



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



**PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN EN CÁMARA
OSCURA EN GERMINADO HIDROPÓNICO DE
MAÍZ (ZEA MAYS) Y SORGO ESCOBERO
(Sorghum vulgare) COSECHADO A LOS
QUINCE DÍAS**

TESIS

Presentada como requisito
Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. EMER JHAN ARÉVALO OLANO

Lambayeque — Perú

2017

**PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN EN CÁMARA OSCURA EN GERMINADO
HIDROPÓNICO DE MAÍZ (ZEA MAYS) Y SORGO ESCOBERO (Sorghum
vulgare) COSECHADO A LOS QUINCE DÍAS**

TESIS

Presentada como requisito Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. EMER JHAN ARÉVALO OLANO

Aprobada por el siguiente jurado

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

**Ing. Humberto Gamonal Cruz
Secretario**

**Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal**

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

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida y a mis queridos padres, Juan Arévalo Guevara Y Perpetua Olano Arévalo con eterna gratitud y amor por el invalorable sacrificio y esfuerzo realizado a fin de consolidar mi formación profesional.

A mis hermanos: Yanina, Adi Jhudit, Jheny Jhoana y Jhuri Joas, quienes supieron comprender mi ideal y me apoyaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

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

Al Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez por su guía y orientación en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis amigos y profesores de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por los conocimientos brindados en mi formación profesional y por su colaboración desinteresada durante la ejecución de la presente tesis.

CONTENIDO	Pagina
I. INTRODUCCION	1
2.1 La Hidroponía	2
2.2 Selección de semillas	4
II. MATERIAL Y METODOS	11
3.1 Lugar de Ejecución y Duración del Experimento	11
3.2 Tratamientos Evaluados	11
3.3 Material y Equipo Experimental	12
3.3.1 Materiales	12
3.3.2 Instalaciones y Equipo	12
3.4 Metodología Experimental	13
3.4.1 Diseño de Contrastación de Hipótesis	13
3.4.2 Técnicas Experimentales	14
3.4.3 Variables Evaluadas	17
3.4.4 Análisis Estadístico	17
III. RESULTADOS Y DISCUSION	18
4.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento	18
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)	18
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 (Zea mays) de cada tratamiento en base fresca y base seca (TCO).	18
4.1.3 Producción de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero por metro cuadrado (TCO)	19
4.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	21
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)	25
4.1.8 Producción de Cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	26
4.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento	28
4.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)	27
4.2.2 Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada.	30
4.3 Evaluación de la temperatura y humedad relativa para la producción de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays)) y sorgo escobero (Sorghum vulgare)	31
4.4. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (Zea mays) por tratamiento	32
4.4.1 Costo de producción de un kg de materia seca de GH de maíz (Zea mays) y sorgo escobero (Sorghum vulgare) por tratamiento (TCO)	32
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
5.1 CONCLUSIONES	34
5.2 RECOMENDACIONES	34
VI. RESUMEN	35
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	36
VIII. ANEXOS	39
8.1. PRODUCCION POR METRO CUADRADO	39
8.2 ANOVA producción de GH/m ² (TCO)	43
8.3 ANOVA Rendimiento MS/m ² (TCO)	43
8.4 ANOVA Rendimiento PC/m ² (BS)	44
8.5 ANOVA Rendimiento EE/m ² (BS)	45
8.6 ANOVA Rendimiento FC/m ² (BS)	45
8.7 ANOVA Rendimiento Cenizas/m ² (BS)	46
8.8 ANOVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO)	46
8.9 ANOVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada	47
8.10 Temperatura interna y externa (°C) y humedad relativa (%)	48
8.11 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de maíz (Zea mays) de T2.	49
8.12 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de sorgo escobero (Sorghum vulgare) aplicado a T4.	50

INDICE DE TABLAS	Página
Tabla 1. Porcentaje de proteína cruda con y sin fertilizante en el sorgo escobero (<i>Sorghum bicolor</i>) de acuerdo al día de germinación.	9
Tabla 2. Análisis bromatológico de Sorgo Forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas	10
Tabla 3. Producción de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.	10
Tabla 4. Peso de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) cosechado a los 15 días de edad (Kg)	18
Tabla 5. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico según tratamiento (%)	19
Tabla 6. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	20
Tabla 7. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	22
Tabla 8. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	23
Tabla 9. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	25
Tabla 10. Producción de Fibra Cruda (FC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	26
Tabla 11. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	28
Tabla 12. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	30
Tabla 13. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	31
Tabla 14. Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) en cada torre de germinado hidropónico según % de iluminación en la cámara oscura.	32
Tabla 15. Costo de 1 kg de GH en base fresca y kg de MS de GH de maíz y sorgo escobero por tratamiento (S/.)	33

I. INTRODUCCION

La constante búsqueda orientada a reducir los costos de producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y del sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) reside en incrementar la productividad de las semillas procesadas. Convencionalmente en la etapa de pre germinación el proceso se lleva a cabo en una cámara oscura completamente cerrada, la cual se apertura solo para el riego de las semillas y considerando que el potencial germinativo de la semilla es la base del desarrollo de Germinado Hidropónico es conveniente evaluar si la intervención regulada de luz y oxígeno permanente durante esta etapa permitiría incrementar la productividad de la misma, motivo por el cual nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Cuál es el porcentaje óptimo de iluminación en la cámara oscura en la producción del germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) cosechado a los quince días?. Para responder a esta interrogante se planteó el siguiente objetivo: Determinar cuál es el porcentaje óptimo de iluminación en la cámara oscura para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque.

I. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 El Germinado Hidropónico o forraje Verde Hidropónico

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.

LEVRERO et al (2014) establecen los postulados básicos del FVH:

- La técnica del FVH NO pretende sustituir o competir con la tradicional forma de obtención del forraje, tan solo complementar.
- El FVH es y quiere constituirse en una herramienta más de trabajo y de Solución de problemas con destino al productor rural.

ESQUIVEL (2012) cita a Nieto (2005) quien indica que la germinación se realiza desde épocas muy remotas para mejorar su conservación, así como para potenciar algunas de sus cualidades nutritivas y terapéuticas. La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. La absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua a la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial

hídrico entre la semilla y el medio que le rodea. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso actúa desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión. La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O₂.

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.

FASSIO et al (1998) indican que aunque el maíz es originario de los Trópicos, el crecimiento óptimo del cultivo ocurre a temperaturas de 24 a 30°C. Temperaturas nocturnas altas no favorecen el crecimiento del cultivo,

sino que incrementan las tasas de respiración y de esta forma se reduce el peso seco acumulado durante el día por la fotosíntesis.

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.

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

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 cm² 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), evaluó cuatro niveles de siembra de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en Lambayeque: 2, 3, 4 y 5 Kg/m² durante 15 días y el mejor comportamiento se 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 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/m²) 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)/m² se obtuvo con una densidad de 3.0 kg/m² cosechado a los 18 días rindiendo 0.29 kg PC/m². 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/m² 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/m² disminuyó a 0.19 kg/m² en base seca. Con este mismo tratamiento obtuvo el menor costo de producción.

