



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



**RESTRICCIÓN DE LUZ EN LA ETAPA DE
PRODUCCIÓN DE GERMINADO HIDROPÓNICO
DE MAÍZ (*Zea mays*) Y SORGO ESCOBERO
(*Sorghum vulgare*) COSECHADOS A LOS DOCE
DÍAS DE EDAD**

TESIS

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

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. MIGUEL ANGEL MARTÍNEZ DE LA CRUZ

Lambayeque — Perú

2017

**RESTRICCIÓN DE LUZ EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE GERMINADO
HIDROPÓNICO DE MAÍZ (*Zea mays*) Y SORGO ESCOBERO (*Sorghum
vulgare*) COSECHADOS A LOS DOCE DÍAS DE EDAD**

TESIS

Presentada como requisito Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DE LA CRUZ

Aprobada por el siguiente jurado

**ING. FRANCIS VILLENA RODRÍGUEZ, MSC
PRESIDENTE**

**ING. HUMBERTO GAMONAL CRUZ
SECRETARIO**

**ING. BENITO BAUTISTA ESPINOZA
VOCAL**

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

DEDICATORIA

A mi padre que está en el cielo pero que siempre estuvo ahí con sus consejos y ejemplo de superación, perseverancia y lucha por las cosas que uno anhela, siempre dándome todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi carácter.

A mi madre que con su demostración de fuerza, trabajo y empeño es una madre ejemplar me ha enseñado a no rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo en momentos buenos y malos incondicionalmente, fueron mi motivo de superación, inspiración y felicidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades en la vida.

A mi padre José Ignacio que está en el cielo al lado del señor, que todo lo que hice y lo hago es en memoria de mi querido padre.

A mi Madre y mis hermanos por su estímulo constante y su apoyo incondicional en mis estudios.

A mis compañeros y amigos por compartir conmigo en esta linda experiencia de vida.

A mí a Patrocinador: Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez 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.

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
2.4. Ventajas de los cultivos hidropónicos.....	6
2.5. Desventajas de los cultivos hidropónicos.....	12
2.6. Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH....	12
2.7. Las plantas.....	15
2.8. La luz solar.....	15
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
3.1. Lugar de Ejecución y Duración del Experimento.....	18
3.2. Tratamientos Evaluados.....	18
3.3. Material y Equipo Experimentales.....	18
3.3.1. Materiales.....	18
3.3.3. Instalaciones y Equipo.....	19
3.4. Metodología Experimental.....	19
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis.....	19
3.4.2. Técnicas Experimentales.....	19
3.4.3. Variables Evaluadas.....	20
3.4.4. Análisis Estadístico.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento.....	24
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO).....	24
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.....	24
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.....	24
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO).....	25
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	26
4.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).....	28
4.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).....	29
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) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) 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) y sorgo escobero (Sorghum vulgare).....	36
4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento.....	37
4.3.1. Costo de producción de un kg de GH de maíz y sorgo escobero por tratamiento (TCO) y materia seca por tratamiento.....	38
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES.....	42
5.2 RECOMENDACIONES.....	42
VI.	
RESUMEN.....	43
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	44
VIII.	
ANEXOS.....	46
8.1. RENDIMIENTOS POR TRATAMIENTO.....	46
8.2. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	50
8.2.1.- Rendimiento de Germinado Hidropónico por metro Cuadrado.....	50
8.2.2.- Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO).....	50
8.2.3.- Rendimiento de proteína cruda (PC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	51
8.2.4.- Rendimiento de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	51
8.2.5.- Rendimiento de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico por metro cuadrado en base seca.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo.....	8
Tabla N° 2. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz	9
Tabla 3. Peso de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO).....	24
a los 12 días de edad (Kg)24.....	24

Tabla 4. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por tratamiento (%).....	25
Tabla 5. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	26
Tabla 6. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	27
Tabla 7. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en base seca (BS) son y sin restricción de luz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	29
Tabla 8. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	30
Tabla 9. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	32
Tabla 10. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	34
Tabla 11. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).....	36
Tabla 12. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla .procesada de todos los tratamientos (Kg).....	37
Tabla 13. Costo por kilogramos de GH de maíz y sorgo escobero (S/.).....	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Costo de producción de 1 kg MS de maíz (S/.).....	38
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) y sorgo escobero (Sorghum vulgare).....	41
--	----

I. INTRODUCCION

El germinado hidropónico (GH) es un producto que viene siendo investigado con el objetivo de encontrar rendimientos máximos de las semillas procesadas para reducir costos de producción con el objetivo de buscar una alternativa adecuada de sustitución a los forrajes convencionales que demandan extensiones considerables de superficie, cada vez más escasa en Lambayeque, por el sector inmobiliario y comercial y por ser un producto que no demanda mucha cantidad de agua para ser producido. A pesar de haberse generado investigaciones con respuestas atractivas de producción los productores de ganado consideran que los costos del germinado hidropónico aún son muy altos por lo que se debe seguir investigando variables que permitan reducir el costo como el tiempo de proceso y condiciones que obliguen a las plantas a desarrollarse más por la competencia de luz, pues la cámara oscura solo se ha limitado a un periodo de cinco días en la etapa de germinación pero poco se ha investigado respecto a la etapa de producción en cámara oscura por lo que nos planteamos la siguiente interrogante ¿La restricción de luz durante la etapa de producción influye en la producción del germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque?

- Determinar la influencia de la restricción de luz en la etapa de producción del Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) cosechada a los doce días de edad en Lambayeque.
- Determinar el rendimiento nutricional de GH (kg/m² de Materia seca, Proteína cruda, Extracto etéreo, Fibra y cenizas)
- Determinar la productividad de cada tratamiento (Kg GH/kg semilla y kg de MS/kg semilla)
- Determinar el costo de producción de los tratamientos evaluados

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.

ROJAS (1998) indica que en el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes. El embrión de la futura planta despierta de su vida latente, provocando la ruptura de los tegumentos seminales y a partir de un almacén de energía, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar la energía del sol (Fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. Asimismo, indica que el germinador está constituido por la estructura de soporte, que comprende la estantería para soportar las bandejas en que se ha de cultivar el forraje y puede ser de madera, metal, P.V.C. La altura debe ser tal que ofrezca comodidad en diferentes labores de cultivo. Cada módulo tendrá pendientes

longitudinales y transversales para permitir el drenaje de la solución nutritiva en todos los sentidos.

