



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



**PRODUCCION DE GERMINADO HIDROPONICO  
(GH) DE SORGO ESCOBERO (*Sorghum  
vulgare*) SIN ETAPA DE PRE-GERMINACION,  
DIFERENTE PERIODO DE OSCURIDAD Y  
TIEMPO DE COSECHA EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

Presentada como requisito  
Para optar el título profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. LAYNES RAMIREZ TAPIA**

**Lambayeque — Perú**

**2017**

**PRODUCCION DE GERMINADO HIDROPONICO (GH) DE SORGO  
ESCOBERO (*Sorghum vulgare*) SIN ETAPA DE PRE-GERMINACION,  
DIFERENTE PERIODO DE OSCURIDAD Y TIEMPO DE COSECHA EN  
LAMBAYEQUE**

**TESIS**

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

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

**BACH. LAYNES RAMIREZ TAPIA**

**Aprobada por el siguiente jurado**

---

**Ing. Francis Villena Rodríguez, MSc.  
Presidente**

---

**Ing. Carolina B. Aguilar Patilongo.  
Secretario**

---

**Ing. Benito Bautista Espinoza.  
Vocal**

---

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

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos e hija por ser el motivo de mi superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la salud y las fuerzas para alcanzar mis metas trazadas, a mi familia por su estímulo constante y su apoyo incondicional en mis estudios.

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.

CONTENIDO	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1 La Hidroponía	2
2.2 El Germinado Hidropónico o forraje Verde Hidropónico	2
2.2.1 Ventajas del Germinado Hidropónico	3
2.2.2 Selección de semillas	4
2.3 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH	6
III. MATERIAL Y METODOS	12
3.1 Lugar de Ejecución y Duración del Experimento	12
3.2 Tratamientos Evaluados	12
3.3 Material y Equipo Experimental	13
3.3.1 Materiales	13
3.3.2 Instalaciones y Equipo	14
3.4 Metodología Experimental	14
3.4.1 Diseño de Contrastación de Hipótesis	14
3.4.2 Técnicas Experimentales	15
3.4.3 Variables Evaluadas	18
3.4.4 Análisis Estadístico	19
III. RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento	20
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)	20
4.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de sorgo escobero de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).	20
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	21
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	22
4.1.5 Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	22

4.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	23
4.1.7 Producción de Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	24
4.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	25
4.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento	26
4.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)	26
4.2.2 Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada.	27
4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento	28
4.3.1 Costo de producción de un kg de materia seca de GH de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento (TCO)	28
 V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 30
5.1 CONCLUSIONES	30
5.2 RECOMENDACIONES	30
 VI. RESUMEN	 31
 VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	 33
 VIII. ANEXOS	 36
8.1. PRODUCCION POR METRO CUADRADO	36
8.2 ANOVA producción de GH/m <sup>2</sup> (TCO)	38
8.3 ANOVA Rendimiento MS/m <sup>2</sup> (TCO)	40
8.4 ANOVA Rendimiento PC/m <sup>2</sup> (BS)	41
8.5 ANOVA Rendimiento EE/m <sup>2</sup> (BS)	43
8.6 ANOVA rendimiento FC/m <sup>2</sup> (BS)	44
8.7 ANOVA rendimiento Cenizas/m <sup>2</sup> (BS)	46
8.8 ANOVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)	47

8.9 ANOVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada	49
---	----

8.10 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de cebada con malla Raschel azul GS 35% de T4 (S/.)	50
--	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso de Germinado Hidropónico de sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) por tratamiento (kg)	20
Tabla 2. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de sorgo escobero ( <i>Sorghum vulgare</i> ) por tratamiento (%)	21
Tabla 3. Producción media de Germinado Hidropónico (GH) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg) en base fresca (TCO)	21
Tabla 4. Producción media de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	22
Tabla 5. Producción media de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	23
Tabla 6. Producción media de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento	24
Tabla 7. Producción media de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada	25
Tabla 8. Producción media de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	26
Tabla 9. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada (TCO)	27
Tabla 10. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	28
Tabla 11. Costo de 1 kg de MS de GH de sorgo escobero por tratamiento (TCO)	29

## I. INTRODUCCION

En la Región Lambayeque la investigación en producción de Germinado Hidropónico (GH) se han orientado a optimizar la respuesta productiva de maíz (*Zea mays*) y cebada (*Hordeum vulgare*) los cuales en algunas ocasiones se encuentran a elevados precios que ocasionan su inviabilidad en la práctica productiva. El sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) es una gramínea que ha recibido poca atención por las propiedades cianogenicas que comprometen la salud de los animales comprobadas en el sorgo forrajero, pero al introducirnos al campo de la hidroponía se pretende dar un valor agregado a la semilla de sorgo escobero que se utiliza convencionalmente en la fabricación de escobas artesanales, negocio que ha sido desplazado por la industria de escobas plásticas originando una reducción en su demanda y generando bajo precio de adquisición. Situación que favorece el costo de producción de Germinado Hidropónico ya que el costo de la semilla es el principal limitante y para empezar con su tecnificación nos planteamos la siguiente interrogante ¿Influye la interacción etapa de pre germinación, diferente periodo de oscuridad y tiempo de cosecha en la productividad y concentración nutricional de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque?. Para responder a esta interrogante se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la mejor interacción entre periodo de pre germinación, periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero y su concentración nutricional en Lambayeque.
- Determinar el costo de producción de GH de sorgo escobero de todos los tratamientos.



## **I. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 La Hidroponía**

RODRÍGUEZ (2012) cita a Sánchez (2004) e indica que el término hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (*ponos*) en agua (*hydros*).

CASTILLA (2005), manifiesta que el cultivo sin suelo es el sistema en el cual la planta desarrolla su sistema radicular en un medio (normalmente sólido o líquido) confinado en un estado limitado y aislado, fuera del suelo e indica que el término “*hidroponía*” abarca todos los métodos y técnicas para cultivar plantas sin suelo en sustratos artificiales o en soluciones nutritivas bien aireadas.

### **2.2 El Germinado Hidropónico o forraje Verde Hidropónico**

TARRILLO (2005), el forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales (cebada, avena, trigo, maíz, etc.) que se realiza durante un periodo de 8 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales disueltos de una solución nutritiva. La producción de germinados está considerado como un sistema hidropónico, debido a que este se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de semillas colocadas en bandejas una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100 por ciento con una digestibilidad de 85 a 90 por ciento, limpio y libre de contaminantes.

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

PICHILINGÜE (1994), manifiesta 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 las plantas, la temperatura de la solución debe fluctuar entre 18°C a 26°C y la del invernadero no debe ser mayor de 32°C, manteniéndose una humedad relativa de 75 por ciento, aproximadamente.

### **2.2.1 Ventajas del Germinado Hidropónico**

TARRILLO (2005) indica que el sistema de germinado hidropónico presenta varias ventajas como ahorro de agua, porque las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial, e infiltración son mínimas al compararla con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, pues la producción de Forraje Hidropónico requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre 12 a 18 por ciento; Eficiencia en el tiempo de producción: La producción de forraje hidropónico apto

para la alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12 porque a partir de ese día se inicia un marcado descenso en su valor nutricional y mejor calidad del forraje para los animales porque el forraje hidropónico es un succulento forraje aproximadamente de 20 a 30 cm. de altura de plena aptitud comestible para los animales. Su alto valor nutritivo la obtiene debido a la germinación de los granos.