SINCHIGUANO (2008), en Ecuador, al evaluar la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla en cinco especies de semilla fueron: 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.

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/m² determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m², 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.

CONTRERAS et al. (2015) en Paturpampa, Huancavelica, a 3690 msnm y con una temperatura media de 17.8 °C durante el día y de -8 °C en las noches estudiaron entre junio y agosto de 2011 el efecto de las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo en seis proporciones (0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, 100/0) de cultivos hidropónicos sobre el porcentaje de materia seca, materia orgánica y proteína cruda, y altura de

planta, así como en la producción de forraje verde, materia seca, materia orgánica y proteína cruda. Utilizaron un arreglo factorial al azar de 2 x 6 (asociación x proporción) con 5 repeticiones por tratamiento. El porcentaje de materia seca y rendimiento de forraje verde fue estadísticamente similar en las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo. Los porcentajes de materia orgánica y proteína cruda fueron afectados por la asociación y por el nivel de proporción leguminosa/gramínea. El porcentaje promedio de proteína cruda de ambas asociaciones fue de 22.37%. La proporción de leguminosa/gramínea no afectó la altura de planta del cultivo hidropónico.

LEVRERO et al (2014) en Uruguay realizaron un engorde de corderos con la asociación de germinado hidropónico de maíz y trigo en proporción 60% de maíz y 40% de trigo. En la etapa final de engorde utilizaron una relación 50%-50% de ambas gramíneas. Utilizaron 16 corderos raza TEXEL x IDEAL. La edad al comienzo del estudio fueron 150 ± 15 días, y el peso vivo de $22,50 \pm 1,41$ Kg. El período de acostumbramiento al consumo de FVH fue de 20 días. El experimento de engorde se realizó en base a un diseño completamente aleatorizado, considerando 3 tipos de dieta: FVH; FVH + ración concentrada y ración. A esto le sumaron un control a campo natural. A cada tratamiento, incluyendo el control, le asignaron en forma aleatoria, 4 corderos. La dieta solo con FVH se suministró en 7% del peso vivo en base fresca, la dieta combinada se suministró 3.5% del peso vivo en FVH y 0.5% del Peso vivo en ración. El valor nutricional del FVH

combinado en proporción 50%-50% fue 22.05% MS (TCO) y en 100% de base seca fue 13.13 % (PB), 32.75% (FDN), 2.86% (Cenizas) y 2.82 Mcal/kg de MS (EM). En los resultados por metro cuadrado de producción obtuvieron 3.14 kg de MS de FVH. En los corderos el uso de FVH en el lote alimentado a FVH + Ración, presentó mejoras significativas en la calidad del vellón de lana, en el rendimiento de carne y calidad de la misma.

DOMINGUEZ (2012) evaluó el valor de proteína de sorgo escobero (*Sorghum bicolor*) con diferentes periodos de cosecha con y sin soluciones fertilizantes encontrando que la mayor concentración se da al décimo día de germinación, tanto sin fertilizante como con fertilizante tal como se aprecia en la tabla 1:

Tabla 1. Porcentaje de proteína cruda con y sin fertilizante en el sorgo escobero (*Sorghum bicolor*) de acuerdo al día de germinación.

Día de germinación	Sin fertilizante	Con fertilizante
6	7.95	8.05
7	7.95	10.81
8	11.45	12.62
9	15.23	16.35
10	15.93	16.96
11	15.54	16.88
12	15.59	16.76
13	15.35	16.55
14	15.02	16.05

Fuente: Domínguez, 2012.

DIAZ (2007) Evaluó la Producción crecimiento y calidad forraje verde hidropónico de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* Sudangrass hybrid) en diferentes mezclas de soluciones nutritivas orgánicas, utilizando una

densidad de siembra para todo el proceso de 180 gr en doce charolas de 31 cm de largo y 23 cm de ancho cosechados a los 14 días y presenta el siguiente análisis bromatológico.

Tabla 2. Análisis bromatológico de Sorgo Forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

Contenido (%)	Agua	Ácidos húmicos	Alga enzimas
Materia seca	93.98a	93.26a	92.29a
Materia orgánica	89.59a	86.59b	76.51c
Proteína cruda	21.00a	21.00a	19.62b
Fibra cruda	23.49a	13.52b	22.49c
Extracto etéreo	7.45a	7.56a	5.30b
Cenizas	4.39a	6.67b	15.78c
E. libre de nitrógeno	43.67a	51.25b	36.81c

Tabla 3. Producción de sorgo forrajero cultivado en hidroponía con tres soluciones nutritivas.

Tratamiento	Agua	Ácidos húmicos	Alga enzimas
Peso (kg) 7 días	0.53 ^a	0.55a	0.50a
Peso (kg) 11 días	0.80a	0.90b	0.70c
Peso (kg) 14 días	1.00a	1.20b	0.90c

^{abc} Líneas con letra diferente indican diferencia ($p < 0.05$)

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 Mocse de Lambayeque del 27 de noviembre al 12 de diciembre 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 6 tratamientos producto de la interacción de tres niveles de porcentaje de iluminación en cámara oscura (0 %; 10% y 20%) y dos tipos de semilla (maíz y sorgo escobero) obteniendo:

T1: Germinado Hidropónico de maíz sin iluminación.

T2: Germinado Hidropónico de maíz con 10% de iluminación en la cámara oscura.

T3: Germinado Hidropónico de maíz con 20% de iluminación en la cámara oscura.

T4: Germinado Hidropónico de sorgo escobero sin iluminación en la cámara oscura.

T5: Germinado Hidropónico de sorgo escobero con 10% de iluminación en la cámara oscura.

T6: Germinado Hidropónico de maíz con 20% de iluminación en la cámara oscura.

A cada tratamiento se le asignó 8 repeticiones o bandejas hidropónicas.

3.3 Material y Equipo Experimental

3.3.1 Materiales

- Semilla de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Shorghum vulgare*)

El maíz y sorgo escobero se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en cuatro locales comerciales para evaluar el valor cultural obteniendo: 68 % y 84 % para maíz y 77% y 88 % para sorgo escobero procediendo a comprar 8.50 kg de maíz y 11.83 kg de sorgo escobero en los lugares que presentaron 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 pura para el proceso de remojo y riego durante todo el proceso de germinación y producción.

- Plásticos para cámaras oscuras

Se requirieron 3 plásticos negros para cubrir las torres completamente, en el segundo plástico se practicaron aberturas equivalentes al 10% de la superficie y se cubrieron con malla de plástico antiafida de color negro y en el tercer plástico se practicaron aberturas equivalentes al 20% de la

superficie y se cubrieron con la misma malla de plástico antiafida color negro.

3.3.2 Instalaciones y Equipo

- ✓ 3 torres de hidroponía.
- ✓ 48 bandejas plásticas para hidroponía de 32 cm x 44 cm.
- ✓ 02 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 04 baldes de para oreo de semilla.
- ✓ Equipo de riego por aspersión manual
- ✓ 1 Balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.
- ✓ 2 termómetros.