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.

TARRILLO (2005), recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes limpios de impurezas y que procedan de plantas que estén 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 cada kilo de semilla.

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

2º. Coeficiente de pureza. - 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.

2.4. 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 N° 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo

Especie	Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)
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 N° 2. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz en la tabla 2.

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 lo suficientemente aceptable como 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 han estimado 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 ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. De igual forma, el sistema FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales. El FVH 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.

2.5. 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 CO₂. 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.

1.6. 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/m² durante 15 días y el mejor comportamiento lo obtuvo con 2 Kg/m², logrando un rendimiento de 5,71 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, con la siguiente composición química: PC 11.25 por ciento, FC 7.95 por ciento, EE 3.58 por ciento y CEN 1.02 por ciento, presentando rendimientos por metro cuadrado de 1,77 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,199 kg de proteína cruda, 0.06 kg de extracto etéreo, 0.02 kg de cenizas y 0,14 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

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.

ALTAMIRANO (2016), en Lambayeque, determinó la densidad óptima de siembra para germinado hidropónico (GH) de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) evaluando tres niveles de siembra: 2, 3, 4 y 5 Kg/m² y tres periodos de cosecha (13, 15 y 17 días). La mejor respuesta lo obtuvo con 4 Kg/m², cosechado a los 15 días de edad logrando un rendimiento de 3.46 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, con la siguiente composición química: MS: 18.55 %; PC 113.63%, FC 15.86%, EE 5.07% y CEN 4.51%, presentando rendimientos por metro cuadrado de 2.57 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,35 kg de proteína cruda, 0.13 kg de extracto etéreo, 0.12 kg de cenizas y 0,40 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

DAVILA (2016) en Lambayeque, evaluó el porcentaje de asociación óptima y época de cosecha apropiada para optimizar la producción de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) asociado con el sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) y su concentración nutricional en Lambayeque evaluando cinco niveles de asociación: 100% sorgo; 25% Maíz – 75% sorgo escobero; 50% Maíz – 50% sorgo escobero; 75% Maíz – 25% sorgo escobero; 100% maíz y dos periodos de cosecha (13 y 15 días). La mejor respuesta lo obtuvo

asociando 25% maíz – 75% sorgo escobero cosechado a los 15 días de edad logrando un rendimiento de 5.94 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, presentando rendimientos por metro cuadrado de 2.79 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,38 kg de proteína cruda, 0.12 kg de extracto etéreo, 0.13 kg de cenizas y 0,41 kg de fibra cruda por metro cuadrado. El tratamiento que solo se sembró con sorgo escobero cosechado a los 13 días rindió por metro cuadrado: 1.30 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,17 kg de proteína cruda, 0.06 kg de extracto etéreo, 0.06 kg de cenizas y 0,20 kg de fibra cruda.

2.7. Las plantas

MARTÍNEZ et al., (2005) manifiestan que las plantas responden a la intensidad, dirección, duración y color de la luz. Gracias a su plasticidad, se adaptan óptimamente al entorno. Esas respuestas, desencadenadas a lo largo del ciclo biológico, comprenden la inducción de la germinación de las semillas, el desarrollo en luz de las plántulas (desetiolación), la adaptación de la capacidad fotosintética a la intensidad lumínica, el fototropismo o crecimiento hacia la fuente de luz y el “síndrome de huida de la sombra”. La respuesta de floración se inicia en la estación del año adecuada gracias a la percepción de cambios en el foto periodo o duración día-noche.

2.8. La luz solar

TAIZ Y ZEIGER (2006) indican que la fotosíntesis es el proceso de almacenamiento de la energía solar llevado a cabo por plantas, algas y

bacterias fotosintéticas. Los fotones absorbidos excitan las moléculas de clorofila, estas clorofilas excitadas pueden dispersar esta energía en forma de calor, fluorescencia, transferencia de energía o fotoquímicamente. La luz es absorbida principalmente por los complejos antena, que comprenden las clorofilas, los pigmentos auxiliares y las proteínas, y están localizados en las membranas de los tilacoides de los cloroplastos.

MARTINEZ, et al. (2005) citando a Shahak (2003) indica que las plantas dependen de la luz como fuente principal de energía. La fotosíntesis convierte la energía de la luz en energía química necesaria para el crecimiento y desarrollo de las plantas siendo muy sensibles tanto a la cantidad como a la calidad de la luz. La manipulación de la luz para el uso de la agricultura y horticultura inicialmente estuvo dirigida al control de la cantidad de luz, para optimizarla de acuerdo a las necesidades específicas de cada cultivo. Sin embargo, las plantas responden también a la calidad (distribución del espectro) de la luz incidente. Esta respuesta es mediada por varios sistemas foto receptores basados en pigmentos que controlan las distintas etapas del desarrollo de la planta. La luz solar se compone de diferentes colores, que se corresponden con luces de diferentes longitudes de onda, expresadas en nanómetros. El espectro visible al ojo humano cubre la región de 400 a 700 nm, mientras que las plantas “perciben” además las regiones del ultravioleta (uv) y del rojo lejano. Para ello están dotadas de distintos tipos de proteínas: receptores de luz uv-B (280-320 nm); criptocromos, que absorben mayoritariamente luz uv-A (320-390 nm) y

azul (400-500 nm); clorofilas, que absorben luz azul y roja (600-700 nm); carotenoides, que absorben luz verde y amarilla (400-600 nm), y los fitocromos, que absorben luz roja y roja lejana (700-800 nm).

Perjuicios del exceso de luz

MARTÍNEZ Y TAPIA, (2002) indica que la luz que entra en el invernadero conlleva cambios tanto en la temperatura como en los requerimientos de riego de las plantas que pueden llegar a ser negativos: a) Calienta los invernaderos, lo cual obliga a ventilar con la consiguiente reducción de la humedad del aire, favoreciéndose el “stress” hídrico y bajando la fotosíntesis por exceso de temperatura y foto respiración; b) Provoca el aumento de la transpiración de la planta, lo que en condiciones de riego insuficiente propicia el stress hídrico y detención del crecimiento; c) Hace que la planta se adapte y cambie la forma, tamaño y color de las hojas, (en beneficio o perjuicio de la calidad en plantas ornamentales) y d) En algunos casos puede incluso llegar a “quemar” a las plantas de forma directa. Estos perjuicios dependen del manejo que el horticultor haga del riego y de la ventilación. Muchas veces los efectos negativos del aumento de iluminación de un cultivo no son debidos a la mayor luz sino al hecho de que no se ha aumentado el riego en consonancia o no se ha mantenido la temperatura en valores adecuados. En estos casos no es la luz sino la falta de riego y las altas temperaturas las que perjudican al cultivo.

