.25	0.20	0.26
B7	0.20	0.26	0.24	0.21	0.25	0.25	0.19	0.24
Total/tratamiento	1.45	1.71	1.72	1.58	1.58	1.65	1.32	1.64
Promedio	0.21	0.24	0.25	0.23	0.23	0.24	0.19	0.24

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.06	0.08
B2	0.07	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.06	0.09
B3	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.09
B4	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.06	0.08
B5	0.07	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.06	0.08
B6	0.07	0.06	0.09	0.10	0.09	0.09	0.06	0.09
B7	0.06	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09	0.06	0.09
Total/tratamiento	0.47	0.60	0.62	0.60	0.60	0.62	0.42	0.52
Promedio	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.09

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	0.08	0.09	0.09	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06
B2	0.08	0.10	0.09	0.07	0.06	0.08	0.07	0.07
B3	0.09	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
B4	0.08	0.10	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
B5	0.08	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
B6	0.08	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
B7	0.08	0.10	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
Total/tratamiento	0.55	0.67	0.63	0.53	0.52	0.55	0.50	0.62
Promedio	0.08	0.10	0.09	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B1	0.21	0.24	0.24	0.21	0.17	0.22	0.19	0.21
B2	0.21	0.26	0.25	0.20	0.18	0.22	0.19	0.23
B3	0.23	0.25	0.24	0.23	0.24	0.23	0.20	0.24
B4	0.20	0.26	0.26	0.22	0.23	0.23	0.18	0.22
B5	0.21	0.25	0.23	0.25	0.23	0.22	0.19	0.22
B6	0.20	0.17	0.25	0.26	0.24	0.24	0.20	0.24
B7	0.20	0.26	0.24	0.22	0.24	0.24	0.20	0.23
Total/tratamiento	1.45	1.69	1.71	1.59	1.53	1.61	1.36	1.69
Promedio	0.21	0.24	0.24	0.23	0.22	0.23	0.19	0.23

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

Bandeja	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
B 1	3.84	4.69	4.32	4.00	3.18	4.13	3.67	4.25
B 2	3.84	5.12	4.44	3.84	3.45	4.23	3.64	4.59
B 3	4.23	4.98	4.30	4.29	4.46	4.42	3.84	4.76
B 4	3.79	5.12	4.54	4.17	4.27	4.29	3.52	4.42
B 5	3.86	4.85	4.12	4.80	4.30	4.22	3.61	4.93
B 6	3.81	3.44	4.34	4.91	4.51	4.57	3.89	4.59
B 7	3.72	5.15	4.20	4.10	4.56	4.51	3.83	4.76
Total/tratamiento	27.11	33.35	30.26	30.10	28.72	30.37	26.00	32.31
Promedio	3.87	4.76	4.32	4.30	4.10	4.34	3.71	4.62

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
B 1	0.77	0.89	0.91	0.77	0.61	0.80	0.71	0.82
B 2	0.77	0.97	0.93	0.74	0.66	0.82	0.70	0.88
B 3	0.85	0.95	0.90	0.83	0.86	0.85	0.74	0.92
B 4	0.76	0.97	0.95	0.80	0.82	0.83	0.68	0.85
B 5	0.77	0.92	0.86	0.92	0.83	0.81	0.69	0.95
B 6	0.76	0.65	0.91	0.95	0.87	0.88	0.75	0.88
B 7	0.75	0.98	0.88	0.79	0.88	0.87	0.74	0.92
Total/tratamiento	5.44	6.33	6.36	5.80	5.53	5.85	5.01	6.22
Promedio	0.78	0.90	0.91	0.83	0.79	0.84	0.72	0.89

## 8.2. ANÁLISIS DE VARIANZA

### 8.2.1.- Rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto GH/M2 (TCO)	56	0.48	0.40	8.31

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21.17	7	3.02	6.28	<0.0001
Dosis (ml/l)	8.24	3	2.75	5.71	0.0020
Tiempo aplic (h)	6.62	1	6.62	13.75	0.0005
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	6.31	3	2.10	4.37	0.0084
Error	23.11	48	0.48		
Total	44.29	55			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4815 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
1 ml/l	8.64	14	0.19	A
0.75 ml/l	8.62	14	0.19	A
0.50 ml/l	8.44	14	0.19	A
0.00 ml/l	7.70	14	0.19	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4815 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	8.69	28	0.13	A
24 h	8.01	28	0.13	B

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

### 8.2.2.- Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto MS/m2	56	0.53	0.46	8.24

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.99	7	0.14	7.64	<0.0001
Dosis (ml/l)	0.65	3	0.22	11.73	<0.0001
Tiempo aplic (h)	0.03	1	0.03	1.52	0.2239
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	0.31	3	0.10	5.59	0.0023
Error	0.88	48	0.02		
Total	1.87	55			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0184 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
0.75 ml/l	1.74	14	0.04	A
0.50 ml/l	1.71	14	0.04	A
1 ml/l	1.68	14	0.04	A
0.00 ml/l	1.46	14	0.04	B

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

“

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0184 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	1.67	28	0.03	A
24 h	1.62	28	0.03	A

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

### 8.2.3.- Rendimiento de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto PC/m <sup>2</sup> (BS)	56	0.55	0.48	8.28