3.4 Metodología Experimental

3.4.1 Diseño de Contrastación de Hipótesis

La hipótesis alternativa planteada fue: El porcentaje de iluminación en la cámara oscura influye en la producción y concentración nutricional de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en Lambayeque. Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 2 con igual número de repeticiones (8 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = Peso de GH en el i-ésimo porcentaje de iluminación, j-ésimo tipo de semilla de la k-ésima bandeja.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo porcentaje de iluminación en la cámara oscura.

B_j = Efecto del j-ésimo tipo de semilla.

AB_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo porcentaje de iluminación en la cámara oscura y j-ésimo tipo de semilla.

ϵ_{ijk} = Error experimental en el i-ésimo porcentaje de iluminación de la cámara oscura del j-ésimo tipo de semilla de la k-ésima bandeja.

3.4.2 Técnicas Experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

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

- Etapa de Pre germinación:

Se adaptaron las instalaciones midiendo y calculando el área que se dejaría descubierta para iluminar la cámara oscura del GH.

Se calculó el área de bandeja: $0.32 \text{ m} \times 0.44 \text{ m} = 0.14 \text{ m}^2$ y utilizando la densidad de siembra para maíz de 2 kg /m^2 según la recomendación de Hernández (2013) y de 2.8 kg/m^2 para el sorgo escobero.

Se determinó la cantidad de semilla limpia por bandeja obteniendo $0.228 \text{ kg/ bandeja}$ para maíz y 0.394 kg/bandeja para el sorgo escobero luego

cada una se multiplicó por 24 bandejas dando un total de 6.76 kg de semilla “limpia” de maíz y 9.46 kg de semilla de sorgo escobero. Considerando un máximo de 80 % de pureza se compró 8.50 kg de semilla de maíz y 11.83 kg de sorgo escobero en peso bruto. Luego se siguió el siguiente procedimiento:

- Separación de granos partidos paja y otras impurezas para obtener 6.76kg de semilla limpia de maíz y 9.46 kg de sorgo escobero para la investigación.
- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no limpiadas en el procedimiento anterior.
- Desinfección con hipoclorito de sodio al 0.001% (1 ml por litro de agua) durante 2 horas de manera independiente para cada semilla.
- Segundo lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de cada semilla.
- Inmediatamente después se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas, por veinticuatro horas en depósitos independientes.
- Luego del periodo de remojo las semillas fueron oreadas en dos baldes provistos de orificios en la base debidamente tapados por un periodo de 48 horas (dos días).

Etapas de Germinación:

Se inició después del oreo, cuando han brotado las raíces de la semilla. Se pesó el total de semilla oreada de maíz y sorgo escobero y se dividió cada

peso entre 24 bandejas para realizar una siembra homogénea en cada bandeja asignado ocho a cada tratamiento debidamente identificadas.

Luego de sembrar las semillas en 8 bandejas para cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura donde permanecieron por un periodo de 5 días. Diariamente se regaron las bandejas a las 6.00 am, 12.00 m y 6.00 pm.

Etapas de Producción:

Empezó el día 6 post siembra en bandejas cuando 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 obtener 15 días de edad desde el inicio del proceso. En esta etapa, el programa de riego de cada tratamiento se realizó a 4 veces por día: 6.00 am, 10.00 am, 2.00 pm y 6.00 pm.

Cosecha

Se realizó a los quince días de edad procediendo a pesar la producción de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo. En cada bandeja se tomaron cinco muestras obteniendo 40 sub muestras y con la técnica del cuarteo se obtuvo 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.

Medición de temperatura y humedad relativa

Se realizó en la etapa de producción asignando 1 termómetro a cada tratamiento. Las mediciones se llevaron a cabo 3 veces al día. 6:30 am, 12:30 pm y 6:30 pm

3.4.3 Variables Evaluadas

La información obtenida permitió 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 Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) y materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada.
- Costo de GH de cada tratamiento.

3.4.4 Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 2 con igual número de repeticiones por tratamiento. Se realizó el Análisis de varianza para determinar si existía diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre 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 maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO)

En la tabla 4 se presenta la producción en biomasa verde de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero producidos con diferente porcentaje de iluminación en la cámara oscura por bandeja de cada tratamiento cosechado a los 15 días de edad.

Tabla 4. Peso de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por bandeja por tratamiento en base fresca (TCO) cosechado a los 15 días de edad (Kg)

Bandeja	Maíz			Sorgo		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	1,660	2,005	1,625	1,960	1,935	.,845
B 2	2,035	1,770	1,622	1,930	2,130	.,795
B 3	1,485	1,765	1,645	1,805	1,895	.,895
B 4	1,415	1,670	1,620	1,650	2,035	!,005
B 5	1,830	1,755	1,995	1,845	1,950	.,760
B 6	1,530	1,750	1,625	1,775	1,603	.,810
B 7	1,810	1,785	1,495	1,905	1,935	.,795
B 8	1,735	1,675	1,635	1,980	1,945	.,640
Total/tratamiento	13,50	14,18	13,26	14,85	15,43	.,455
Promedio	1,69	1,77	1,66	1,86	1,93	1,82

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 asociado con 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 5 e indica que el mejor rendimiento de materia seca se obtuvo con todos los tratamientos de sorgo escobero (T4, T5 y T6) superando a todos los tratamientos de maíz (T1, T2 y T3). En ambas semillas los tratamientos sin iluminación en la cámara oscura superaron a los tratamientos que si recibieron iluminación. A nivel de contenido de proteína cruda (PC) lo presentó el tratamiento de maíz que estuvo con 20% de iluminación en la cámara oscura (T3 y en segundo lugar se ubica el contenido del tratamiento con sorgo escobero que recibió igual % de luz (T6) con 11.84%, ubicándose por debajo de la concentración de 15.02 % de PC de GH de *Sorghum bicolor* cosechado a los 14 días de edad hallado en México por Domínguez (2012) lo cual se debería a que a mayor tiempo de cosecha la concentración de PC decrece, pues el óptimo hallado por dicho autor se obtiene cosechando a los 10 días de edad.

Tabla 5. Contenido nutricional en base fresca (TCO) y base seca (BS) de Germinado Hidropónico según tratamiento (%)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Materia seca (% TCO)	20,32	19,56	19,21	22,17	20,56	21,46
PC (% BS)	8,27	10,65	12,91	7,31	10,59	11,84
EE (% BS)	2,07	2,19	3,38	1,12	2,32	3,18
FC (% BS)	10,39	12,26	12,89	10,74	12,56	12,62
CEN (% BS)	4,85	4,78	4,49	5,85	6,08	6,01

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 0.141 m² y con la información de la tabla 4 se calculó el rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca.