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 desde el 29 de octubre al 11 de noviembre del mismo año, 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 4 tratamientos producto de la interacción de los niveles de los factores evaluados: 2 tipos de semilla (maíz y sorgo) y 2 niveles en restricción de luz (sin restricción y con restricción de luz)

T1: producción de GH de maíz sin restricción de luz en etapa de producción

T2: producción de GH de maíz con restricción de luz en etapa de producción

T3: producción de GH de sorgo sin restricción de luz en etapa de producción.

T4: producción de GH de sorgo sin restricción de luz en etapa de producción.

A cada tratamiento se le asignó 12 bandejas (repeticiones).

3.3. Material y Equipo Experimentales

3.3.1. Materiales

En el mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, previo muestreo en cuatro locales comerciales

ubicados en la Av. Monsalve Baca y se adquirió 8.5 kg de maíz con un valor cultural de 88.2 % y 10.5 kg de semilla de sorgo con un valor cultural de 81.03 %.

- Hipoclorito de sodio al 1% para desinfección
- Agua potable permanente.

3.3.3. Instalaciones y Equipo

Para el estudio se utilizaron

- 2 torres de producción hidropónica de 24 bandejas cada uno.
- 48 bandejas plásticas para hidroponía de 0.138 m² de área (0.345m x 0.40m)
- 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 48 bandejas para realizar el cultivo, asignando doce bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico en los diferentes tratamientos.

- 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: $0.345\text{m} \times 0.40\text{m} = 0.138\text{m}^2$.
- Se calculó, para cada tratamiento, 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 kg/m² recomendados por Hernández (2013) y para el sorgo se utilizó una densidad de 2.5 kg/m² dando como resultado para el maíz 0.276 kg/bandeja y para el sorgo 0.345 kg/bandeja. La cantidad de cada bandeja se multiplicó por 24 bandejas a utilizar con cada una obteniendo 6.62 Kg. de semilla limpia de maíz y 8.28 kg de semilla limpia de sorgo. Para garantizar estas cantidades se compró 8.5 kg maíz y 10.5 kg de sorgo sin escoger.
- El proceso seguido de manera independiente para cada tipo de semilla fue el siguiente:

- Escogido de semillas partidas, piedrecillas, pajillas y otras impurezas para obtener semilla “limpia” y asegurar la cantidad requerida para el estudio.
- Lavado de semilla con agua pura (3 veces) para eliminar polvo y otras impurezas no eliminadas en el proceso anterior.
- Desinfección de semilla con hipoclorito de sodio disuelto en agua con una concentración de 1/1000 durante 2 horas.
- Segundo lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Remojo por veinticuatro horas.
- 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 se procedió de la siguiente manera:

Después del oreo, se pesó el total de semilla húmeda y se dividió entre 24 (12 bandejas por tratamiento) para realizar una distribución homogénea en cada bandeja. Luego de sembrar las semillas en bandejas, 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.

Etapas de Producción:

El día 6 post siembra (9 días de edad) se retiró la manta negra dejando al descubierto las bandejas de cada tratamiento para iniciar

la etapa de producción donde permanecieron hasta los 12 días de edad. En este periodo las bandejas asignadas a los tratamientos con restricción de luz que se colocaron en una sola torre hidropónica se cubrían con plástico negro desde las 11 am hasta las 4pm, por ser las horas de mayor disponibilidad de luz natural.

Cosecha

A los 12 días de edad se procedió a cosechar el forraje hidropónico de los tratamientos estudiados. Las labores consistieron en pesar el GH de la cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. De cada bandeja se tomaron 5 muestras completando 60 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).

3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 x 2 con igual número de repeticiones (10 por tratamiento), cuyo modelo estadístico es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación k-ésima del i-ésimo nivel del factor tipo de semilla y j-ésima restricción de luz.

μ = media teórica de la población.

α_i = Efecto del tipo de semilla, donde $i = (1, 2)$.

β_j = Efecto de la restricción de luz, donde $j = (1, 2)$.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de interacción tipo de semilla con la restricción de luz.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental de la k-ésima bandeja de la j-ésima restricción de luz, del i-ésimo tipo de semilla.

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*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico 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. En ambos tipos de semilla los mejores pesos promedio se lograron con los tratamientos que recibieron restricción de luz (T1 y T3).

Tabla 3. Peso de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) a los 12 días de edad (Kg)

Bandeja	Maíz		Sorgo	
	C/restr	S/rest	C/restr	S/rest
	T1	T2	T3	T4
B1	2,40	2,21	1,18	0,87
B2	1,99	1,59	1,27	0,90
B3	2,50	1,85	1,15	0,70
B4	2,49	1,70	1,26	0,92
B5	2,58	2,32	1,30	0,83
B6	2,38	2,56	1,26	0,82
B7	2,61	2,14	1,15	0,73
B8	2,22	1,57	1,08	0,84
B9	2,36	2,26	1,27	0,87
B10	2,60	2,56	1,17	0,90
B11	2,58	2,17	1,12	0,83
B12	2,27	2,13	1,16	0,76
Total/tratamiento	29,00	25,06	14,35	9,94
Promedio	2,42	2,09	1,20	0,83

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 6 e indican que el mejor rendimiento de materia seca en base fresca (TCO) se obtuvo con sorgo escobero que recibió restricción de luz (T3), seguido por el tratamiento de maíz que recibió restricción de luz (T1). Sin embargo el mayor aporte de proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) en base seca (BS) se obtuvo con el tratamiento de maíz sin restricción de luz (T2) con 17.68 % y 3.68% respectivamente.