### **2.2.2 Selección de semillas**

CORONA (2011) recomienda usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de germinación probada y rendimiento.

GIL (2007) manifiesta que el proceso de producción del FVH, se inicia con la selección de semillas de buena calidad, entendiendo por ello un alto porcentaje de pureza, germinación y ocasionalmente su valor cultural (se debe evitar en lo posible el uso de semillas certificadas por su alto costo y aquellas desinfectadas con agroquímicos: insecticidas o fungicidas), las semillas seleccionadas, básicamente deben tener el grado de madurez necesario (cosechadas en el momento oportuno) y estar enteras, es decir no haber sufrido daño mecánico durante la cosecha ni daños por ataque de plagas. Las semillas almacenadas por mucho tiempo, tienden a perder

viabilidad. Una prueba elemental de evaluación consiste en tomar muestras y colocarlas en un envase con agua. Las semillas sanas quedan al fondo y algunas semillas de bajo peso flotan de inmediato. Si se determina que más del 95 por ciento de las semillas se mantienen sumergidas, indican que se trata de una buena muestra, pero si contrariamente más del 50 por ciento flota, es preferible descartarla. Entre las pruebas para certificar la calidad se sugiere al menos determinar la pureza, poder germinativo y valor cultural.

RESH (2006) refiere que las semillas se lavan para quitar impurezas y semillas de mala calidad, luego se remojan con agua durante 18 a 24 horas. Las semillas remojadas seorean durante 48 horas y luego se siembran en las bandejas de germinación a una profundidad de aproximadamente 1,5 cm y se colocan en la cámara de producción en estanterías provistas con un sistema de nebulización donde permanecerán 6 a 7 días. Los ciclos de riego varían de 8 a 10 veces por día, con un periodo de 20 a 60 segundos por ciclo. Utilizando buena semilla, el rendimiento puede aumentar y llegar a una producción 12 veces superior. Los animales consumen toda la materia vegetal incluyendo raíces, semillas y hojas.

### **2.3 Densidades de siembra de semilla y relación de producción de**

#### **FVH**

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

CURAY (2013) evaluó el rendimiento de cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con y sin soluciones hidropónicas A y B en el agua de riego en Lambayeque utilizando una densidad de siembra de 3 Kg/m<sup>2</sup>, 120 minutos de desinfección con lejía al 0,001 por ciento (1ml de lejía en 1 L de agua) y cosechada a los 15 días concluyendo que el germinado con agua pura rindió menos que el tratamiento que recibió agua con solución hidropónica a excepción de fibra cruda. Presentando la siguiente composición química: Proteína cruda 15,54 y 16,89 por ciento; Extracto Etéreo 4,29 y 4,35 por ciento; Fibra Cruda 11,95 y 12,58 por ciento y Cenizas 2,85 y 3,12 por ciento respectivamente. Al evaluar el rendimiento en kilogramos por metro cuadrado encontró: PC 0,44 y 0,52 Kg; FC 0,34 y 0,39 Kg; EE 0,12 Kg y 0,134 Kg y Cen 0,08 Kg y 0.08 Kg respectivamente. El rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kilogramo de semilla procesada en promedio fue de 5,73 kg con agua pura y de 6,06 kg con solución hidropónica.

QUIÑONES (2011), evaluó la producción de germinado hidropónico de cebada y encontró un rendimiento de 4.269 Kg. de GH/kg de semilla de cebada procesada y una composición química de, 14.15% MS y en base seca PC: 13.70%; 17.83% FC; 2.45% de grasa y 4.3% de cenizas. La densidad de siembra utilizada en su estudio fue de 6.0 kg de semilla/m<sup>2</sup>.

GUEVARA (2013) en Lambayeque evaluó el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/m<sup>2</sup> determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m<sup>2</sup>, obteniendo 0,779 Kg de MS/Kg de semilla procesada y en tal como ofrecido (TCO) logró un rendimiento máximo de 7,22 Kg de GH/Kg de semilla procesada a nivel de máximas y 4,05 Kg de GH/Kg de semilla procesada a nivel de mínimas.

RUESTA (2013) al evaluar el tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla en germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque concluyó que los mejores resultados se hallaron con hipoclorito de sodio al 0.001 por ciento (1 ml de hipoclorito de sodio en 1 L de agua) con 120 minutos de tiempo, obteniendo un rendimiento de 6.857 Kg de GH/Kg de semilla procesada en base fresca con 17,48 % de Proteína Cruda en base seca

AGUILAR (2014) en Lambayeque implementó cinco tratamientos para determinar el mejor tiempo de oscuridad para la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L) con dos días (T1), tres días

(T2), cuatro días (T3), cinco días (T4) y seis días (T5) determinando que el mejor periodo es cinco días, logrando por metro cuadrado un rendimiento de 1.6 kg de materia seca en base fresca; y en base seca 0,28 kg de proteína cruda; 0,08 kg de extracto etéreo; 0,06 kg de cenizas y un nivel de 0,23 kg de fibra cruda. El rendimiento de germinado hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada fue de 5,36 kg.

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.

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

QUIÑONES (2012) cita a Vargas (2008) quien realizó la comparación productiva de forraje hidropónico de tres gramíneas (arroz, maíz y sorgo). Para las tres especies mencionadas indica contenidos de 15.82, 11,54 y 11,48 por ciento de materia seca; 7,92; 9.96 y 10,47 por ciento de proteína; 9,17, 2,41 y 6,54 por ciento de cenizas; 58.25, 43.13 y 66,66 por ciento de FDN; 38.54, 18.89 y 45.17 por ciento de FDA; 10.67, 7.67 y 14.28 por ciento de lignina respectivamente. El mayor rendimiento de biomasa se obtuvo en sorgo negro forrajero. En promedio, las bandejas de 720 cm<sup>2</sup> de esta semilla lograron producir 21,65 kg de forraje verde hidropónico. Por su parte el maíz alcanzó el segundo nivel de producción generando 17.20 kg de biomasa y por último el arroz, cuyos rendimientos no superaron los 14.35 kg. Entre la producción del sorgo y la de maíz no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), igual sucedió entre el maíz y el arroz; entre el sorgo y el arroz las diferencias fueron significativas al 8 por ciento. La relación semilla: material producido para el sorgo fue 1: 5,45; para el maíz 1: 4,3 y para el arroz 1: 3,58. En relación a la composición química de forraje de cebada y maíz cosechado a los 11 días, Silva y Moreno (2004) reportan los siguientes valores en términos de materia seca: Proteína 13,30 y 15,08 por ciento, Grasa 2,7 y 2,6 por ciento, Fibra 12,0 y 12,76 por ciento, Cenizas 4.1 y 2,24 por ciento y Nifex 67,72 y 67,32 por ciento respectivamente.