Al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.2) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos solo para el factor tipo de semilla pero no para el factor % de iluminación ni en la interacción de los factores evaluados entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$). A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor % de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron sorgo escobero que superó en 8.67% al rendimiento de maíz por metro cuadrado. En el factor % de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, numéricamente los mejores rendimientos por metro cuadrado se lograron con 10% de iluminación en la cámara oscura superando en 4.26% al tratamiento sin iluminación.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 6, los mejores resultados se lograron con sorgo escobero con 10% de iluminación en la cámara oscura (T5) superando en 3.77% al rendimiento (kg GH/m²) del tratamiento sin % de iluminación en la cámara oscura (T4). El menor rendimiento por metro cuadrado se obtuvo con el maíz que recibió 20% de iluminación en la cámara oscura (T6).

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

Tratamiento	Media
T5: Sorgo escobero con 10 % iluminac. C.O	13.697a
T4: Sorgo escobero sin % iluminac. C.O	13.183ab
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	12,913ab
T2: Maíz sin % iluminac. C.O	12,584ab
T1: Maíz con 10% iluminac. C.O	11.985 b
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	11.774 b

Las medias que no comparten una letra son significativamente 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 (Anexo 8.1, inciso b) se utilizó la información de aporte de GH/m² (TCO) de cada tratamiento vistos en el anexo 8.1, inciso a.

El análisis de varianza (Anexo 8.3) demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) solo a nivel del factor tipo de semilla pero no en el factor porcentaje de iluminación ni en la interacción de los factores evaluados.

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron sorgo escobero que superó en 15.90% al rendimiento de materia seca de maíz por metro cuadrado.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, numéricamente los mejores rendimientos de materia seca por metro cuadrado se lograron sin iluminación en la cámara oscura superando en 1.49% al tratamiento que recibió 10% de iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 7, los mejores resultados se lograron con sorgo escobero sin iluminación en la cámara oscura (T4) superando en 3.77% al rendimiento (kg GH/m²) del tratamiento que recibió 10% de iluminación en la cámara oscura (T5). El menor rendimiento por metro cuadrado se obtuvo con el maíz que recibió 20% de iluminación en la cámara oscura (T6).

Tabla 7. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Media
T4: Sorgo escobero sin % iluminac. C.O	2,923a
T5: Sorgo escobero con 10% iluminac. C.O	2,816a
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	2,771a
T2: Maíz con 10 % iluminac. C.O	2,461 b
T1: Maíz sin iluminac. C.O	2,435 b
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	2,261 b

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 (PC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 5 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 c y al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.4) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) solo a nivel del factor tipo de semilla y del factor porcentaje de iluminación pero no en la interacción de los factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con sorgo escobero que superó en 10.71% al rendimiento de proteína cruda de maíz por metro cuadrado.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mejor rendimiento de proteína por metro cuadrado se logró con 20% de iluminación en la cámara oscura

superando en 32.26% al tratamiento que no recibió iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 8, los mejores resultados se lograron con sorgo escobero con 20% de iluminación en la cámara oscura (T6) superando en 9.09% al rendimiento (PC/m²) del tratamiento que recibió 10% de iluminación en la cámara oscura (T5). El menor rendimiento por metro cuadrado se obtuvo con el maíz que no recibió iluminación en la cámara oscura (T1) con 0.20 kg. superando ligeramente el rendimiento de 0.19 kg de PC de GH de maíz/m² obtenido por Hernández (2013) pero por debajo del rendimiento obtenido por Pérez (2013) de 0.39 kg quien utilizó 3 kg/m² cosechando a los 18 días donde la superioridad estaría relacionada con el mayor contenido de maíz en la densidad de siembra.

Tabla 8. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escobero en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Media
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	0,328a
T5: Sorgo escobero con 10% iluminac. C.O	0,298ab
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	0.292 bc
T2: Maíz con 10 % iluminac. C.O	0.262 c
T4: Sorgo escobero sin iluminac. C.O	0.214 d
T1: Maíz sin iluminac. C.O	0.201 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 5 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 al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.5) no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p>0.05$) a nivel del factor simple tipo de semilla pero si a nivel del factor porcentaje de iluminación e interacción de los factores evaluados ($p<0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con sorgo escobero que superó en 3.23% al rendimiento de extracto etéreo de maíz por metro cuadrado.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mejor rendimiento de extracto etéreo por metro cuadrado se logró con 20% de iluminación en la cámara oscura superando en 50% al tratamiento que no recibió iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 9, los mejores resultados se lograron con sorgo escobero con 20% de iluminación en la cámara oscura (T6) superando en 13.64% al rendimiento (EE/m²) del tratamiento de maíz que recibió 20% de iluminación en la cámara oscura (T3) pero ambos superando los 0.06 kg de EE/m² de GH de maíz obtenido por Hernández (2013). El menor

rendimiento por metro cuadrado se obtuvo con el sorgo escobero que no recibió iluminación en la cámara oscura (T4) con 0.03 kg.

Tabla 9. 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
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	0,088a
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	0,076 b
T5: Sorgo con 10% iluminac. C.O	0.065 c
T2: Maíz con 10 % iluminac. C.O	0.054 d
T1: Maíz sin iluminac. C.O	0.050 d
T4: Sorgo escobero sin iluminac. C.O	0.033 e

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 (FC) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 5 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 8.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) a nivel de los factores simples tipo de semilla y porcentaje de iluminación pero no en la interacción de los factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con sorgo escobero que superó en 17.65% al rendimiento de fibra cruda de maíz por metro cuadrado.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mayor rendimiento de fibra cruda por metro cuadrado se logró con 10% de iluminación en la cámara oscura superando en 15.15% al tratamiento que no recibió iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 10, los mejores resultados se lograron con sorgo escobero con 10% de iluminación en la cámara oscura (T5) superando en 13.64% al rendimiento (FC/m²) del tratamiento de sorgo escobero que recibió 20% de iluminación en la cámara oscura (T6) pero ambos superando los 0.06 kg de EE/m² de GH de maíz obtenido por Hernández (2013). El menor rendimiento por metro cuadrado se obtuvo con el maíz que no recibió iluminación en la cámara oscura (T1) con 0.25 kg.

Tabla 10. 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
T5: Sorgo escobero con 10% iluminac. C.O	0,354a
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	0,349ab
T4: Sorgo escobero sin iluminac. C.O	0.314 bc
T2: Maíz con 10 % iluminac. C.O	0.302 c
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	0.291 c
T1: Maíz sin iluminac. C.O	0.253 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 (CEN) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de

la tabla 5 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 8.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) a nivel de los factores simples tipo de semilla y porcentaje de iluminación pero no en la interacción de los factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con sorgo escobero que superó en 35.29% al rendimiento de cenizas de maíz por metro cuadrado.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mayor rendimiento de cenizas por metro cuadrado se logró sin iluminación en la cámara oscura y con 10% de iluminación en la cámara oscura, no habiendo diferencias estadísticas entre ambos, pero superaron en 7.14% al tratamiento que recibió 20% de iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 11, los mejores resultados se lograron con todos los tratamientos con sorgo escobero entre los cuales no hubo diferencia estadística pero destacó el tratamiento de sorgo escobero con 10% de iluminación en la cámara oscura (T5) con 0.17 kg superando al rendimiento de cenizas en GH de maíz hallado por Hernández (2013) de 0.02 kg/m².