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

	T1	T2	T3	T4
Materia seca (% TCO)	22,48	20,61	23,30	21,18
PC (% BS)	16,95	17,68	11,45	13,13
EE (% BS)	3,53	3,68	3,44	3,45
FC (% BS)	13,64	14,73	12,58	13,30
CEN (% BS)	3,42	3,49	3,21	3,27

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 0.138 m² (0.345m x 0.40 m) y con la información de la tabla 5 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 ($p < 0.05$) entre

tratamientos, factores simples pero no en la interacción de factores ($p>0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz, los mejores resultados se obtuvieron con maíz superando en 55.09 % al rendimiento del sorgo escobero. En el factor restricción de luz en la etapa de producción, independiente del factor tipo de semilla, los mejores resultados se lograron con restricción de luz en la etapa de producción superando en 19.25% al rendimiento sin restricción de luz. A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 7, no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) pero los mejores resultados se lograron con la semilla de maíz con restricción de luz (T1) seguido por el sorgo escobero con restricción de luz (T3) que rindió 13.59% menos que el maíz. Los menores rendimientos se lograron en los tratamientos sin restricción de luz, donde el GH de maíz (T2) rindió 50.54% menos que T1 así como el sorgo escobero (T4) rindió 60.34% menos que T3.

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	17.51 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	15.13 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	8.66 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	6.00 ^d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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 (Tabla 6) se utilizó la información de aporte de GH/m² (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 factores simples tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de germinación, pero no en la interacción de factores ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en la etapa de producción, los mejores resultados se obtuvieron con maíz con 3.53 kg de MS/m² superando en 53.54 % al rendimiento obtenido con sorgo escobero.

En el factor restricción de luz, independiente del tipo de semilla, el mejor rendimiento de MS/m² se obtuvo con restricción de luz en el periodo de producción de GH con 2.98 kg, superando en 26.17% al rendimiento sin restricción de luz, acortando la diferencia de rendimiento entre ambos procesos cuando se realizó la comparación en base fresca por influencia de la presencia de agua.

A nivel de tratamientos, que se aprecia en la tabla 8, la mejor producción de materia seca de GH /m² se obtuvo con semilla de maíz con restricción de luz (T1) con una media de 3.94 kg de MS/m² superando en 20.81 % al rendimiento de sorgo escobero con restricción de luz (T3).

Los menores rendimientos se lograron en los tratamientos sin restricción de luz, donde el GH de maíz (T2) rindió 48.73% menos que T1 así como el sorgo escobero (T4) rindió 59.29% menos que T3.

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	3.94 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	3.12 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	2.02 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	1.27 ^d

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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 por metro cuadrado (PC/m²) 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/m² 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 ($p < 0.05$) así como a nivel de los factores simples tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de Germinado Hidropónico, pero no entre la interacción de los factores evaluados.

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, los mejores resultados se lograron

con maíz con 0.67 kg superando en 67.21 % al menor rendimiento de PC/m² obtenido con sorgo escobero con 0.20 kg.

En el factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, independiente del factor tipo de semilla, el mayor rendimiento de PC/m² en base seca fue logrado con restricción de luz en la etapa de producción de GH, superando en 20 % al rendimiento logrado sin restricción de luz en la etapa de producción de GH.

Entre tratamientos el mejor rendimiento de proteína cruda (PC)/m² en base seca, presentado en la tabla 5, se logró con la semilla de maíz con restricción de luz (T1) con 0.67 kg (T1) seguido por el rendimiento de maíz sin restricción de luz (T2) con 0.55 kg, ambos superaron al rendimiento logrado de 0.20 kg sin restricción de luz y cosechado a los 15 días por Hernández (2013)

El rendimiento con sorgo escobero sin restricción de luz en el proceso de producción de GH (T3) con 0.07 kg de PC/m², ubicado en penúltimo lugar, fue inferior al rendimiento de 0.25 kg cosechado en 15 días por Altamirano (2016), así como a los 0.54 kg con la densidad de siembra de 2 kg/m² cosechado en 13 días logrado por Dávila (2016).

Tabla 7. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en base seca (BS) son y sin restricción de luz por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	0.67 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	0.55 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0.23 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	0.17 ^d

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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 6 y la información de producción de materia seca/m² 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 ($p < 0.05$) así como a nivel de los factores simples tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de GH pero no en la interacción de ambos factores ($p > 0.05$).

A nivel del factor simple tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, los mejores resultados se obtuvieron utilizando maíz con 0.13 kg superando en 53.85 % al de sorgo escobero que presentó el menor rendimiento.

En el factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, independiente del factor tipo de semilla, los mejores resultados se obtuvieron con restricción de luz en la etapa de producción de GH con 0.10 kg superando en 20% al rendimiento sin restricción de luz en la etapa de producción de GH.

Entre tratamientos el mejor rendimiento de EE/m² en base seca, presentado en la tabla 10, se logró con GH de maíz con restricción de luz en la etapa de producción (T1) con 0.14 kg y en segundo lugar se ubicó el rendimiento con maíz sin restricción de luz en el proceso de producción con 0.12 kg, Ambos superaron el rendimiento de 0.063 kg reportado por Hernández (2013) quien no utilizó restricción de luz y cosechó a los 15 días de edad. El rendimiento de EE/m² de sorgo escobero con restricción de luz en la etapa de producción (T3) fue de 0.07 kg /m², valor inferior al de 0.23 kg obtenido por Altamirano (2016) pero superó ligeramente a los 0.06 kg logrados a los 13 días utilizando una densidad de siembra de 2 kg/m² reportados por Dávila (2016).

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	0.14 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	0.12 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0.07 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	0.04 ^d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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 por metro cuadrado (FC/m²) se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 6 y la información de producción de materia seca/m² 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 ($p < 0.05$) así como a nivel de los factores simples tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de GH pero no en la interacción de factores ($p > 0.05$).

A nivel del factor simple tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, los mayores contenidos de FC/m² en base seca se obtuvieron con maíz con 0.50 kg superando en 58 % al rendimiento del sorgo escobero que rindió 0.21 kg. En el factor restricción de luz, independiente del factor tipo de semilla, los mejores resultados se obtuvieron con restricción de luz en la etapa de producción de GH con 0.40 kg superando en 22.5 % al valor de fibra cruda sin restricción de luz en la etapa de producción de GH.