HERNÁNDEZ (2013), para determinar la densidad óptima de siembra para germinado hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*zea mays*) evaluó cuatro niveles de siembra en Lambayeque: 2, 3, 4 y 5 Kg/m<sup>2</sup> durante 15



días y el mejor comportamiento se 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 y 0,14 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

PÉREZ (2013) Evaluó 16 tratamientos combinando 4 densidades de siembra (3, 2.5, 2.0 y 1.5 kg/m<sup>2</sup>) de maíz (*Zea mays*) con 4 periodos de cosecha (12, 15 18 y 21 días) en Lambayeque, encontrando que la mayor producción de proteína cruda (PC)/m<sup>2</sup> se obtuvo con una densidad de 3.0 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 18 días rindiendo 0.29 kg PC/m<sup>2</sup>. El mejor rendimiento de germinado hidropónico en base fresca (TCO) por kg de semilla procesada lo obtuvo con una densidad de siembra de 1.5 kg/m<sup>2</sup> cosechada a los 18 días con un rendimiento de 5.98 kg de GH/kg de semilla procesada, pero en este tratamiento el rendimiento de PC/m<sup>2</sup> disminuyó a 0.19 kg/m<sup>2</sup> en base seca. Con este mismo tratamiento obtuvo el menor costo de producción.

ALTAMIRANO (2016) evaluó tres densidades de siembra (2,3 y 4 kg/m<sup>2</sup>) y dos periodos de cosecha (13 y 15 días) de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque, encontrando que el mayor rendimiento nutricional por metro cuadrado, se logró con una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 15 días de edad pero con un rendimiento ligeramente

inferior en Proteína cruda por metro cuadrado el costo más económico de producción de un kg de materia seca de sorgo escobero se logra con una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 13 días de edad, correspondiendo a esta interacción el siguiente rendimiento por m<sup>2</sup>: 11,57 kg GH (TCO); en base seca obtuvo 2,02 kg MS, 0,23 kg PC; 0,093 kg EE; 0,296 kg FC y 0,099 kg CEN.

## **II. MATERIAL Y METODOS**

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

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque del 11 al 25 de junio de 2015 y los análisis de composición química del Germinado Hidropónico obtenido se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

### **3.2 Tratamientos Evaluados**

Se establecieron 12 tratamientos producto de la interacción con diferente tiempo en remojo (0 y 24 horas de remojo), periodo de oscuridad (3, 5 y 7 días) y periodo de cosecha (13 y 15 días):

T1: GH de sorgo escobero sin remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T2: GH de sorgo escobero sin remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

T3: GH de sorgo escobero sin remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T4: GH de sorgo escobero sin remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

T5: GH de sorgo escobero sin remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T6: GH de sorgo escobero sin remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

T7: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T8: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

T9: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T10: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

T11: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días.

T12: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días.

A cada tratamiento se le asignó 4 repeticiones o bandejas hidropónicas.

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

#### **3.3.1 Materiales**

##### **Semilla de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*)**

El sorgo escobero se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo los siguientes resultados: 75 % y 84 % procediendo a comprar 25 kg de la

semilla que presentó mejor valor cultural. Para la desinfección se utilizó lejía (hipoclorito de sodio) a dosis de 1 ml por litro de agua (1/1000) para el proceso de desinfección de la semilla y agua para el proceso de remojo y riego durante todo el proceso de germinación y producción.

### **3.3.2 Instalaciones y Equipo**

- ✓ 2 torres de hidroponía.
- ✓ 48 bandejas plásticas para hidroponía de 32 cm x 45 cm.
- ✓ 03 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 03 baldes para oreo de semilla.
- ✓ Equipo de riego por aspersión manual
- ✓ 1 Balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.

## **3.4 Metodología Experimental**

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

La hipótesis alternativa planteada fue la siguiente: El tiempo de remojo, periodo de cosecha y el periodo de cosecha influyen en la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque. Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un Diseño Completamente

al Azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 3 x 2 con igual número de repeticiones (4 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = Producción de GH de maíz con la i-ésima densidad de siembra, j-ésimo periodo de cosecha de la k-ésima bandeja.

$\mu$  = Media general.

$A_i$  = Efecto del i-ésimo tiempo de remojo.

$B_j$  = Efecto del j-ésimo periodo de oscuridad.

$C_k$  = Efecto del k-ésimo periodo de cosecha

$ABC_{ijk}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo tiempo de remojo, el j-ésimo periodo de oscuridad y el k-ésimo periodo de cosecha.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental en el i-ésimo tiempo de remojo del j-ésimo periodo de oscuridad y el k-ésimo periodo de cosecha de la l-ésima bandeja.

### 3.4.2 Técnicas Experimentales

#### **Sistema de cultivo hidropónico**

Se emplearon 48 bandejas para el estudio, asignando cuatro bandejas a cada tratamiento. A continuación se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

- Etapa de Pre germinación:

Cálculo de cantidad de semilla de sorgo escobero necesaria:

- Se calculó el área de bandeja:  $0.32 \text{ m} \times 0.43 \text{ m} = 0.138 \text{ m}^2$ .

Utilizando la densidad de siembra de  $3 \text{ kg /m}^2$  recomendada para siembra de cebada en Lambayeque por Guevara (2013) se calculó la cantidad de semilla por bandeja obteniendo  $0.413 \text{ kg}$  luego se multiplicó por las 48 bandejas a estudiar requiriendo un total de  $19.81 \text{ kg}$  de semilla “limpia” de y considerando un máximo de  $80 \%$  de pureza se compró  $25 \text{ kg}$  de semilla de sorgo escobero en peso bruto. Luego se siguió el siguiente procedimiento:

- Escogido de granos partidos paja y otras impurezas para obtener  $18.58 \text{ kg}$  de semilla limpia para la investigación.
- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
- Desinfección con hipoclorito de sodio al  $1/1000$  ( $1 \text{ ml}$  por litro de agua) durante 2 horas.
- Segundo lavado con agua pura para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Inmediatamente después se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas, por veinticuatro horas.
- Luego del periodo de remojo las semillas fueron oreadas en tres baldes (uno para cada densidad de siembra) debidamente tapados por un periodo de 48 horas (dos días).

### **Etapas de Germinación:**

Proceso de siembra de bandeja por tratamiento:

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

Luego de sembrar las semillas en 4 bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura donde permanecieron por un periodo según tratamiento. Diariamente se regaron las bandejas 3 veces al día: 7:00 am; 12:00 m y 6:00 pm con ayuda de un aspersor manual.

### **Etapas de Producción:**

El día 6 post siembra en bandejas se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos dando inicio a la etapa de producción donde permanecieron hasta el tiempo de cosecha de cada tratamiento. En esta etapa, se continuó con el programa de riego de 3 veces al día con micro aspersor según tratamiento.

### **Cosecha**

A los trece días de edad se cosechó el Germinado Hidropónico de T1, T3, T5, T7, T9 y T11; pesando la producción de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. Luego se tomaron cinco muestras de cada bandeja de cada tratamiento y con la técnica del cuarteo se



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

A los quince días de edad se cosechó el Germinado Hidropónico de T2, T4, T6, T8, T10 y T12; pesando la producción de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. De igual manera que en los tratamientos anteriores se realizó el muestreo de cada tratamiento para ser analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal – FIZ.

Finalmente se realizó el muestreo de cada tratamiento para ser analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal – FIZ.

### **3.4.3 Variables Evaluadas**

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Producción de Germinado Hidropónico (GH) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Materia seca de GH por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado (TCO).
- Producción de Cenizas (CEN) por metro cuadrado (TCO).
- Rendimiento de GH por kilogramo de semilla procesada (TCO).
- Rendimiento de Materia Seca (MS) de GH por kilogramo de semilla procesada.

