

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



**PERIODO DE OSCURIDAD Y
TIEMPO DE COSECHA PARA
OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO
NUTRICIONAL DE GERMINADO
HIDROPONICO DE MAIZ (*Zea
mays*) EN LAMBAYEQUE**

TESIS

Presentada como requisito
Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. CHIMOY ASALDE RONALD EDWIN

**Lambayeque - Perú
2015**



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

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



**PERIODO DE OSCURIDAD Y
TIEMPO DE COSECHA PARA
OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO
NUTRICIONAL DE GERMINADO
HIDROPONICO DE MAIZ (*Zea
mays*) EN LAMBAYEQUE**

TESIS

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

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. CHIMOY ASALDE RONALD EDWIN

Lambayeque — Perú

2015

**PERIODO DE OSCURIDAD Y TIEMPO DE COSECHA PARA OPTIMIZAR
EL RENDIMIENTO NUTRICIONAL DE GERMINADO HIDROPONICO DE
MAIZ (*Zea mays*) EN LAMBAYEQUE**

TESIS

Presentada como requisito Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR BACH. CHIMOY ASALDE RONALD EDWIN

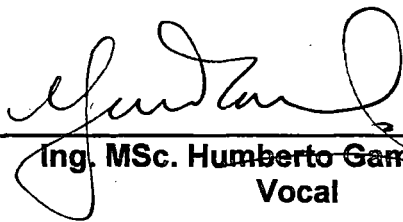
Aprobada por el siguiente jurado



Ing. MSc. Francis Villena Rodríguez
Presidente



Ing. MSc. Guerrero Quijano Jorge A.
Secretario



Ing. MSc. Humberto Gamonal Cruz
Vocal



Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez
Patrocinador

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más.

A todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, que me enseñaron tanto de la profesión y como de la vida, impulsándome siempre a seguir adelante.

Gracias.

DEDICATORIA

A Dios.

Por brindarme salud para seguir logrando mis objetivos y derramar bendiciones a mi familia.

A mi Madre Juana L. Asalde S.

Por apoyarme en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante, pero más que nada, por su amor.

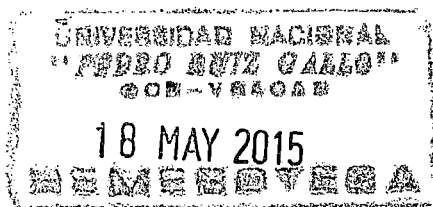
A mi Padre Antonino Chimoy T.

Por sus ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracteriza, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis Hermanos Analí y Rogger.

Por estar conmigo, por apoyarme siempre y que vean en mí un ejemplo a seguir.

...todo esto se los debo a ustedes.



CONTENIDO	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1. Germinación de las semillas	2
2.2. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo	7
2.3. Forrajes en cultivo hidropónico	9
2.4. Proceso de producción de forraje verde hidropónico	11
2.5. Ventajas de los cultivos hidropónicos	14
2.6. Desventajas de los cultivos hidropónicos	19
2.7. Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH	19
2.8. Valor nutricional de germinado hidropónico	20
2.9. Diseño experimental	22
III. MATERIAL Y METODOS	23
3.1. Lugar de Ejecución y Duración del Experimento	23
3.2. Tratamientos Evaluados	23
3.3. Material y Equipo Experimental	24
3.3.1. Semilla de maíz	24
3.3.2. Instalaciones y Equipo	24
3.4. Metodología Experimental	24
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis	24
3.4.2. Técnicas Experimentales	25
3.4.3. Variables Evaluadas	27
3.4.4. Análisis Estadístico	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1. Análisis de producción de germinado hidropónico (GH) de maíz (<i>Zea mays</i>) por tratamiento.	29