Entre tratamientos, que se aprecia en la tabla 11, el mayor contenido de Fibra cruda lo presentó el GH de maíz con restricción de luz en la etapa de producción de GH (T1) con 0.54 kg y en segundo lugar de rendimiento de FC de GH de maíz con restricción del luz en la etapa de producción de GH con 0.46 kg, ambos superaron a los 0.14 kg obtenido por

Hernández (2013) quien cosechó GH de maíz a los 15 días de edad sin restricción de luz en la etapa de producción. La producción de GH de sorgo escobero con restricción de luz en la etapa de producción de GH (T3) con 0.26 kg superó los 0.2 kg reportados por Dávila (2016) quien utilizó una densidad de siembra de 2 kg/m² y cosechó a los 13 días de edad y el rendimiento logrados con GH de sorgo escobero sin restricción de luz (T4) con 0.17 kg FC/m². Ambos rendimientos de sorgo escobero del presente estudio se hallaron por debajo del rendimiento de 0.29 kg reportados por Altamirano (2016)

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	0.54 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	0.46 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0.26 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	0.17 ^d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

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

Para calcular los aportes de Cenizas por metro cuadrado (CEN/m²) se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 6 y la información de producción de materia seca/m² 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)

se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) así como a nivel de los factores simples tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de GH pero no en la interacción de los factores evaluados.

A nivel del factor simple tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, los mejores resultados se obtuvieron con el maíz con 0.12 kg superando el rendimiento del sorgo escobero de 0.05 kg de CEN/m² en 58.33%.

En el factor restricción de luz en la etapa de producción de GH, independiente del factor tipo de semilla, el mejor resultado se obtuvo con restricción de luz en la etapa de producción de GH en la etapa de producción de GH con 0.10 kg superando al rendimiento hallado sin restricción de luz con 0.08 kg.

A nivel de tratamientos (tabla 12) el que presentó mayor nivel de CEN/m² fue el GH de maíz con restricción de luz en la etapa de producción de GH (T1) con 0.13 kg superando los 0.08 kg reportado por Hernández (2013) quien cosechó a los 15 días de edad sin restricción de Luz en la etapa de producción de Germinado Hidropónico, pero éste rendimiento superó a los 0.11 kg logrados con el GH de maíz sin restricción de la luz en la etapa de producción (T2).

El rendimiento de cenizas/m² logrados con sorgo escobero con restricción de luz en la etapa de producción de GH (T3) se ubicó en el tercer lugar con 0.06 kg inferior a los 0.17 kg obtenidos por Dávila (2016) quien utilizó una densidad de siembra de 2.0 kg cosechado a los 13 días

y sin restricción de luz en la etapa de producción de Germinado Hidropónico.

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	0.13 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	0.11 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0.06 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	0.04 ^d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

4.2 Productividad de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

La productividad expresada en rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en producción de Germinado Hidropónico y kg de materia seca por kg de semilla procesada, ambos en base fresca (TCO).

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

Basados en 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 y sorgo escobero procesados 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 ($p < 0.05$) así como al nivel

del factor simple tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de GH pero no en la interacción de ambos factores ($p>0.05$).

A nivel del factor simple tipo de semilla, el mayor rendimiento de GH/Kg de semilla procesada se obtuvo con maíz con 7.66 kg de GH en base fresca (TCO) y el menor rendimiento se obtuvo con sorgo escobero con 2.75 kg.

A nivel del factor restricción de luz en etapa de producción, independiente del factor tipo de semilla, el mejor rendimiento se obtuvo haciendo uso de la restricción de luz en etapa de producción con 5.74 Kg superando al rendimiento del sorgo escobero que logró 2.75 kg de GH/kg de semilla procesada.

Entre tratamientos (tabla 13), el mejor rendimiento por kg de semilla procesada se logró con maíz haciendo uso de restricción de luz en etapa de producción de GH (T1) con 8.22 kg y en segundo lugar se halló el rendimiento de GH de maíz sin restricción de luz (T2) con 8.2 kg. Ambos tratamientos superaron el rango referido por Aliaga et al. (2009) de 5 a 6 kg de GH/kg de semilla procesada. La producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero por kg de semilla procesada con restricción de luz (T3) con 3.25 kg se ubicó en tercer lugar de rendimiento y el tratamiento que no utilizó restricción de luz en la etapa de producción (T4) rindió 2.25 kg de GH fresco. Ninguno de los tratamientos evaluados

superó 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	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	8.22 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	7.10 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	3.25 ^b
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	2.25 ^c

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

4.2.2 Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare).

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 ($p < 0.05$)) así como al nivel del factor simple tipo de semilla y restricción de luz en la etapa de producción de GH pero no en la interacción de ambos factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor simple tipo de semilla, independiente del factor restricción de luz en el periodo de producción de GH, el mayor rendimiento

de materia seca por kg de semilla procesada (MS/kg) se obtuvo con el maíz con 1.30 kg, superando al sorgo escobero que presentó un rendimiento de 0.62 kg.

A nivel del factor simple restricción de luz en la etapa de producción de GH, independiente del factor tipo de semilla, el mejor rendimiento de materia seca por kg de semilla procesada se logró con restricción de luz en la etapa de producción de GH con 1.30 kg MS/kg superando al rendimiento logrado sin restricción de luz con 0.97 kg.

El análisis comparativo entre tratamientos demostró que el mejor rendimiento de materia seca por kg de semilla procesada que se aprecia en la tabla 14 se logró con maíz con restricción de luz en la etapa de producción (T1) con 1.85 kg y en segundo lugar se ubicó el rendimiento obtenido con maíz sin restricción de luz (T2) con 1.46 kg de MS/kg, todos estos valores superaron 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. En tercer lugar se ubicó el rendimiento de MS/kg de semilla logrados con sorgo escobero con restricción de luz en la etapa de producción (T3) con 0.76 kg y finalmente con 0.48 kg de MS/kg de semilla de sorgo escobero sin restricción de luz en el proceso de producción de GH (T4).

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

Tratamiento	Media
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	1.85 ^a
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	1.46 ^b
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0.76 ^c
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	0.48 ^d

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

Para evaluar económicamente el GH de maíz y sorgo escobero 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 Valle Sol SAC (Cuadro 1 y 2).

4.3.1. Costo de producción de un kg de GH de maíz y sorgo escobero por tratamiento (TCO) y materia seca por 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/.1.20 soles; S/.1.0 nuevos soles por kg de sorgo escobero y S/.0.05 soles por litro de agua. Con las estructuras de costo de los cuadros 1 y 2 se calculó el costo total de todos los tratamientos y los costos de producción de GH tanto en base fresca (TCO) como el costo de kg de materia seca obtenida más económicos se lograron con maíz producido con restricción de luz en la etapa de producción costando S/.2.12 el kg

de Materia Seca de GH de maíz (T1) que se aprecia en el cuadro 1 y S/.4.52 el kg de MS de GH se sorgo escobero producido con restricción de luz (T3) que se aprecia en el cuadro 2.