#### **3.4.4 Análisis Estadístico**

Se utilizó un Diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 3 \times 2$  con igual número de repeticiones por tratamiento. Se realizó el Análisis de varianza para determinar si había diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. Para analizar cuál o cuáles de los tratamientos fueron mejores se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tuckey.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

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

En la tabla 1 se presenta la producción en biomasa verde de Germinado Hidropónico de sorgo escobero por bandeja de cada tratamiento cosechado a los 13, 15 y 17 días de edad.

Tabla 1. Peso de Germinado Hidropónico de sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) por tratamiento (kg)

Bandeja	13 días						15 días					
	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B 1	1,90	1,95	1,86	2,02	2,06	1,88	2,24	1,92	1,79	2,25	1,96	2,03
B 2	2,04	2,05	1,98	2,23	2,02	1,86	1,93	1,85	1,86	2,20	1,91	1,99
B 3	1,95	2,09	1,85	2,00	2,15	1,95	2,14	1,92	1,87	2,20	1,80	1,85
B 4	2,02	1,99	1,78	2,07	2,18	1,78	2,10	1,86	1,91	2,04	1,98	1,99
Total/tratamiento	7,91	8,07	7,47	8,32	8,40	7,46	8,40	7,56	7,43	8,68	7,65	7,85
Promedio	1,98	2,02	1,87	2,08	2,10	1,87	2,10	1,89	1,86	2,17	1,91	1,96

##### 4.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de sorgo escobero de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).

Los análisis de composición química del GH de cada tratamiento se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia después de concluida la fase experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 2 e indican que los mejores rendimientos de proteína cruda se obtuvieron con el tratamiento siete (T7) con 15.37 % logrados con una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 13 días.

Tabla 2. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento (%)

	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
Materia seca (% TCO)	22,24	22,10	14,79	20,34	21,64	21,68	21,20	20,63	21,76	18,38	20,58	20,69
PC (% BS)	9,72	10,81	10,88	11,48	14,11	11,00	10,79	11,30	12,91	11,12	13,32	13,22
EE (% BS)	3,57	4,30	3,86	4,35	4,40	4,60	3,17	3,60	4,14	4,51	4,44	4,50
FC (% BS)	13,55	13,80	12,97	15,24	15,12	15,63	13,20	12,96	13,28	15,46	16,80	15,77
CEN (% BS)	5,34	5,33	5,52	5,16	5,28	5,58	5,73	5,57	5,81	5,27	5,29	5,10

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

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

El área de bandeja utilizada en el presente estudio fue de 0.138 m<sup>2</sup> y con información de la tabla 2 se calculó el rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca. Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.2) se hallaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

Tabla 3. Producción media de Germinado Hidropónico (GH) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg) en base fresca (TCO)

Tratamiento	Media
T8 (24 x 3 x 15)	15.77 <sup>a</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	15.26 <sup>ab</sup>
T9 (24 x 5 x 13)	15.25 <sup>ab</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	15.11 <sup>abc</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	14.66 <sup>abcd</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	14.37 <sup>abcd</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	14.26 <sup>bcd</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	13.89 <sup>bcd</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	13.73 <sup>cd</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	13.58 <sup>d</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	13.55 <sup>d</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	13.50 <sup>d</sup>

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

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

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

El análisis de varianza (Anexo 8.3) demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ )

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

Tratamiento	Media
T8 (24 x 3 x 15)	3.43 <sup>a</sup>
T9 (24 x 5 x 13)	3.30 <sup>ab</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	3.24 <sup>abc</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	3.23 <sup>abc</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	3.19 <sup>abc</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	3.10 <sup>bcd</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	3.07 <sup>bcd</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	3.07 <sup>bcd</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	2.94 <sup>cd</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	2.94 <sup>cd</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	2.83 <sup>d</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	2.01 <sup>e</sup>

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

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

Para calcular los aportes de proteína cruda (PC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso c y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.4)

se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) a nivel de factores simples e interacción de los factores evaluados por lo que se aplicó la prueba de Tuckey.

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

Tratamiento	Media
T9 (24 x 5 x 13)	0.47 <sup>a</sup>
T8 (24 x 3 x 15)	0.44 <sup>a</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	3.24 <sup>abc</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	0.39 <sup>b</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	0.38 <sup>bc</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	0.35 <sup>cd</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	0.35 <sup>cd</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	0.35 <sup>cd</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	0.32 <sup>de</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	0.32 <sup>de</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	0.31 <sup>e</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	0.22 <sup>f</sup>

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

#### 4.1.6 Producción de Extracto Etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso d y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.5) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) a nivel de los factores simples densidad de siembra y periodo de cosecha así como entre la interacción de los factores evaluados por lo que se aplicó la prueba de Tuckey

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

Tratamiento	Media
T9 (24 x 5 x 13)	0.15 <sup>a</sup>
T8 (24 x 3 x15)	0.14 <sup>a</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	0.14 <sup>ab</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	0.14 <sup>abc</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	0.13 <sup>abc</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	0.13 <sup>bcd</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	0.12 <sup>de</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	0.12 <sup>bcd</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	2.11 <sup>ef</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	0.10 <sup>f</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	0.10 <sup>f</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	0.08 <sup>g</sup>

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

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

Para calcular los aportes de fibra cruda (FC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso e y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.5) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) a nivel de los factores simples así como entre la interacción de los factores evaluados por lo que se aplicó la prueba de Tuckey.

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

Tratamiento	Media
T9 (24 x 5 x 13)	0.50 <sup>a</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	0.47 <sup>ab</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	0.46 <sup>ab</sup>
T8 (24 x 3 x 15)	0.46 <sup>b</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	0.45 <sup>bc</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	0.43 <sup>bcd</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	0.43 <sup>bcde</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	0.41 <sup>cde</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	0.40 <sup>def</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	0.39 <sup>ef</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	0.37 <sup>f</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	0.26 <sup>g</sup>

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

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

Para calcular los aportes de Cenizas (CEN) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 2 y la información de producción de materia seca/m<sup>2</sup> presentado en el anexo 8.1 inciso b. Los resultados se observan en el anexo 8.1 inciso f y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) tanto a nivel de los factores simples densidad de siembra y periodo de cosecha así como entre la interacción de los factores evaluados.



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

Tratamiento	Media
T8 (24 x 3 x 15)	0.20 <sup>a</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	0.19 <sup>ab</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	0.18 <sup>bc</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	0.18 <sup>bc</sup>
T9 (24 x 5 x 13)	0.17 <sup>bcd</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	0.17 <sup>bcd</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	0.17 <sup>bcd</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	0.17 <sup>bcd</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	0.16 <sup>cd</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	0.16 <sup>ef</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	0.16 <sup>d</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	0.11 <sup>e</sup>

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

#### 4.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

La productividad expresada en el rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en rendimiento de germinado hidropónico y en kg de materia seca por kg de semilla procesada.