4.1.1. Producción de germinado hidropónico (GH) por bandeja (TCO).	29
4.1.2. Producción de germinado hidropónico (GH) por metro cuadrado (TCO).	29
4.1.2.1. Rendimiento de Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN) de germinado hidropónico (GH) de maíz (Zea mays) por metro cuadrado en base seca (BS).	31
A. Rendimiento de materia seca (MS) por metro cuadrado.	31
B. Rendimiento de proteína cruda (PC) por metro cuadrado	32
C. Rendimiento de fibra cruda (FC) por metro cuadrado	34
D. Rendimiento de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado	35
E. Rendimiento de cenizas (CEN) por metro cuadrado.	36
4.2. Análisis de altura de planta	38
4.2.1 Análisis de altura de colchón de raíz de GH de maíz	38
4.2.2 Análisis de la altura de tallo de GH de maíz	39
4.2.3 Análisis de altura de planta completa de GH de maíz.	40
4.3. Análisis de productividad de germinado hidropónico (GH) por kilogramo de semilla procesada.	42
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. CONCLUSIONES	44
5.2 RECOMENDACIONES	44
VI. RESUMEN	45
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	46
VIII. ANEXOS	49
1. Análisis de varianza para Biomasa/m ² (TCO), utilizando SC ajustada para pruebas	49
1.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m ² TCO	49
1.2 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m ² TCO	49
1.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m ² TCO	49
2. Análisis de varianza para materia seca/m ² , utilizando SC ajustada para pruebas	50
2.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para materia seca/m ²	50

2.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para materia seca/m ²	50
2.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para materia seca/m ²	50
3. Análisis de varianza para PC/m ² , utilizando SC ajustada para pruebas	51
3.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para PC/m ²	51
3.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para PC/m ²	51
3.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para PC/m ²	51
4. Análisis de varianza para FC/m ² , utilizando SC ajustada para pruebas	52
4.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para FC/m ²	52
4.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para FC/m ²	52
4.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para FC/m ²	52
5. Análisis de varianza para Cen/m ² , utilizando SC ajustada para pruebas	53
5.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Cen/m ²	53
5.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para Cen/m ²	53
5.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para Cen/m ²	53
6. Análisis de varianza para EE/m ² , utilizando SC ajustada para pruebas	54
6.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para EE/m ²	54
6.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para EE/m ²	54
6.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para EE/m ²	54
7. Análisis de varianza para Rdto/Kg., utilizando SC ajustada para pruebas	55
7.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Rdto/Kg	55
7.2 Prueba de Tukey aplicado al factor tiempo de cosecha para Rdto/Kg	55
7.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para Rdto/Kg	55
8. Análisis de varianza para altura de cama raíz, utilizando SC ajustada para pruebas	56
8.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura cama raíz	56
8.2 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura cama raíz	56
8.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura cama	56

raíz

9. Análisis de varianza para altura de talló, utilizando SC ajustada para pruebas	57
9.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura de tallo	57
9.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para altura de tallo	57
9.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura de tallo.	57
10. Análisis de varianza para Altura planta completa, utilizando SC ajustada para pruebas	58
10.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura de planta completa	58
10.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para altura de planta completa	58
10.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura de planta completa	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo	15
Cuadro 2. Peso promedio de germinado hidropónico (GH) por bandeja de cada tratamiento a la cosecha (Kg).	29
Cuadro 3. Producción de germinado hidropónico de maíz en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	30
Cuadro 4. Análisis de composición química de germinado hidropónico de maíz (Zea mays)	31
Cuadro 5. Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	32
Cuadro 6. Producción de proteína cruda (PC) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	33
Cuadro 7. Producción de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	35
Cuadro 8. Producción de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	36
Cuadro 9. Producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	38
Cuadro 10. Altura de colchón de raíz de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).	39

Cuadro 11. Altura de tallo de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).	40
Cuadro 12. Altura de planta completa de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).	41
Cuadro 13. Rendimiento promedio de germinado hidropónico de maíz por kilogramo de semilla procesada para la interacción periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).	43

I. INTRODUCCION

La producción hidropónica de maíz (*zea mays*) debe considerarse como alternativa de producción de biomasa para la alimentación animal debido a sus ventajas de índole nutricional, disponibilidad de semilla y reducida demanda de agua para su producción.

La producción hidropónica es el resultado de la interacción de factores que actúan sobre la semilla, como el periodo de oscuridad en la etapa de germinación de la semilla y tiempo de cosecha en la etapa de producción, siendo necesario definir con investigaciones, parámetros propios de manejo que permitan optimizar la producción de maíz hidropónico en Lambayeque, por lo que cabe preguntarse ¿Cuál es el periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para optimizar el rendimiento nutricional de germinado hidropónico de maíz (*zea mays*) en Lambayeque?.