Tabla 11. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico de maíz y sorgo escovero por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Media
T5: Sorgo escovero con 10% iluminac. C.O	0,171a
T4: Sorgo escovero sin iluminac. C.O	0,171a
T6: Sorgo escovero con 20% iluminac. C.O	0.166a
T1: Maíz sin iluminac. C.O	0.118 b
T2: Maíz con 10% iluminac. C.O	0.117 bc
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	0.101 c

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

4.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escovero (*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 4, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de maíz procesada que se aprecia en presentado en el anexo 8.1 inciso g. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) a nivel de los factores simples tipo de semilla y porcentaje de iluminación pero no en la interacción de los factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con maíz que superó en 21.78% al rendimiento de GH de sorgo escobero por kg de semilla procesada.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mayor rendimiento de GH por kg de semilla se logró con 10% de iluminación en la cámara oscura y el menor rendimiento lo obtuvo el 20% de iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 11, los mejores resultados se lograron con todos los tratamientos con maíz entre los cuales no hubo diferencia estadística pero destacó el tratamiento de maíz con 10% de iluminación en la cámara oscura (T2) con 6.29 kg superando en 4.77% al rendimiento de maíz sin iluminación en la cámara oscura (T1) que rindió 5.99 kg superando al rendimiento en GH de maíz logrado por Hernández (2013) de 5.71 y Pérez de 5.98 Kg de GH/kg de semilla de maíz. Estos valores se hallan dentro del rango reportado por Tarrillo (2005) de 6 a 8 kg. . El menor rendimiento se obtuvo con sorgo escobero con 20% de iluminación en la cámara oscura con 4.61 kg de GH/kg de semilla procesada. pero superó el rendimiento de GH de sorgo reportado por Quiñones (2012) de 4.3 kg quien utilizó una densidad de siembra de 5 kg/m². Todos los rendimientos del presente estudio se hallan debajo del rango indicado por la FAO (2001) de 10 a 12 kg de GH/kg de semilla procesada.

Tabla 12. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Tratamiento	Media
T2: Maíz con 10% iluminac. C.O	6.292a
T1: Maíz sin iluminac. C.O	5.992a
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	5.887a
T5: Sorgo escobero con 10% iluminac. C.O	4.892 b
T4: Sorgo escobero sin iluminac. C.O	4.708 b
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	4.612 b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Para obtener el rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento se aplicaron los niveles de materia seca de cada uno, calculados en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Ingeniera Zootecnia, a cada bandeja de cada tratamiento. Los resultados se muestran en el anexo 8.1 inciso h. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.9) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) solo a nivel del factor simple tipo de semilla pero no en el factor simple porcentaje de iluminación en la cámara oscura ni entre la interacción de los factores evaluados ($p > 0.05$).

A nivel del factor tipo de semilla, independiente del factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, los mejores resultados se obtuvieron con maíz que superó en 15.13% al rendimiento de materia seca (MS) de sorgo escobero por kg de semilla procesada.

En el factor porcentaje de iluminación en cámara oscura, independiente del factor tipo de semilla, el mayor rendimiento de MS por kg de semilla se

logró con sin iluminación en la cámara oscura y el menor rendimiento lo obtuvo el 20% de iluminación en la cámara oscura.

A nivel de interacción de factores, que se aprecia en la tabla 13, los mejores rendimientos de materia seca se lograron con todos los tratamientos con maíz entre los cuales no hubo diferencia estadística pero destacó el tratamiento de maíz con 10% de iluminación en la cámara oscura (T2) con 1.23 kg superando ligeramente al del maíz sin iluminación en 1.06% (T1) que rindió 1.217 kg, valores que superan el rendimiento en GH de maíz logrado por Sinchiguano (2008) de 1.0 kg en Ecuador utilizando 17 días de proceso de producción. El menor rendimiento de MS/m² se obtuvo utilizando sorgo escobero con 20% de iluminación en la cámara oscura (T6) con 0.99 kg superando al rendimiento de MS de 0.65 kg de MS/kg de semilla reportado por Dávila (2016).

Tabla 13. Rendimiento de Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Tratamiento	Media
T2: Maíz con 10% iluminac. C.O	1.231a
T1: Maíz sin iluminac. C.O	1.218a
T3: Maíz con 20% iluminac. C.O	1.131ab
T5: Sorgo escobero con 10% iluminac. C.O	1.044 bc
T4: Sorgo escobero sin iluminac. C.O	1.005 bc
T6: Sorgo escobero con 20% iluminac. C.O	0.989 c

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.3 Evaluación de la temperatura y humedad relativa para la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*)

La información de temperaturas y humedad relativa registradas durante el periodo de producción del Germinado Hidropónico de maíz se aprecian en el anexo 8.10 pudiendo apreciarse que la temperatura promedio fue ligeramente superior en la torre que no contenía ningún porcentaje de iluminación en cámara oscura. El rango de temperatura se halla ligeramente por debajo del rango óptimo para el cultivo de maíz que es de 24°C a 30°C (Fassio et al., 1998).

Tabla 14. Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) en cada torre de germinado hidropónico según % de iluminación en la cámara oscura.

	T° promedio (°C)	H° relativa promedio (%)
Torre 0 %	23,50	81,11
Torre 10 %	23,18	80,31
Torre 20 %	23,17	80,36
Promedio	23,28	80,59

4.4. Análisis económico de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) asociado con sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento

Para evaluar económicamente el GH de maíz producido en el presente estudio se utilizó la estructura de costos de la empresa vallesol SAC (Anexo 8.12) con un costo de S/.1.30 el kg de maíz y S/.0.90 el kg de sorgo escobero. El agua fue valorada a S/.0.025 el litro y la mano de obra a S/. 3.125 la hora.

4.4.1 Costo de producción de un kg de Materia seca de GH de maíz y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) por tratamiento (TCO)

Para calcular el costo de 1 kg de Materia seca de GH de cada tratamiento se procedió a dividir el costo total de cada uno entre su rendimiento total de materia seca de cada uno. Entre tratamientos el menor costo por kilogramo

de materia seca se obtuvo con sorgo escobero sin porcentaje de iluminación en la cámara oscura (T4) pero dentro de tratamientos a nivel de maíz el costo de kg de materia seca más económico se logró con maíz que recibió 10% de iluminación en la cámara oscura (T2) y entre los tratamientos con sorgo escobero el costo más barato se obtuvo sin porcentaje de iluminación en la cámara oscura.

Tabla 15. Costo de 1 kg de GH en base fresca y kg de MS de GH de maíz y sorgo escobero por tratamiento (S/.)