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

Basados en la información de la tabla 1, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de sorgo escobero procesada que se aprecia en presentado en el anexo 8.1 inciso g. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.8) se

hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) tanto a nivel de factores simples e interacción de ambos factores por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tuckey,

Tabla 9. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada (TCO)

Tratamiento	Media
T8 (24 x 3 x 15)	5.26 <sup>a</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	5.09 <sup>ab</sup>
T9 (24 x 5 x 13)	5.08 <sup>bc</sup>
T7 (24 x 3 x 13)	5.04 <sup>abc</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	4.89 <sup>abcd</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	4.79 <sup>abcd</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	4.75 <sup>bcd</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	4.63 <sup>bcd</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	4.58 <sup>cd</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	4.53 <sup>d</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	4.52 <sup>d</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	4.50 <sup>d</sup>

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

#### 4.2.2 Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada.

Para obtener el rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento se aplicaron los niveles de materia seca de cada uno, calculados en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Ingeniera Zootecnia, a cada bandeja de cada tratamiento. Los resultados se muestran en el anexo 8.1 inciso h. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ )

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

Tratamiento	Media
T9 (24 x 5 x 13)	1.10 <sup>a</sup>
T3 (0 x 5 x 13)	1.08 <sup>ab</sup>
T2 (0 x 3 x 15)	1.08 <sup>abc</sup>
T1 (0 x 3 x 13)	1.06 <sup>abcd</sup>
T7 ( 24 x 3 x 13)	1.02 <sup>abcde</sup>
T12 (24 x 7 x 15)	0.98 <sup>bcde</sup>
T6 (0 x 7 x 15)	0.98 <sup>cde</sup>
T11 (24 x 7 x 13)	0.98 <sup>de</sup>
T8 (24 x 3 x 15)	0.97 <sup>de</sup>
T10 (24 x 5 x 15)	0.95 <sup>e</sup>
T4 (0 x 5 x 15)	0.94 <sup>e</sup>
T5 (0 x 7 x 13)	0.67 <sup>d</sup>

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

#### **4.3. Análisis económico de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento**

Para evaluar económicamente el GH de 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 presentada en el Anexo 8.11.

##### **4.3.1 Costo de producción de un kg de materia seca de GH de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento (TCO)**

Para calcular el costo de 1 kg de materia seca de Germinado Hidropónico de cada tratamiento, el costo total se aplicó a la producción total de materia seca de cada tratamiento. El menor costo por kilogramo

de materia seca de Germinado Hidropónico de sorgo escobero se obtuvo con el tratamiento

Tabla 10. Costo de 1 kg de MS de GH de sorgo escobero por tratamiento (TCO)

Tratamiento	S/. /kg MS
T1	4,23
T2	4,38
T3	4,17
T4	4,99
T5	6,7
T6	4,81
T7	4,39
T8	4,88
T9	4,09
T10	4,95
T11	4,62
T12	4,79

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

La mejor interacción para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) y su concentración nutricional en Lambayeque es 24 horas de pre germinación, 5 horas de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días de edad.

El menor costo de producción de kg. de materia seca de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) se logra con 24 horas de pre germinación, 5 horas de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días de edad.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

Evaluar otros factores en la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) como evaluación de producto desinfectante, tiempo y dosis de desinfección.

## **VI. RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque del 11 al 25 de Junio de 2015 y tuvo como objetivos

- a) Determinar la mejor interacción entre periodo de pre germinación, periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero y su concentración nutricional en Lambayeque y
- b) Determinar el costo de producción de GH de sorgo escobero de todos los tratamientos. Para lograrlos se implementaron 12 tratamientos con 4 repeticiones cada uno: T1: GH de sorgo escobero sin remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días; T2: GH de sorgo escobero sin remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días; T3: GH de sorgo escobero sin remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días; T4: GH de sorgo escobero sin remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días; T5: GH de sorgo escobero sin remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días; T6: GH de sorgo escobero sin remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días; T7: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días; T8: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 3 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días; T9: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días; T10: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 5 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días; T11: GH de sorgo escobero con 24 horas de remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 13 días y T12: GH de sorgo escobero

con 24 horas de remojo, con 7 días en periodo de oscuridad cosechado a los 15 días. La mejor interacción para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) y su concentración nutricional en Lambayeque se logró con T9, con 24 horas de pre germinación, 5 horas de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días de edad. Este tratamiento también presentó el menor costo de producción en función de materia seca producida por kg de semilla procesada.

## VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar, M. 2014. Influencia del periodo de oscuridad en el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú. 76 p.
- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- Corona, L. 2011. Producción de forraje verde hidropónico en la mixteca poblana una alternativa nutricional para la época de sequía. (En línea). Consultado el 25 nov. 2014. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/forraje-verde-hidroponico-t3284/141-p0.htm>
- Curay, V. 2013. Cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con soluciones hidropónicas A y B en el agua de riego. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 80 p.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS).2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (Manual Técnico). 68 p.
- GIL, V. 2007. Producción tecnificada de cuyes. Ediciones Edmundo Pantigozo. Cuzco. 150 p.
- Guevara, S. 2013. Rendimiento de germinado hidropónico (G.H.) de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en seis niveles de densidad de siembra. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú. 67 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. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 51 p.



- Pichilingüe, C. 1994. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empare, gestación y lactación. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. 107 p.
- Quiñones, R. 2011. Producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 64 p.
- Quiñones, E. 2012. Producción de Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mayz*) y Arroz (*Oriza sativa*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 61 p.
- Regalado, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Lambayeque, PE. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad Agronomía. 48 p.
- Resh, M. 2006. Cultivos hidropónicos. 5 ed. Madrid, ES. Mundi prensa. 558 p.
- Rodríguez, L. 2002. Hidroponía agricultura y bienestar. México. Doble Hélice, Universidad Autónoma de Chihuahua. 96 p.
- 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.
- 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. Escuela de Ingeniería

Zootécnica. 108 p. Consultada el 2 de Marzo de 2015. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>

Tarrillo, V. 2005. Producción de forraje verde hidropónico. Arequipa, PE, s.e. 41 p.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. PRODUCCION POR METRO CUADRADO

#### a. Producción de GH de sorgo cebada (*Hordeum vulgare*) por metro cuadrado (TCO)

Bandeja	2 kg/m2			3kg/m2		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	10,52	7,73	7,42	8,90	10,28	8,28
B2	6,90	7,80	7,35	9,14	10,52	9,77
B3	8,56	8,70	6,04	11,80	12,49	7,94
B4	9,35	10,77	5,80	10,84	12,22	8,01
B5	9,04	9,80	7,69	11,18	11,39	9,94
B6	8,35	9,18	6,97	11,21	11,97	9,87
B7	8,63	9,14	7,94	10,18	11,56	8,97
B8	8,90	9,66	7,04	10,14	11,53	10,14
Total/tratamiento	70,26	72,77	56,25	83,40	91,96	72,91
Promedio	8,78	9,10	7,03	10,43	11,49	9,11

#### b. Producción de Materia Seca (MS) de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) por metro cuadrado (TCO)

#### c. Rendimiento de Proteína Cruda (PC) de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) por metro cuadrado (BS)

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B1	0,30	0,34	0,22	0,34	0,46	0,32	0,37	0,33	0,37	0,46	0,40	0,41
B2	0,32	0,36	0,23	0,38	0,45	0,32	0,32	0,31	0,38	0,45	0,39	0,41
B3	0,31	0,36	0,22	0,34	0,48	0,34	0,36	0,33	0,38	0,45	0,37	0,38
B4	0,32	0,35	0,21	0,35	0,48	0,31	0,35	0,32	0,39	0,42	0,40	0,41
Total/tratamiento	1,24	1,40	0,87	1,41	1,86	1,29	1,40	1,28	1,52	1,77	1,56	1,60
Promedio	0,31	0,35	0,22	0,35	0,47	0,32	0,35	0,32	0,38	0,44	0,39	0,40