Cuadro 1. Costo de producción de 1 kg MS de maíz (S/.)

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACIÓN (3 días)	Maíz	Kg.	3,528	1,20	4,23
	Agua	L	1,14	0,05	0,06
	Lejía	L	0,001	1,90	0,002
	Mano de obra	Horas	1,2348	3,125	3,86
	Sub Total				8,15
GERMINACION (5 días)	Agua	L	5,866	0,05	0,29
	Mano de obra	Horas	0,33	3,125	1,04
	Sub Total				1,34
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	9,29	0,05	0,46
	Mano de Obra	Horas	0,33	3	1,00
	Sub Total				1,46

Costo de producción por tratamiento (S/)	10,95
Rendimiento/tratamiento (Kg)	6,52
Costo de 1 Kg de Germinado Hidropónico	1,68
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de materia seca de GH de maíz	1,73

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

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
	Sorgo escobero	Kg.	4,41	1,00	4,41
PRE GERMINACIÓN (3 días)	Agua	L	0,37	0,05	0,02
	Lejía	L	0,001	1,90	0,002
	Mano de obra	Horas	1,5435	3,125	4,82
	Sub Total				9,25
	Agua	L	1,894	0,05	0,09
GERMINACION (5 días)	Mano de obra	Horas	0,37	3,125	1,15
	Sub Total				1,24
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	3,00	0,05	0,15
	Mano de Obra	Horas	0,33	3	1,00
	Sub Total				1,15

Costo de producción por tratamiento (S/)	11,64
Rendimiento/tratamiento (Kg)	2,10
Costo de 1 Kg de Germinado Hidropónico	5,53
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de MS de GH de sorgo escobero	5,58

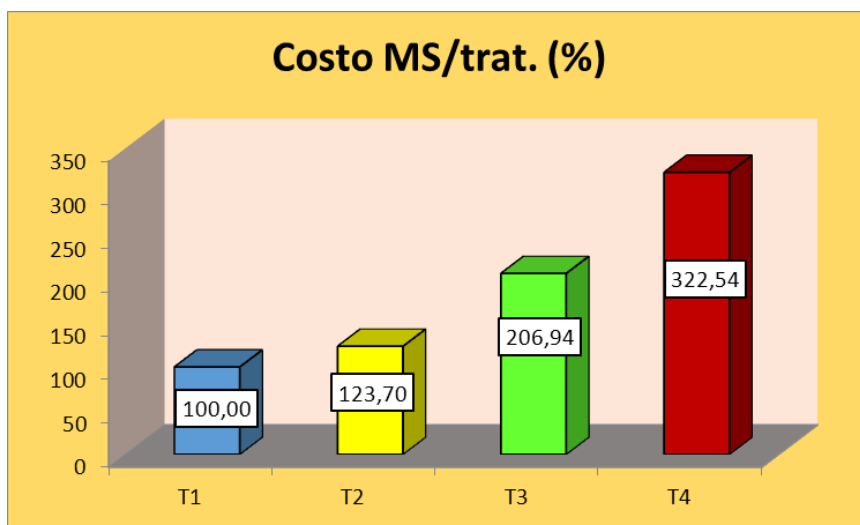
Con las estructuras de costo de los cuadros 1 y 2 se calculó el costo total de todos los tratamientos y los costos de producción de GH tanto en base fresca (TCO) como el costo de kg de materia seca obtenida más económicos se lograron con maíz producido con restricción de luz en la etapa de producción costando S/.1.73 el kg de Materia Seca de GH de maíz (T1) que se aprecia en el cuadro 1 y S/.2.14 el kg de MS de GH se sorgo escobero producido con restricción de luz en la etapa de producción (T3) que se aprecia en el cuadro 2. Los costos de producción de todos los tratamientos se aprecian en la tabla 13.

Tabla 13. Costo por kilogramo en base fresca y kg de materia seca de GH de maíz y sorgo escobero (S/.)

Tratamiento	Costo/Kg GH (TCO)	Costo/Kg MS
T1 (Maíz con restricción de luz en etapa de producción)	0,52	1,73
T2 (Maíz sin restricción de luz en etapa de producción)	0,58	2,14
T3 (Sorgo con restricción de luz en etapa de producción)	0,97	3,58
T4 (Sorgo sin restricción de luz en etapa de producción)	1,32	5,58

Al efectuar un análisis porcentual comparativo entre tratamientos tomando como base el costo de producción más económico obtenido con el tratamiento (T1), el tratamiento más caro fue (T4), siendo 222 % más costoso que T1 como se aprecia en el gráfico 1 y si analizamos los costos dentro de los tratamientos que aplicaron la restricción de luz en la etapa de producción de Germinado Hidropónico, éstos presentaron los mejores resultados en ambas semillas evaluadas.

Grafico 1. Comparativo porcentual de costos de producción de GH de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*)



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La restricción de luz influye en la producción y valor nutritivo de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) independiente del tipo de semilla.
- El costo de producción más económico de un kilogramo de GH durante la época de estudio se logró con maíz (*Zea mays*) con restricción de luz durante la etapa de producción y cosechada a los doce días de edad.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Evaluar la influencia de la restricción de luz en etapa de producción en otras épocas del año y con otras gramíneas destinadas a la producción de Germinado Hidropónico en Lambayeque.
2. Estudiar otros programas de restricción de luz en la etapa de producción para seguir optimizando el rendimiento de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero.
3. Seguir evaluando otras variables para mejorar la productividad y reducción de costos de producción de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en la provincia y Región Lambayeque.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce del distrito de Lambayeque de la Provincia de Lambayeque Región Lambayeque del 29 de octubre al 11 de noviembre de 2015 y tuvo como objetivos: a) Determinar la influencia de la restricción de luz en la etapa de producción del germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) cosechada a los doce días de edad en Lambayeque; b) Determinar el rendimiento nutricional de GH (kg/m²) de los tratamientos evaluados; c) Determinar la productividad de cada tratamiento (Kg GH/kg semilla y kg de MS/kg semilla); d) Determinar el costo de producción de los tratamientos evaluados. Para lograrlos se implementaron cuatro tratamientos T1: producción de GH de maíz sin restricción de luz en etapa de producción

T2: producción de GH de maíz con restricción de luz en etapa de producción

T3: producción de GH de sorgo sin restricción de luz en etapa de producción.