Tratamiento	Costo/Kg MS
T1	4,42
T2	4,38
T3	4,76
T4	3,42
T5	3,55
T6	3,60

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El porcentaje de iluminación en la cámara oscura influye en la producción y valor nutricional de Germinado Hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*) en Lambayeque.
2. El mayor rendimiento nutricional por metro cuadrado de GH de maíz se logró con 10% de iluminación en la cámara oscura y en el GH de sorgo Escobero se logró con 20% de iluminación en la cámara oscura.
3. El mayor rendimiento de materia seca (MS) de GH/kg de semilla procesada de maíz se logró con 10% de iluminación en la cámara oscura y en el GH de sorgo Escobero se logró sin iluminación en la cámara oscura.
4. El menor costo de producción por kilogramo de materia seca de GH de maíz se logró con 10% de iluminación en la cámara oscura y en el GH de sorgo Escobero se logró sin iluminación en la cámara oscura.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Evaluar los mismos tratamientos en otras épocas del año.
2. Evaluar los tratamientos estudiados con soluciones hidropónicas A y B en el agua de riego.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocse de Lambayeque del 27 de noviembre al 12 de Diciembre de 2015 y tuvo como objetivo: Determinar cuál es el porcentaje óptimo de iluminación en la cámara oscura para optimizar la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*Sorghum vulgare*). Para lograrlo se implementaron seis tratamientos: T1: Germinado Hidropónico de maíz sin iluminación; T2: Germinado Hidropónico de maíz con 10% de iluminación en la cámara oscura; T3: Germinado Hidropónico de maíz con 20% de iluminación en la cámara oscura; T4: Germinado Hidropónico de sorgo escobero sin iluminación en la cámara oscura; T5: Germinado Hidropónico de sorgo escobero con 10% de iluminación en la cámara oscura y T6: Germinado Hidropónico de maíz con 20% de iluminación en la cámara oscura. se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 con 8 repeticiones por tratamiento. No se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) pero si diferencias numéricas. En maíz los mejores rendimientos nutricionales por metro cuadrado, kg de MS/kg de semilla y menor costo se lograron con 10% de iluminación en la cámara oscura y en sorgo escobero los mejores rendimientos por metro cuadrado se lograron con 20% de iluminación en la cámara oscura y la mejor productividad de MS/kg de semilla y menor costo se lograron sin iluminación en la cámara oscura.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Contreras, J.; Tunque, M.; Cordero, A. 2015. Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados. Rev. investig. vet. Perú. En línea. vol.26, n.1. Visitado el 3 de Agosto de 2016. [Disponible en:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172015000100002&script=sci_arttext]
- 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>
- Dávila, L. 2016. Asociación de maíz (*Zea mays*) y sorgo escobero (*sorgum 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. 54 p.
- Díaz, S. 2007. Evaluación de producción, crecimiento y calidad de forraje verde hidropónico (*Sorghum vulgare* Sudangrass Hybrid) en diferentes Mezclas de Soluciones Nutritivas Orgánicas. Tesis. División regional de ciencia animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México. (En línea). Consultado el 1 de abril de 2016. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6021/T16495%20%20%20D%C3%8DAZ%20GONZ%C3%81LEZ,%20SERGIO%20FRANCISCO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Domínguez, E. 2012. Determinación del valor nutricional del forraje verde hidropónico derivado del sorgo escobero (mijo) en condiciones de ausencia y presencia de fertilizante. Tesis. División regional de ciencia animal. Unidad Laguna. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México. (En línea). Consultado el 1 de abril de 2016. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3357/EMMANUEL%20DOMINGUEZ%20ESCORCIA.pdf?sequence=1>
- Esquivel, Y. 2012. Bio control de Salmonella durante la producción hidropónica de germinado de alfalfa. Tesis. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. En línea. Visitado el 8 de marzo de 2015. Disponible en <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/655/1/RI000268.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2001. Manuel técnico forraje verde hidropónico (en línea). Consultado 27 mar. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ah472s.pdf>

- Fassio, A.; Carriquiry, A.; Tojo, C.; Romero, R. (1998). Maíz. Aspectos sobre fenología. En línea. Visitado el 30 de marzo de 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135855.pdf>
- Gil, V. 2007. Producción competitiva de cuyes I. Cusco. PE. Edmundo Pantigozo. 174 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.
- Levrero, J.; Gigli, N.; Sánchez, A. 2014. Forraje verde hidropónico. Alternativa en el engorde de corderos. 15º curso internacional de hidroponía. 11-14 agosto. Lima Perú.
- Moyano, L.; Sánchez, H. 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. (En línea). Consultado 15 mar. 2015. Disponible en <http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/Comportamientodelaproteinadeforrajeverdehidroponicoenfunciondeltiempodecosecha.pdf>
- Pérez, K. 2013. Densidad de siembra y tiempo óptimo de cosecha de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 60 p.
- Pichilingüe, C. 1994. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empadre, gestación y lactación. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. 107 p.

- Quiñones, E. 2012. Producción de Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mays*) 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.
- 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, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.

VIII. ANEXOS

8.1. PRODUCCION POR METRO CUADRADO

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

Bandeja	Maiz			Sorgo		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	11,79	14,24	11,54	13,92	13,74	13,10
B2	14,45	12,57	11,52	13,71	15,13	12,75
B3	10,55	12,54	11,68	12,82	13,46	13,46
B4	10,05	11,86	11,51	11,72	14,45	14,24
B5	13,00	12,46	14,17	13,10	13,85	12,50
B6	10,87	12,43	11,54	12,61	11,38	12,86
B7	12,86	12,68	10,62	13,53	13,74	12,75
B8	12,32	11,90	11,61	14,06	13,81	11,65
Total/tratamiento	95,88	100,67	94,19	105,47	109,57	103,30
Promedio	11,99	12,58	11,77	13,18	13,70	12,91

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	2,40	2,78	2,22	3,09	2,83	2,81
B2	2,94	2,46	2,21	3,04	3,11	2,74
B3	2,14	2,45	2,24	2,84	2,77	2,89
B4	2,04	2,32	2,21	2,60	2,97	3,06
B5	2,64	2,44	2,72	2,91	2,85	2,68
B6	2,21	2,43	2,22	2,80	2,34	2,76
B7	2,61	2,48	2,04	3,00	2,83	2,74
B8	2,50	2,33	2,23	3,12	2,84	2,50
Total/tratamiento	19,48	19,69	18,09	23,39	22,53	22,17
Promedio	2,44	2,46	2,26	2,92	2,82	2,77

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0,20	0,30	0,29	0,23	0,30	0,33
B2	0,24	0,26	0,29	0,22	0,33	0,32
B3	0,18	0,26	0,29	0,21	0,29	0,34
B4	0,17	0,25	0,29	0,19	0,31	0,36
B5	0,22	0,26	0,35	0,21	0,30	0,32
B6	0,18	0,26	0,29	0,20	0,25	0,33
B7	0,22	0,26	0,26	0,22	0,30	0,32
B8	0,21	0,25	0,29	0,23	0,30	0,30
Total/tratamiento	1,61	2,10	2,34	1,71	2,39	2,62
Promedio	0,20	0,26	0,29	0,21	0,30	0,33