El objetivo planteado en el presente estudio fue:

- Determinar el periodo de oscuridad y tiempo de cosecha óptimos para la mayor producción y concentración nutricional de germinado hidropónico de maíz en Lambayeque.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Germinación de las semillas

MORENO (1967) manifiesta que las semillas por lo general germinan bajo tierra y esto establece como regla de que la luz no es necesaria para la germinación de las semillas en la mayoría de las plantas. Sin embargo hay casos en que la luz influye en la germinación de las semillas.

COURTIS (2013) indica que la germinación es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula. Para la germinación de una semilla deben cumplirse tres condiciones de acuerdo a Hartman y Kester, que el embrión sea viable (que esté vivo), que los factores externos sean favorables y que no presente factores internos que impidan la germinación, la cual comprende cuatro etapas principales: 1. La imbibición de agua: la cantidad de agua absorbida por las diferentes especies depende del tipo de sustancias de reserva que contengan, aquellas con endosperma amiláceo tienen un grado de hidratación menor que las que presentan endosperma proteico, altamente hidratable. El agua penetra a través de los tegumentos, la micrópila, la lente (estrofiolo), las paredes y las membranas celulares y se liga por uniones de hidrógeno a los coloides y otras sustancias eléctricamente cargadas.

Al inicio el ingreso de agua es rápido. Las macromoléculas y estructuras se rehidratan y recuperan sus formas funcionales, durante este periodo, los solutos de bajo peso molecular pueden perderse desde la semillas. El ingreso

de agua en una semilla tiene tres fases o etapas: una fase I rápida inicial, una fase II meseta y una fase III rápida, que se corresponde con el periodo de elongación del embrión o de la radícula; 2. La síntesis y activación de los sistemas enzimáticos: En esta fase ocurren dos fenómenos fundamentales para la germinación. El primero es la reactivación de las enzimas, inactivadas por la extrema desecación y, el segundo, la síntesis de otras inexistentes. Para iniciar el crecimiento del embrión las reservas de la semilla se movilizan, convertidas de la forma insoluble a la soluble, o a formas derivadas transportable y/o metabolizables. Durante la germinación, se producen enzimas como amilasas y maltasas que romperán el endosperma amiláceo a glucosa. Estas enzimas son producidas en la capa de aleurona que rodea al endosperma. Las experiencias realizadas demuestran que el embrión sintetiza Giberelinas que desatan este proceso. Si el embrión se remueve de las semillas la degradación del endospermo no se produce aún bajo largos periodos de incubación. En los cotiledones de las semillas que almacenan lípidos, los ácidos grasos son liberados de los cuerpos lipídicos por lipoxigenasas, entran en los glioxisomas (pequeños organelos) donde sucesivos ciclos de oxidación generan acetyl-coA, que será usada para formar succinato en el ciclo del glioxilato. Este ácido orgánico ingresa a la mitocondria y al ciclo de Krebs. El oxalacetato obtenido del ciclo de los ácidos tricarboxílicos actuará posteriormente como sustrato para la síntesis de sacarosa. Los estudios en granos de cereales han demostrado que el control de las enzimas que intervienen en la movilización de las reservas de las semillas es ejercido por el embrión. Si se elimina el embrión la degradación de

las sustancias del endospermo no se produce. Las Gas desempeñan un papel muy importante en la germinación mediante la inducción de la síntesis de α -amilasa y su posterior secreción desde las capas aleuronales al endospermo. Este proceso es inhibido por el ABA. 3. Degradación de las sustancias de reserva: las enzimas degradan las reservas de la semilla y ponen a disposición del embrión no sólo los nutrientes, sino también energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos solubilizados. Es así como los hidratos de carbono insolubles (almidón, inulina) son degradados por hidrolasas a monosacáridos solubles, como la glucosa, fructosa, etc. Los triglicéridos, principales lípidos de reserva de muchas leguminosas, son degradados en tres orgánulos: cuerpos lipídicos, mitocondrias y glioxisomas, son descompuestos a glicerol y ácidos grasos. Las proteínas de reserva son hidrolizadas a aminoácidos por proteinasas. En los cereales y otras gramíneas, las proteínas de reserva se encuentran en forma de cuerpos proteicos en la capa de aleurona y en menor cantidad, en el endospermo y 4. Elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula: Al final de la fase III, el embrión dispone de suficientes nutrientes para crecer normalmente. Todos los productos de la hidrólisis nutren al embrión, para el inicio de su crecimiento.