T4: producción de GH de sorgo sin restricción de luz en etapa de producción.

A cada tratamiento se le asignó 12 bandejas (repeticiones), todos fueron cosechados a los 12 días de edad. En los tratamientos con restricción de luz durante la etapa de producción (T1 y T3) se procedió a cubrir con plástico negro desde las 11am a 4pm, luego se procedió a dejar expuestas las bandejas a la luz natural. Los resultados demostraron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y los mejores rendimientos (kg/m²) de Producción de GH, materia seca (MS), PC, EE, FC y CEN. Se logró con maíz con restricción de luz en la etapa de producción cosechada a los 12 días de edad. Este tratamiento presentó también la mejor productividad en rendimiento de GH/kg de semilla procesada tanto en base fresca y materia seca, así como los costos de producción más económicos.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALIAGA RODRIGUEZ, L., MONCAYO GALLIANI, R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 pp.
- ALTAMIRANO, R. 2013. Densidad de siembra y época de cosecha en germinado hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 53 p.
- 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.
- DAVILA, L. 2016. Asociación de maíz (*Zea mays*) con sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) y tiempo de cosecha en la producción de germinado hidropónico en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 59 p.
- 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.
- MARTÍNEZ, F; TAPIA, L. 2002. Luz y sombreado en cultivo protegido. (En línea). Consultado 30 mar. 2015. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1985_22_9_21.pdf

- MARTÍNEZ, F; MONTE, E; RUIZ, F. 2005. Fitocromos y desarrollo vegetal. (En línea). Consultado 16 nov. 2014. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fitocromosydesarrollovegetal.pdf>
- PEREZ, M. 2015. 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.
- ROJAS, M. 1998. Cultivo hidropónico de centeno forrajero: densidad, edad de utilización y respuesta animal. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 94 pp.
- SIAN, SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA. 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea. Publicado el año 2011, Visitado el 15 de setiembre de 2013. Disponible en <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. Consultada el 2 de julio del 2015. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- TAIZ, L; ZEIGER, E. 2006. Fisiología vegetal. Vol I. 3 ed. Castello de la Plana, ES. Universitat Jaume I. v1. 580 p.
- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41pp.

VIII. ANEXOS

8.1. RENDIMIENTOS POR TRATAMIENTO

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	17,39	15,99	8,56	6,27
B2	14,39	11,51	9,20	6,52
B3	18,14	13,43	8,31	5,07
B4	18,07	12,33	9,12	6,63
B5	18,70	16,78	9,43	6,01
B6	17,27	18,57	9,12	5,91
B7	18,94	15,48	8,33	5,25
B8	16,07	11,38	7,79	6,09
B9	17,11	16,39	9,17	6,27
B10	18,86	18,57	8,48	6,52
B11	18,70	15,74	8,08	5,98
B12	16,47	15,41	8,37	5,47
Total/tratamiento	210,12	181,58	103,95	71,99
Promedio	17,51	15,13	8,66	6,00

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	3,91	3,30	1,99	1,33
B2	3,23	2,37	2,14	1,38
B3	4,08	2,77	1,94	1,07
B4	4,06	2,54	2,12	1,40
B5	4,20	3,46	2,20	1,27
B6	3,88	3,83	2,12	1,25
B7	4,26	3,19	1,94	1,11
B8	3,61	2,35	1,82	1,29
B9	3,85	3,38	2,14	1,33
B10	4,24	3,83	1,98	1,38
B11	4,20	3,24	1,88	1,27
B12	3,70	3,18	1,95	1,16
Total/tratamiento	47,23	37,43	24,22	15,25
Promedio	3,94	3,12	2,02	1,27

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	0,66	0,58	0,23	0,17
B2	0,55	0,42	0,25	0,18
B3	0,69	0,49	0,22	0,14
B4	0,69	0,45	0,24	0,18
B5	0,71	0,61	0,25	0,17
B6	0,66	0,68	0,24	0,16
B7	0,72	0,56	0,22	0,15
B8	0,61	0,41	0,21	0,17
B9	0,65	0,60	0,24	0,17
B10	0,72	0,68	0,23	0,18
B11	0,71	0,57	0,22	0,17
B12	0,63	0,56	0,22	0,15
Total/tratamiento	8,01	6,62	2,77	2,00
Promedio	0,67	0,55	0,23	0,17

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	0,14	0,12	0,07	0,05
B2	0,11	0,09	0,07	0,05
B3	0,14	0,10	0,07	0,04
B4	0,14	0,09	0,07	0,05
B5	0,15	0,13	0,08	0,04
B6	0,14	0,14	0,07	0,04
B7	0,15	0,12	0,07	0,04
B8	0,13	0,09	0,06	0,04
B9	0,14	0,12	0,07	0,05
B10	0,15	0,14	0,07	0,05
B11	0,15	0,12	0,06	0,04
B12	0,13	0,12	0,07	0,04
Total/tratamiento	1,67	1,38	0,83	0,53
Promedio	0,14	0,11	0,07	0,04

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	0,53	0,49	0,25	0,18
B2	0,44	0,35	0,27	0,18
B3	0,56	0,41	0,24	0,14
B4	0,55	0,37	0,27	0,19
B5	0,57	0,51	0,28	0,17
B6	0,53	0,56	0,27	0,17
B7	0,58	0,47	0,24	0,15
B8	0,49	0,35	0,23	0,17
B9	0,52	0,50	0,27	0,18
B10	0,58	0,56	0,25	0,18
B11	0,57	0,48	0,24	0,17
B12	0,51	0,47	0,25	0,15
Total/tratamiento	6,44	5,51	3,05	2,03
Promedio	0,54	0,46	0,25	0,17

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	0,13	0,12	0,06	0,04
B2	0,11	0,08	0,07	0,05
B3	0,14	0,10	0,06	0,04
B4	0,14	0,09	0,07	0,05
B5	0,14	0,12	0,07	0,04
B6	0,13	0,13	0,07	0,04
B7	0,15	0,11	0,06	0,04
B8	0,12	0,08	0,06	0,04
B9	0,13	0,12	0,07	0,04
B10	0,14	0,13	0,06	0,05
B11	0,14	0,11	0,06	0,04
B12	0,13	0,11	0,06	0,04
Total/tratamiento	1,61	1,31	0,78	0,50
Promedio	0,13	0,11	0,06	0,04