#### d. Rendimiento de Extracto Etéreo (EE) de GH de sorgo escovero (*Sorghum vulgare*) por metro cuadrado (BS)

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B1	0,11	0,13	0,08	0,13	0,14	0,14	0,11	0,10	0,12	0,15	0,13	0,13
B2	0,12	0,14	0,08	0,14	0,14	0,13	0,09	0,10	0,12	0,14	0,12	0,13
B3	0,11	0,14	0,08	0,13	0,15	0,14	0,10	0,10	0,12	0,14	0,12	0,12
B4	0,12	0,14	0,07	0,13	0,15	0,13	0,10	0,10	0,13	0,13	0,13	0,13
Total/tratamiento	0,46	0,56	0,31	0,54	0,58	0,54	0,41	0,41	0,49	0,57	0,50	0,51
Promedio	0,11	0,14	0,08	0,13	0,15	0,14	0,10	0,10	0,12	0,14	0,12	0,13

**e. Rendimiento de Fibra Cruda (FC) de GH de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por metro cuadrado (BS)**

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B1	0,42	0,43	0,26	0,46	0,49	0,46	0,45	0,37	0,38	0,47	0,41	0,43
B2	0,45	0,45	0,28	0,50	0,48	0,46	0,39	0,36	0,39	0,46	0,40	0,42
B3	0,43	0,46	0,26	0,45	0,51	0,48	0,44	0,37	0,39	0,46	0,38	0,39
B4	0,44	0,44	0,25	0,47	0,52	0,44	0,43	0,36	0,40	0,43	0,42	0,42
Total/tratamiento	1,73	1,79	1,04	1,87	2,00	1,84	1,71	1,47	1,56	1,82	1,61	1,65
Promedio	0,43	0,45	0,26	0,47	0,50	0,46	0,43	0,37	0,39	0,46	0,40	0,41

**f. Rendimiento de Cenizas (CEN) de GH de sorgo escobero (Sorghum vulgare) por metro cuadrado (BS)**

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B1	0,16	0,17	0,11	0,15	0,17	0,16	0,20	0,16	0,16	0,21	0,18	0,19
B2	0,18	0,18	0,12	0,17	0,17	0,16	0,17	0,15	0,17	0,20	0,18	0,18
B3	0,17	0,18	0,11	0,15	0,18	0,17	0,19	0,16	0,17	0,20	0,16	0,17
B4	0,17	0,17	0,11	0,16	0,18	0,16	0,18	0,16	0,18	0,19	0,18	0,18
Total/tratamiento	0,68	0,69	0,44	0,63	0,70	0,66	0,74	0,63	0,68	0,80	0,70	0,72
Promedio	0,17	0,17	0,11	0,16	0,17	0,16	0,19	0,16	0,17	0,20	0,18	0,18

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

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B 1	4,60	4,71	4,50	4,89	4,98	4,54	5,41	4,66	4,33	5,44	4,75	4,92
B 2	4,95	4,95	4,80	5,40	4,88	4,51	4,66	4,49	4,50	5,33	4,63	4,81
B 3	4,72	5,06	4,49	4,83	5,20	4,72	5,19	4,65	4,54	5,32	4,35	4,48
B 4	4,88	4,82	4,32	5,01	5,28	4,30	5,08	4,51	4,63	4,94	4,80	4,81
Total/tratamiento	19,15	19,55	18,10	20,14	20,34	18,07	20,34	18,31	18,01	21,03	18,52	19,02
Promedio	4,79	4,89	4,53	5,04	5,08	4,52	5,09	4,58	4,50	5,26	4,63	4,75

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

Bandeja	T1	T3	T5	T7	T9	T11	T2	T4	T6	T8	T10	T12
B 1	1,02	1,04	0,67	1,00	1,08	0,98	1,15	0,96	0,94	1,00	0,98	1,02
B 2	1,10	1,09	0,71	1,10	1,06	0,98	0,99	0,93	0,98	0,98	0,95	0,99
B 3	1,05	1,12	0,66	0,98	1,12	1,02	1,10	0,96	0,99	0,98	0,90	0,93
B 4	1,09	1,07	0,64	1,02	1,14	0,93	1,08	0,93	1,01	0,91	0,99	0,99
Total/tratamiento	4,26	4,32	2,68	4,10	4,40	3,92	4,31	3,78	3,92	3,87	3,81	3,93
Promedio	1,06	1,08	0,67	1,02	1,10	0,98	1,08	0,94	0,98	0,97	0,95	0,98

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

Análisis de varianza para GH/m<sup>2</sup> (TCO), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	2,4956	2,4956	2,4956	7,19	0,011
Germ. (dias)	2	15,7050	15,7050	7,8525	22,63	0,000
Cosecha (dias)	1	0,0035	0,0035	0,0035	0,01	0,921
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)	2	0,1770	0,1770	0,0885	0,25	0,776
Rem. (Hrs)*Cosecha (dias)	1	0,0048	0,0048	0,0048	0,01	0,907
Germ. (dias)*Cosecha (dias)	2	8,0630	8,0630	4,0315	11,62	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)*Cosecha (dias)	2	0,8457	0,8457	0,4228	1,22	0,308
Error	36	12,4909	12,4909	0,3470		
Total	47	39,7853				

S = 0,589041 R-cuad. = 68,60% R-cuad.(ajustado) = 59,01%

Agrupación de información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para horas de remojo de GH/m<sup>2</sup> (TCO)

Rem.  
(Hrs) N Media Agrupación

24	24	14,6394	A
0	24	14,1833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/m2 (TCO)

Germ. (dias)	N	Media	Agrupación
3	16	15,1249	A
5	16	14,3845	B
7	16	13,7246	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/m2 (TCO)

Cosecha (dias)	N	Media	Agrupación
13	24	14,4198	A
15	24	14,4029	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/m2 (TCO)

Rem. (Hrs)	Germ. (dias)	N	Media	Agrupación
24	3	8	15,4388	A
0	3	8	14,8110	A B
24	5	8	14,5712	A B C
0	5	8	14,1979	B C D
24	7	8	13,9081	C D
0	7	8	13,5411	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/m2 (TCO)

Rem. (Hrs)	Cosecha (dias)	N	Media	Agrupación
24	15	12	14,6409	A
24	13	12	14,6378	A
0	13	12	14,2018	A
0	15	12	14,1648	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/m2 (TCO)

Germ.	Cosecha
-------	---------

(dias)	(dias)	N	Media	Agrupación
3	15	8	15,5133	A
5	13	8	14,9573	A
3	13	8	14,7366	A B
7	15	8	13,8835	B C
5	15	8	13,8118	C
7	13	8	13,5656	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC	Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,67179		0,67179	0,67179	44,14	0,000
Germ. (dias)	2	2,01921		2,01921	1,00960	66,33	0,000
Cosecha (dias)	1	0,21881		0,21881	0,21881	14,38	0,001
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)	2	0,59372		0,59372	0,29686	19,50	0,000
Rem. (Hrs)*Cosecha (dias)	1	0,03384		0,03384	0,03384	2,22	0,145
Germ. (dias)*Cosecha (dias)	2	1,61019		1,61019	0,80510	52,89	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)* Cosecha (dias)	2	0,66827		0,66827	0,33414	21,95	0,000
Error	36	0,54796		0,54796	0,01522		
Total	47	6,36379					

S = 0,123374    R-cuad. = 91,39%    R-cuad.(ajustado) = 88,76%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Rem. (Hrs)	N	Media	Agrupación
24	24	3,1449	A
0	24	2,9083	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Germ. (dias)	N	Media	Agrupación
3	16	3,2335	A
5	16	3,0993	B
7	16	2,7471	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Cosecha (dias)	N	Media	Agrupación
15	24	3,0942	A
13	24	2,9591	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Rem.    Germ.