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0,050	0,061	0,075	0,035	0,066	0,090
B2	0,061	0,054	0,075	0,034	0,072	0,087
B3	0,044	0,054	0,076	0,032	0,064	0,092
B4	0,042	0,051	0,075	0,029	0,069	0,097
B5	0,055	0,053	0,092	0,033	0,066	0,085
B6	0,046	0,053	0,075	0,031	0,054	0,088
B7	0,054	0,054	0,069	0,034	0,066	0,087
B8	0,052	0,051	0,075	0,035	0,066	0,080
Total/tratamiento	0,40	0,43	0,61	0,26	0,52	0,71
Promedio	0,05	0,05	0,08	0,03	0,07	0,09

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0,25	0,34	0,29	0,33	0,35	0,35
B2	0,31	0,30	0,29	0,33	0,39	0,35
B3	0,22	0,30	0,29	0,31	0,35	0,36
B4	0,21	0,28	0,28	0,28	0,37	0,39
B5	0,27	0,30	0,35	0,31	0,36	0,34
B6	0,23	0,30	0,29	0,30	0,29	0,35
B7	0,27	0,30	0,26	0,32	0,35	0,35
B8	0,26	0,29	0,29	0,33	0,36	0,32
Total/tratamiento	2,02	2,41	2,33	2,51	2,83	2,80
Promedio	0,25	0,30	0,29	0,31	0,35	0,35

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0,12	0,13	0,10	0,18	0,17	0,17
B2	0,14	0,12	0,10	0,18	0,19	0,16
B3	0,10	0,12	0,10	0,17	0,17	0,17
B4	0,10	0,11	0,10	0,15	0,18	0,18
B5	0,13	0,12	0,12	0,17	0,17	0,16
B6	0,11	0,12	0,10	0,16	0,14	0,17
B7	0,13	0,12	0,09	0,18	0,17	0,16
B8	0,12	0,11	0,10	0,18	0,17	0,15
Total/tratamiento	0,95	0,94	0,81	1,37	1,37	1,33
Promedio	0,12	0,12	0,10	0,17	0,17	0,17

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	5,89	7,12	5,77	4,97	4,91	4,68
B 2	7,23	6,29	5,76	4,90	5,40	4,55
B 3	5,27	6,27	5,84	4,58	4,81	4,81
B 4	5,02	5,93	5,75	4,19	5,16	5,09
B 5	6,50	6,23	7,08	4,68	4,95	4,46
B 6	5,43	6,21	5,77	4,50	4,07	4,59
B 7	6,43	6,34	5,31	4,83	4,91	4,55
B 8	6,16	5,95	5,81	5,02	4,93	4,16
Total/tratamiento	47,94	50,34	47,10	37,67	39,13	36,89
Promedio	5,99	6,29	5,89	4,71	4,89	4,61

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	1,20	1,39	1,11	1,10	1,01	1,00
B 2	1,47	1,23	1,11	1,09	1,11	0,98
B 3	1,07	1,23	1,12	1,02	0,99	1,03
B 4	1,02	1,16	1,11	0,93	1,06	1,09
B 5	1,32	1,22	1,36	1,04	1,02	0,96
B 6	1,10	1,22	1,11	1,00	0,84	0,99
B 7	1,31	1,24	1,02	1,07	1,01	0,98
B 8	1,25	1,16	1,12	1,11	1,01	0,89
Total/tratamiento	9,74	9,84	9,05	8,35	8,05	7,92
Promedio	1,22	1,23	1,13	1,04	1,01	0,99

8.2 ANAVA producción de GH/m² (TCO)

Análisis de varianza para GH/m² (TCO), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	15,869	15,869	15,869	15,67	0,000
% iluminación	2	5,349	5,349	2,675	2,64	0,083
Semilla*% iluminación	2	0,016	0,016	0,008	0,01	0,992
Error	42	42,544	42,544	1,013		
Total	47	63,778				

S = 1,00646 R-cuad. = 33,29% R-cuad.(ajustado) = 25,35%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0% para GH/M2 (TCO)

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	13,2644	A
Maíz	24	12,1144	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)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,1	16	13,1405	A
0,0	16	12,5843	A
0,2	16	12,3433	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.3 ANOVA Rendimiento MS/m² (TCO)

Análisis de varianza para MS/m² (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	2,43854	2,43854	2,43854	57,74	0,000
% iluminación	2	0,23069	0,23069	0,11535	2,73	0,077
Semilla*% iluminación	2	0,05584	0,05584	0,02792	0,66	0,522
Error	42	1,77365	1,77365	0,04223		
Total	47	4,49872				

S = 0,205499 R-cuad. = 60,57% R-cuad.(ajustado) = 55,88%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	2,8369	A
Maíz	24	2,3861	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/m² (BS)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,0	16	2,6794	A
0,1	16	2,6388	A
0,2	16	2,5163	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.4 ANAVA Rendimiento PC/m² (BS)

Análisis de varianza para PC/m² (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	0,009562	0,009562	0,009562	22,40	0,000
% iluminación	2	0,088732	0,088732	0,044366	103,94	0,000
Semilla*% iluminación	2	0,001514	0,001514	0,000757	1,77	0,182
Error	42	0,017928	0,017928	0,000427		
Total	47	0,117735				

S = 0,0206603 R-cuad. = 84,77% R-cuad.(ajustado) = 82,96%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	0,2801	A
Maíz	24	0,2519	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/m² (BS)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,2	16	0,3100	A
0,1	16	0,2802	B
0,0	16	0,2077	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.5 ANAVA Rendimiento EE/m² (BS)

Análisis de varianza para EE/m² (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	0,0000433	0,0000433	0,0000433	1,75	0,193
% iluminación	2	0,0133974	0,0133974	0,0066987	270,53	0,000
Semilla*% iluminación	2	0,0022899	0,0022899	0,0011449	46,24	0,000
Error	42	0,0010400	0,0010400	0,0000248		
Total	47	0,0167706				

S = 0,00497613 R-cuad. = 93,80% R-cuad.(ajustado) = 93,06%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	0,0621	A
Maíz	24	0,0602	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 EE/m² (BS)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,2	16	0,0824	A
0,1	16	0,0596	B
0,0	16	0,0416	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.6 ANAVA rendimiento FC/m² (BS)

Análisis de varianza para FC/m² (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	0,038907	0,038907	0,038907	67,75	0,000
% iluminación	2	0,018038	0,018038	0,009019	15,70	0,000
Semilla*% iluminación	2	0,000158	0,000158	0,000079	0,14	0,872
Error	42	0,024120	0,024120	0,000574		
Total	47	0,081223				

S = 0,0239645 R-cuad. = 70,30% R-cuad.(ajustado) = 66,77%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	0,3390	A
Maíz	24	0,2821	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)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,1	16	0,3277	A
0,2	16	0,3205	A
0,0	16	0,2835	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.7 ANAVA rendimiento Cenizas/m² (BS)

Análisis de varianza para CEN/m2 (BS), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	0,0391151	0,0391151	0,0391151	329,67	0,000
% iluminación	2	0,0011866	0,0011866	0,0005933	5,00	0,011
Semilla*% iluminación	2	0,0003704	0,0003704	0,0001852	1,56	0,222
Error	42	0,0049832	0,0049832	0,0001186		
Total	47	0,0456553				