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	7	2.8E-03	8.29	<0.0001
Dosis (ml/l)	0.01	3	4.0E-03	11.65	<0.0001
Tiempo aplic (h)	1.8E-03	1	1.8E-03	5.42	0.0242
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	0.01	3	2.0E-03	5.88	0.0017
Error	0.02	48	3.4E-04		
Total	0.04	55			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0003 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
0.75 ml/l	0.24	14	4.9E-03	A
0.50 ml/l	0.23	14	4.9E-03	A
1 ml/l	0.23	14	4.9E-03	A
0.00 ml/l	0.20	14	4.9E-03	B

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

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0003 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	0.23	28	3.5E-03	A
24 h	0.22	28	3.5E-03	B

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

### 8.2.4.- Rendimiento de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto EE/m <sup>2</sup> (BS)	56	0.73	0.69	8.51

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	7	8.5E-04	18.65	<0.0001
Dosis (ml/l)	4.0E-03	3	1.3E-03	28.97	<0.0001
Tiempo aplic (h)	9.6E-04	1	9.6E-04	21.12	<0.0001
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	1.0E-03	3	3.4E-04	7.50	0.0003
Error	2.2E-03	48	4.6E-05		
Total	0.01	55			

“

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
0.50 ml/l	0.09	14	1.8E-03	A
0.75 ml/l	0.09	14	1.8E-03	A
1 ml/l	0.08	14	1.8E-03	B
0.00 ml/l	0.07	14	1.8E-03	C

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

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	0.08	28	1.3E-03	A
24 h	0.08	28	1.3E-03	B

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

## 8.2.5.- Rendimiento de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto FC/m <sup>2</sup> (BS)	56	0.75	0.72	8.43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	7	8.9E-0	420.74	<0.0001
Dosis (ml/l)	4.0E-03	3	1.3E-0	330.76	<0.0001
Tiempo aplic (h)	5.0E-05	1	5.0E-0	51.17	0.2852
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	2.2E-03	3	7.4E-04	17.24	<0.0001
Error	2.1E-03	48	4.3E-05		
Total	0.01	55			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
1 ml/l	0.09	14	1.8E-03	A
0.75 ml/l	0.08	14	1.8E-03	A
0.50 ml/l	0.08	14	1.8E-03	B
0.00 ml/l	0.06	14	1.8E-03	C

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

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0000 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
24 h	0.08	28	1.2E-03	A
48 h	0.08	28	1.2E-03	A

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

### 8.2.6.- Rendimiento de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto CEN/m <sup>2</sup> (BS)	56	0.54	0.48	8.26

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	7	2.7E-03	8.20	<0.0001
Dosis (ml/l)	0.01	3	4.4E-03	3.45	<0.0001
Tiempo aplic (h)	7.0E-04	1	7.0E-04	2.12	0.1516
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	4.9E-03	3	1.6E-03	4.97	0.0044
Error	0.02	48	3.3E-04		
Total	0.03	55			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0003 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
0.75 ml/l	0.24	14	4.8E-03	A
0.50 ml/l	0.22	14	4.8E-03	A
1 ml/l	0.22	14	4.8E-03	A
0.00 ml/l	0.19	14	4.8E-03	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0003 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	0.22	28	3.4E-03	A
24 h	0.22	28	3.4E-03	A

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

### 8.2.7.- Rendimiento de GH por kg de semilla procesada en base fresca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto GH/kg semilla (TCO)	56	0.48	0.40	8.31

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.29	7	0.76	6.28	<0.0001
Dosis (ml/l)	2.06	3	0.69	5.71	0.0020
Tiempo aplic (h)	1.65	1	1.65	13.75	0.0005
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	1.58	3	0.53	4.37	0.0084
Error	5.78	48	0.12		
Total	11.07	55			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1204 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
1 ml/l	4.32	14	0.09	A
0.75 ml/l	4.31	14	0.09	A
0.50 ml/l	4.22	14	0.09	A
0.00 ml/l	3.85	14	0.09	B

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



“

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.1204 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	4.35	28	0.07	A
24 h	4.00	28	0.07	B

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

## 8.2.8.- Rendimiento de Materia seca/ kg de semilla

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto MS/kg semilla	56	0.51	0.44	8.17

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.22	7	0.03	7.07	<0.0001
Dosis (ml/l)	0.12	3	0.04	9.32	0.0001
Tiempo aplic (h)	0.02	1	0.02	4.13	0.0477
Dosis (ml/l)*Tiempo aplic ..	0.08	3	0.03	5.80	0.0018
Error	0.21	48	4.4E-03		
Total	0.43	55			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0044 gl: 48

Dosis (ml/l)	Medias	n	E.E.	
0.75 ml/l	0.87	14	0.02	A
1 ml/l	0.84	14	0.02	A B
0.50 ml/l	0.81	14	0.02	B
0.00 ml/l	0.74	14	0.02	C

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

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0044 gl: 48

Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
48 h	0.83	28	0.01	A
24 h	0.80	28	0.01	B

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

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0044 gl: 48

Dosis (ml/l)	Tiempo aplic (h)	Medias	n	E.E.	
0.75 ml/l	24 h	0.91	7	0.03	A
1 ml/l	48 h	0.90	7	0.03	A
0.50 ml/l	48 h	0.84	7	0.03	A B
0.75 ml/l	48 h	0.83	7	0.03	B
0.50 ml/l	24 h	0.79	7	0.03	B C
1 ml/l	24 h	0.78	7	0.03	B C
0.00 ml/l	48 h	0.77	7	0.03	B C
0.00 ml/l	24 h	0.72	7	0.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.0$ )