(Hrs)	(días)	N	Media	Agrupación
24	3	8	3,2524	A
0	3	8	3,2146	A B
24	5	8	3,1617	A B C
0	5	8	3,0369	B C
24	7	8	3,0207	C
0	7	8	2,4736	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Rem.	Cosecha			
(Hrs)	(días)	N	Media	Agrupación
24	15	12	3,1859	A
24	13	12	3,1040	A B
0	15	12	3,0024	B
0	13	12	2,8143	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para MS/m<sup>2</sup> (TCO)

Germ.	Cosecha			
(días)	(días)	N	Media	Agrupación
3	15	8	3,3332	A
5	13	8	3,2705	A B
3	13	8	3,1338	B C
7	15	8	3,0211	C D
5	15	8	2,9281	D
7	13	8	2,4731	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,066771	0,066771	0,066771	311,91	0,000
Germ. (días)	2	0,021631	0,021631	0,010815	50,52	0,000
Cosecha (días)	1	0,022829	0,022829	0,022829	106,64	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)	2	0,002012	0,002012	0,001006	4,70	0,015
Rem. (Hrs)*Cosecha (días)	1	0,001984	0,001984	0,001984	9,27	0,004
Germ. (días)*Cosecha (días)	2	0,061674	0,061674	0,030837	144,05	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)* Cosecha (días)	2	0,009734	0,009734	0,004867	22,73	0,000
Error	36	0,007707	0,007707	0,000214		
Total	47	0,194342				

S = 0,0146311 R-cuad. = 96,03% R-cuad.(ajustado) = 94,82%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Rem.				
(Hrs)	N	Media	Agrupación	
24	24	0,3959	A	
0	24	0,3214	B	



Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Germ. (días)	N	Media	Agrupación
5	16	0,3816	A
3	16	0,3639	B
7	16	0,3304	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
15	24	0,3805	A
13	24	0,3368	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. (Hrs)	Germ. (días)	N	Media	Agrupación
24	5	8	0,4280	A
24	3	8	0,3980	B
24	7	8	0,3619	C
0	5	8	0,3353	D
0	3	8	0,3298	D
0	7	8	0,2989	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. (Hrs)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
24	15	12	0,4113	A
24	13	12	0,3806	B
0	15	12	0,3496	C
0	13	12	0,2931	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para PC/m<sup>2</sup> (BS)

Germ. Cosecha

(dias)	(dias)	N	Media	Agrupación
5	13	8	0,4080	A
3	15	8	0,3960	A
7	15	8	0,3901	A
5	15	8	0,3553	B
3	13	8	0,3318	C
7	13	8	0,2708	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,0077312	0,0077312	0,0077312	319,10	0,000
Germ. (dias)	2	0,0012218	0,0012218	0,0006109	25,21	0,000
Cosecha (dias)	1	0,0001879	0,0001879	0,0001879	7,76	0,008
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)	2	0,0007322	0,0007322	0,0003661	15,11	0,000
Rem. (Hrs)*Cosecha (dias)	1	0,0000637	0,0000637	0,0000637	2,63	0,114
Germ. (dias)*Cosecha (dias)	2	0,0045074	0,0045074	0,0022537	93,02	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)* Cosecha (dias)	2	0,0031794	0,0031794	0,0015897	65,61	0,000
Error	36	0,0008722	0,0008722	0,0000242		
Total	47	0,0184959				

S = 0,00492220 R-cuad. = 95,28% R-cuad.(ajustado) = 93,84%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Rem.			
(Hrs)	N	Media	Agrupación
24	24	0,1349	A
0	24	0,1095	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Germ.	(dias)	N	Media	Agrupación
5	16	0,1279	A	
3	16	0,1231	B	
7	16	0,1156	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Cosecha (dias)	N	Media	Agrupación
13	24	0,1242	A
15	24	0,1202	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. (Hrs)	Germ. (días)	N	Media	Agrupación
24	3	8	0,1379	A
24	5	8	0,1351	A
24	7	8	0,1317	A
0	5	8	0,1207	B
0	3	8	0,1083	C
0	7	8	0,0996	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. (Hrs)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
24	13	12	0,1380	A
24	15	12	0,1317	B
0	13	12	0,1103	C
0	15	12	0,1087	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para EE/m<sup>2</sup> (BS)

Germ. (días)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
5	13	8	0,1422	A
7	15	8	0,1249	B
3	13	8	0,1240	B
3	15	8	0,1222	B
5	15	8	0,1135	C
7	13	8	0,1063	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Análisis de varianza para FC/m<sup>2</sup> (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,045760	0,045760	0,045760	155,82	0,000
Germ. (días)	2	0,036805	0,036805	0,018402	62,66	0,000
Cosecha (días)	1	0,004292	0,004292	0,004292	14,62	0,001
Rem. (Hrs)*Germ. (días)	2	0,014354	0,014354	0,007177	24,44	0,000
Rem. (Hrs)*Cosecha (días)	1	0,013531	0,013531	0,013531	46,07	0,000
Germ. (días)*Cosecha (días)	2	0,034393	0,034393	0,017197	58,56	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)* Cosecha (días)	2	0,018075	0,018075	0,009038	30,77	0,000
Error	36	0,010572	0,010572	0,000294		
Total	47	0,177783				

S = 0,0171369 R-cuad. = 94,05% R-cuad. (ajustado) = 92,24%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. (Hrs)	N	Media	Agrupación
24	24	0,4492	A
0	24	0,3875	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m2 (BS)

Germ. (días)	N	Media	Agrupación
3	16	0,4459	A
5	16	0,4287	B
7	16	0,3805	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m2 (BS)

Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
13	24	0,4278	A
15	24	0,4089	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m2 (BS)

Rem. (Hrs)	Germ. (días)	N	Media	Agrupación
24	3	8	0,4619	A
24	5	8	0,4501	A B
24	7	8	0,4356	B
0	3	8	0,4298	B C
0	5	8	0,4072	C
0	7	8	0,3253	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m2 (BS)

Rem. (Hrs)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
24	13	12	0,4755	A
24	15	12	0,4230	B
0	15	12	0,3948	C
0	13	12	0,3801	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para FC/m2 (BS)

Germ.	Cosecha			
(días)	(días)	N	Media	Agrupación
5	13	8	0,4731	A
3	13	8	0,4505	A B
3	15	8	0,4413	B
7	15	8	0,4011	C
5	15	8	0,3843	C D
7	13	8	0,3598	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,0023256	0,0023256	0,0023256	49,04	0,000
Germ. (días)	2	0,0039490	0,0039490	0,0019745	41,63	0,000
Cosecha (días)	1	0,0046656	0,0046656	0,0046656	98,38	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)	2	0,0019441	0,0019441	0,0009720	20,50	0,000
Rem. (Hrs)*Cosecha (días)	1	0,0000001	0,0000001	0,0000001	0,00	0,956
Germ. (días)*Cosecha (días)	2	0,0044224	0,0044224	0,0022112	46,63	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)* Cosecha (días)	2	0,0028318	0,0028318	0,0014159	29,86	0,000
Error	36	0,0017073	0,0017073	0,0000474		
Total	47	0,0218459				

S = 0,00688658 R-cuad. = 92,18% R-cuad.(ajustado) = 89,80%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Rem.				
(Hrs)	N	Media	Agrupación	
24	24	0,1753	A	
0	24	0,1614	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Germ.				
(días)	N	Media	Agrupación	
3	16	0,1785	A	
5	16	0,1701	B	
7	16	0,1565	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Cosecha				
(días)	N	Media	Agrupación	
15	24	0,1782	A	
13	24	0,1585	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Rem. Germ.