S = 0,0108926 R-cuad. = 89,09% R-cuad.(ajustado) = 87,79%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Sorgo escobero	24	0,1695	A
Maíz	24	0,1124	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/m2 (BS)

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,0	16	0,1445	A
0,1	16	0,1445	A
0,2	16	0,1340	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

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

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	20,9064	20,9064	20,9064	101,65	0,000
% iluminación	2	0,9916	0,9916	0,4958	2,41	0,102
Semilla*% iluminación	2	0,0391	0,0391	0,0195	0,10	0,910
Error	42	8,6384	8,6384	0,2057		
Total	47	30,5754				

S = 0,453515 R-cuad. = 71,75% R-cuad.(ajustado) = 68,38%

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Maíz	24	6,0572	A
Sorgo escobero	24	4,7373	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

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,1	16	5,5919	A
0,0	16	5,3505	A
0,2	16	5,2493	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.9 ANAVA rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada

Análisis de varianza para kg MS/Kg semilla, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Semilla	1	0,388249	0,388249	0,388249	46,13	0,000
% iluminación	2	0,045444	0,045444	0,022722	2,70	0,079
Semilla*% iluminación	2	0,014220	0,014220	0,007110	0,84	0,437
Error	42	0,353492	0,353492	0,008416		
Total	47	0,801405				
S = 0,0917414 R-cuad. = 55,89% R-cuad.(ajustado) = 50,64%						

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

Semilla	N	Media	Agrupación
Maíz	24	1,1930	A
Sorgo escobero	24	1,0132	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

% iluminación	N	Media	Agrupación
0,0	16	1,1309	A
0,1	16	1,1182	A
0,2	16	1,0602	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.10 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) en etapa de Producción

DIA	FECHA	HORA QUE SE MIDIO LA T° Y H° DE CADA TORRE.	TORRE 0% DE ILUMINACION		TORRE 10% DE ILUMINACION		TORRE 20% DE ILUMINACION	
			T°	H°	T°	H°	T°	H°
1	27/11/2015	12:00 AM	25,2	76	25,2	76	25,1	76
		6:30 PM	20,6	79	20,4	78	20,4	78
2	28/11/2015	6:30 AM	21,1	81	20	79	19,6	80
		12:00 AM	25,2	79	25	79	25,1	79
		6:30 PM	20,8	77	19,6	77	19,4	77
3	29/11/2015	6:30 AM	21,3	83	19,8	82	19,5	82
		12:00 AM	25,4	77	25,1	77	25,2	77
		6:30 PM	22,4	75	22,3	74	22,3	74
4	30/11/2015	6:30 AM	22,6	80	21	78	21,1	78
		12:00 AM	26,8	75	26,1	72	26,4	72
		6:30 PM	23	74	22,7	74	22,7	74
5	01/12/2015	6:30 AM	19,7	84	19,5	82	19,4	83
		12:00 AM	24,3	79	23,7	77	23,7	77
		6:30 PM	21,4	78	21,1	77	21,2	77
6	02/12/2015	6:30 AM	21,2	86	20,9	86	21	86
		12:00 AM	27	76	26,8	76	26,7	76
		6:30 PM	22,3	73	22	72	22	72
7	03/12/2015	6:30 AM	20,8	87	20,8	85	20,7	85
		12:00 AM	25,1	81	24,8	81	24,7	81
		6:30 PM	22,2	78	22	78	22,1	78
8	04/12/2015	6:30 AM	21,8	84	21,6	83	21,6	83
		12:00 AM	26,7	86	26,5	86	26,7	86
		6:30 PM	23,3	81	23	80	23	80
9	05/12/2015	6:30 AM	21,2	86	21	85	21	85
		12:00 AM	27,2	84	27	83	27	83
		6:30 PM	23,2	87	22,9	87	22,9	87
10	06/12/2015	6:30 AM	21,9	83	21,7	82	21,6	82
		12:00 AM	26,4	84	26,3	84	26,3	84
		6:30 PM	22,3	79	22,1	78	22,1	78
11	07/12/2015	6:30 AM	23	85	22,8	83	22,9	83
		12:00 AM	26,7	81	26,7	81	26,7	81
		6:30 PM	23,5	78	23,2	78	23,2	78
12	08/12/2015	6:30 AM	21,8	86	21,8	84	21,8	84
		12:00 AM	27,1	82	26,9	82	26,8	82
		6:30 PM	22,8	84	22,6	84	22,6	84

13	09/12/2015	6:30 AM	22,3	88	22,1	85	22,2	85
		12:00 AM	25,9	84	25,7	84	25,7	84
		6:30 PM	22,5	77	22,1	76	22,1	77
14	10/12/2015	6:30 AM	23,4	86	23,1	85	23,1	85
		12:00 AM	26,8	79	26,5	79	26,5	79
		6:30 PM	24	81	23,9	81	23,7	81
15	11/12/2015	6:30 AM	21,8	78	21,8	77	21,8	77
		12:00 AM	27,3	80	27,1	80	27,1	79
		6:30 PM	23	86	22,8	84	22,7	84
16	12/12/2015	6:30 AM	23,3	83	23,1	83	23,1	83
		Media	23,50	81,11	23,18	80,31	23,17	80,36
		Desviación. Estándar	2,17	3,97	2,27	3,90	2,31	3,89

8.11 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de maíz de T2.

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACIÓN (3 días)					
	Maiz	Kg.	2,25	1,30	2,93
	Agua	L	9,17	0,10	0,92
	Lejía	L	0,008	1,90	0,02
	Mano de obra	Horas	0,79	3,13	2,46
	Sub Total				6,32
GERMINACION (5 días)					
	Agua	L	16,20	0,10	1,62
	Mano de obra	Horas	0,29	3,13	0,89
	Sub Total				2,51
PRODUCCION (7 días)					
	Agua	L	21,60	0,10	2,16
	Mano de Obra	Horas	0,33	3,00	1,00
	Sub Total				3,16

Costo de producción por tratamiento (S/)	12,00
Rendimiento/tratamiento (Kg)	2,77
Costo de 1 Kg de Germinado Hidropónico	4,33
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de Materia Seca de GH de maíz	4,38

8.12 Estructura de costos de un kg de materia seca de GH de sorgo escobero (Sorghum vulgare) aplicado a T4.

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
Sorgo escobero	Kg.	2,25	0,90	2,03
Agua	L	9,17	0,10	0,92
Lejía	L	0,008	1,90	0,02
Mano de obra	Horas	0,79	3,13	2,46
Sub Total				5,42
Agua	L	16,20	0,10	1,62
Mano de obra	Horas	0,29	3,13	0,89
Sub Total				2,51
Agua	L	21,60	0,10	2,16
Mano de Obra	Horas	0,33	3,00	1,00
Sub Total				3,16

Costo de producción por tratamiento (S/)	11,09
Rendimiento/tratamiento (Kg)	3,29
Costo de 1 Kg de Germinado Hidropónico	3,37
Costo de depreciación/kg	0,05
Costo Total de 1 Kg. de Materia Seca de GH de sorgo	3,42