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B 1	8,16	7,51	3,21	2,35
B 2	6,76	5,40	3,45	2,45
B 3	8,52	6,31	3,12	1,90
B 4	8,48	5,79	3,42	2,49
B 5	8,78	7,87	3,54	2,26
B 6	8,11	8,71	3,42	2,22
B 7	8,89	7,27	3,13	1,97
B 8	7,54	5,34	2,93	2,29
B 9	8,03	7,69	3,44	2,35
B 10	8,85	8,71	3,18	2,45
B11	8,78	7,39	3,03	2,24
B12	7,73	7,23	3,14	2,05
Total/tratamiento	98,63	85,23	39,03	27,03
Promedio	8,22	7,10	3,25	2,25

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B 1	1,83	1,55	0,75	0,50
B 2	1,52	1,11	0,80	0,52
B 3	1,91	1,30	0,73	0,40
B 4	1,91	1,19	0,80	0,53
B 5	1,97	1,62	0,83	0,48
B 6	1,82	1,80	0,80	0,47
B 7	2,00	1,50	0,73	0,42
B 8	1,70	1,10	0,68	0,48
B 9	1,81	1,59	0,80	0,50
B 10	1,99	1,80	0,74	0,52
B11	1,97	1,52	0,71	0,48
B12	1,74	1,49	0,73	0,44
Total/tratamiento	22,17	17,57	9,10	5,73
Promedio	1,85	1,46	0,76	0,48

8.2. ANÁLISIS DE VARIANZA

8.2.1.- Rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GH/m ² (TCO)	48	0,92	0,91	12,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1046,16	3	348,72	164,02	<0,0001
Factor A	969,66	1	969,66	456,09	<0,0001
Factor B	76,26	1	76,26	35,87	<0,0001
Factor A*Factor B	0,25	1	0,25	0,12	0,7351
Error	93,55	44	2,13		
Total	1139,71	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,1260 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	16,32	24	0,30	A
Sorgo	7,33	24	0,30	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,1260 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	13,09	24	0,30	A
Sin restricción	10,57	24	0,30	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 ²	R ² Aj	CV
MS/m ² (TCO)	48	0,92	0,92	11,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	49,91	3	16,64	174,56	<0,0001
Factor A	42,56	1	42,56	446,62	<0,0001
Factor B	7,33	1	7,33	76,94	<0,0001
Factor A*Factor B	0,01	1	0,01	0,14	0,7102
Error	4,19	44	0,10		
Total	54,10	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0953 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	3,53	24	0,06	A
Sorgo	1,64	24	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

“

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0953 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	2,98	24	0,06	A
Sin restricción	2,20	24	0,06	B

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 ²	R ² Aj	CV
PC/m ² (TCO)	48	0,94	0,94	13,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2,13	3	0,71	250,91	<0,0001
Factor A	2,02	1	2,02	715,27	<0,0001
Factor B	0,10	1	0,10	34,71	<0,0001
Factor A*Factor B	0,01	1	0,01	2,74	0,1048
Error	0,12	44	2,8E-03		
Total	2,25	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0028 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	0,61	24	0,01	A
Sorgo	0,20	24	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0028 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	0,45	24	0,01	A
Sin restricción	0,36	24	0,01	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 ²	R ² Aj	CV
EE/m ² (TCO)	48	0,92	0,91	12,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,07	3	0,02	169,54	<0,0001
Factor A	0,06	1	0,06	453,35	<0,0001
Factor B	0,01	1	0,01	55,25	<0,0001
Factor A*Factor B	2,1E-06	1	2,1E-06	0,02	0,9003
Error	0,01	44	1,3E-04		
Total	0,07	47			

“

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	0,13	24	2,3E-03	A
Sorgo	0,06	24	2,3E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	0,10	24	2,3E-03	A
Sin restricción	0,08	24	2,3E-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 ²	R ² Aj	CV
FC/m2 (TCO)	48	0,93	0,92	12,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,06	3	0,35	182,57	<0,0001
Factor A	0,98	1	0,98	507,01	<0,0001
Factor B	0,08	1	0,08	40,55	<0,0001
Factor A*Factor B	3,0E-04	1	3,0E-04	0,16	0,6956
Error	0,09	44	1,9E-03		
Total	1,14	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0019 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	0,50	24	0,01	A
Sorgo	0,21	24	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0019 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	0,40	24	0,01	A
Sin restricción	0,31	24	0,01	B

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 ²	R ² Aj	CV
CEN/m ² (TCO)	48	0,92	0,92	12,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,06	3	0,02	174,41	<0,0001
Factor A	0,05	1	0,05	467,13	<0,0001
Factor B	0,01	1	0,01	55,82	<0,0001
Factor A*Factor B	3,3E-05	1	3,3E-05	0,28	0,5963
Error	0,01	44	1,2E-04		
Total	0,07	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maiz	0,12	24	2,2E-03	A
Sorgo	0,05	24	2,2E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	0,10	24	2,2E-03	A
Sin restricción	0,08	24	2,2E-03	B

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 ²	R ² Aj	CV
kg GH/Kg semilla	48	0,94	0,93	12,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	302,68	3	100,89	221,00	<0,0001
Factor A	289,20	1	289,20	633,47	<0,0001
Factor B	13,44	1	13,44	29,44	<0,0001
Factor A*Factor B	0,04	1	0,04	0,09	0,7631
Error	20,09	44	0,46		
Total	322,77	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4565 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maiz	7,66	24	0,14	A
Sorgo	2,75	24	0,14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

“

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4565 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	5,74	24	0,14	A
Sin restricción	4,68	24	0,14	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 ²	R ² Aj	CV
kg MS/Kg semilla	48	0,94	0,94	12,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	14,27	3	4,76	231,44	<0,0001
Factor A	12,92	1	12,92	628,52	<0,0001
Factor B	1,32	1	1,32	64,23	<0,0001
Factor A*Factor B	0,03	1	0,03	1,56	0,2185
Error	0,90	44	0,02		
Total	15,17	47			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0206 gl: 44

Factor A	Medias	n	E.E.	
Maíz	1,66	24	0,03	A
Sorgo	0,62	24	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0206 gl: 44

Factor B	Medias	n	E.E.	
Con restricción	1,30	24	0,03	A
Sin restricción	0,97	24	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

FOTOS DEL GERMINADO HIDROPÓNICO