(Hrs)	(dias)	N	Media	Agrupación
24	3	8	0,1790	A
0	3	8	0,1780	A
24	5	8	0,1749	A B
24	7	8	0,1721	A B
0	5	8	0,1654	B
0	7	8	0,1409	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Rem.	Cosecha			
(Hrs)	(dias)	N	Media	Agrupación
24	15	12	0,1851	A
0	15	12	0,1713	B
24	13	12	0,1655	B
0	13	12	0,1515	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para CEN/m<sup>2</sup> (BS)

Germ.	Cosecha			
(dias)	(dias)	N	Media	Agrupación
3	15	8	0,1924	A
7	15	8	0,1756	B
5	13	8	0,1735	B C
5	15	8	0,1668	B C
3	13	8	0,1646	C
7	13	8	0,1374	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC	Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,27729		0,27729	0,27729	7,19	0,011
Germ. (dias)	2	1,74500		1,74500	0,87250	22,63	0,000
Cosecha (dias)	1	0,00038		0,00038	0,00038	0,01	0,921
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)	2	0,01966		0,01966	0,00983	0,25	0,776
Rem. (Hrs)*Cosecha (dias)	1	0,00053		0,00053	0,00053	0,01	0,907
Germ. (dias)*Cosecha (dias)	2	0,89589		0,89589	0,44794	11,62	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (dias)* Cosecha (dias)	2	0,09397		0,09397	0,04698	1,22	0,308
Error	36	1,38788		1,38788	0,03855		
Total	47	4,42059					

S = 0,196347    R-cuad. = 68,60%    R-cuad.(ajustado) = 59,01%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Rem.

(Hrs)	N	Media	Agrupación
24	24	4,8798	A
0	24	4,7278	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Germ.	(días)	N	Media	Agrupación
3	16	5,0416	A	
5	16	4,7948	B	
7	16	4,5749	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Cosecha	(días)	N	Media	Agrupación
13	24	4,8066	A	
15	24	4,8010	A	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Rem.	Germ.	(Hrs)	(días)	N	Media	Agrupación
24	3	8	5,1463	A		
0	3	8	4,9370	A B		
24	5	8	4,8571	A B C		
0	5	8	4,7326	B C D		
24	7	8	4,6360	C D		
0	7	8	4,5137	D		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Rem.	Cosecha	(Hrs)	(días)	N	Media	Agrupación
24	15	12	4,8803	A		
24	13	12	4,8793	A		
0	13	12	4,7339	A		
0	15	12	4,7216	A		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg GH/Kg semilla

Germ.	Cosecha
-------	---------

(dias)	(dias)	N	Media	Agrupación
3	15	8	5,1711	A
5	13	8	4,9858	A
3	13	8	4,9122	A B
7	15	8	4,6278	B C
5	15	8	4,6039	C
7	13	8	4,5219	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg MS/Kg semilla

Rem.	N	Media	Agrupación
(Hrs)			
24	24	1,0012	A
0	24	0,9694	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg MS/Kg semilla

Germ.	(dias)	N	Media	Agrupación
3	16	1,0335	A	
5	16	1,0195	A	
7	16	0,9030	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg MS/Kg semilla

Cosecha (dias)	N	Media	Agrupación
13	24	0,9864	A
15	24	0,9843	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para kg MS/Kg semilla

Rem. (Hrs)	Germ. (dias)	N	Media	Agrupación
0	3	8	1,0715	A
24	5	8	1,0267	A B
0	5	8	1,0123	A B
24	3	8	0,9954	B
24	7	8	0,9815	B
0	7	8	0,8245	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC	Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
--------	----	----	------	-----------	-----------	---	---



Kg/m2	2	0,42523	0,42523	0,21262	117,76	0,000
Cosecha (días)	2	0,25219	0,25219	0,12610	69,84	0,000
Kg/m2*Cosecha (días)	4	0,14326	0,14326	0,03581	19,84	0,000
Error	36	0,06500	0,06500	0,00181		
Total	44	0,88568				

S = 0,0424909 R-cuad. = 92,66% R-cuad.(ajustado) = 91,03%

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Rem. (Hrs)	1	0,012092	0,012092	0,012092	7,52	0,009
Germ. (días)	2	0,164198	0,164198	0,082099	51,06	0,000
Cosecha (días)	1	0,000054	0,000054	0,000054	0,03	0,856
Rem. (Hrs)*Germ. (días)	2	0,110469	0,110469	0,055234	34,35	0,000
Rem. (Hrs)*Cosecha (días)	1	0,050428	0,050428	0,050428	31,36	0,000
Germ. (días)*Cosecha (días)	2	0,180715	0,180715	0,090357	56,20	0,000
Rem. (Hrs)*Germ. (días)* Cosecha (días)	2	0,048258	0,048258	0,024129	15,01	0,000
Error	36	0,057884	0,057884	0,001608		
Total	47	0,624097				

S = 0,0400985 R-cuad. = 90,73% R-cuad.(ajustado) = 87,89%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para  
kg MS/Kg semilla

Rem. (Hrs)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
24	13	12	1,0347	A
0	15	12	1,0008	A B
24	15	12	0,9677	B C
0	13	12	0,9381	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para  
kg MS/Kg semilla

Germ. (días)	Cosecha (días)	N	Media	Agrupación
5	13	8	1,0902	A
3	13	8	1,0446	A B
3	15	8	1,0223	B C
7	15	8	0,9816	C D
5	15	8	0,9488	D
7	13	8	0,8244	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**8.10 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) aplicado a T1.**

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
<b>PRE GERMINACIÓN (3 días)</b>					
	Sorgo escobero	Kg.	1,65	0,80	1,32
	Agua	L	13,75	0,05	0,69
	Lejía	L	0,001	1,90	0,002
	Mano de obra	Horas	0,58	3,125	1,81
	<b>Sub Total</b>				<b>3,82</b>
<b>GERMINACION (5 días)</b>					
	Agua	L	16,200	0,05	0,81
	Mano de obra	Horas	0,26	3,125	0,82
	<b>Sub Total</b>				<b>1,63</b>
<b>PRODUCCION (5 días)</b>	Agua	L	18	0,05	0,90
	Mano de Obra	Horas	0,33	3	1,00
	<b>Sub Total</b>				<b>1,90</b>

Costo de producción por tratamiento (S/)	7,35
Rendimiento/tratamiento (Kg)	1,76
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	4,18
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de GH de sorgo escobero	4,23