Se puede considerar dos tipos de factores que afectan la germinación de las semillas: factores extrínsecos y factores intrínsecos. Entre los factores externos se encuentran: agua; gases; temperatura y luz y entre los internos se pueden citar: embriones fisiológicamente inmaduros; inhibidores; presencia de tegumentos duros; viabilidad de las semillas, que es el periodo durante el cual

las semillas conservan su capacidad para germinar y que es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tipo de semilla; su longevidad, es decir, el tiempo que pueden permanecer viables; presencia de fitocromos; embriones rudimentarios; embriones anatómicamente inmaduros.

ROYAL TASMANIAN GARDEN (2009) manifiesta que las semillas de muchas especies germinan igual de bien en la luz y la oscuridad. Se han encontrado otros a germinar a porcentajes superiores a la luz, mientras que una proporción menor germinan mejor en la oscuridad. Los estudios han demostrado que las semillas pequeñas a menudo requieren luz para la germinación, mientras que las semillas grandes suelen ser indiferentes a su exposición a la luz.

DOXON (2010) dice que la relación entre la luz y el crecimiento de las plantas es compleja. Algunas semillas germinan sólo a la luz, algunas en la oscuridad y en algunos casos, la exigencia de luz está relacionada con la temperatura. Una vez que la planta comienza a crecer, requiere un poco de luz, pero no es una cantidad determinada para todas las plantas. Pudiendo deducir lo que probablemente necesite una semilla en función del lugar en el que crece naturalmente. Algunas semillas necesitan exposición a una determinada cantidad de iluminación directa antes de germinar. Un breve período de luz brillante es lo mismo que un período más largo de niveles inferiores de luz. Otras tienen requerimientos más específicos de luz. Algunas incluso son

sensibles a una longitud de onda. Como norma general, las semillas pequeñas necesitan luz para germinar. Algunas semillas son sensibles a la combinación de luz y la temperatura de germinación como las plantas alpinas como la *Primuladenticulata*. Si la temperatura es cálida, las semillas germinan con cualquier tipo de luz. Sin embargo, si la temperatura es más fría de lo que se requiere para la germinación, las semillas brotarán si hay suficiente luz. La luz adicional rompe la latencia de las semillas, asegurando que la planta tendrá tiempo para madurar antes de que el breve período de crecimiento de la planta se acabe.

Algunas semillas necesitan oscuridad para germinar. Estas son generalmente grandes semillas con finas capas, aunque existen excepciones. Los guisantes requieren oscuridad. Un menor número de semillas requieren oscuridad que aquellas que requieren luz. Estas semillas se deberían plantar más profundamente cuando se siembran o si se siembran en una bandeja de semillas deberían estar cubiertas con algo que las mantenga alejada de la luz hasta que las semillas hayan germinado. Una vez que las semillas han germinado, la combinación de la luz y la temperatura determina el crecimiento. Si no hay suficiente luz, las plántulas crecerán más altas pero serán muy delgadas y esbeltas. Será menos probable que sobrevivan al trasplante. Si existe demasiada luz para las plantas que crecen naturalmente en condiciones de poca luz, ellas se debilitarán y comenzarán a quemarse y a ponerse marrones alrededor del borde de las hojas.

2.2. Cultivos hidropónicos: Generalidades y técnicas de cultivo

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

MIRANDA (2006), citando a SHOLTO, indica que el término hidroponía deriva de dos palabras griegas: *hydor*, agua y *ponos*, trabajo, que combinadas significa "Trabajo en agua" y son una alusión al empleo de soluciones de agua y fertilizantes químicos para el cultivo de plantas sin tierra para su sustento y para obtener abundantes cosechas sin depender del suelo, eligiendo el sitio que le resulte más conveniente, puesto que quedan totalmente eliminadas las tareas de cavar, desyerbar y fertilizar, bajos costos y ausencia total de polvo y olores, y además de obtener continuos y excepcionales resultados.

Además indica que el crecimiento futuro de la hidroponía dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas de producción que sean competitivos en costos con aquellos de la agricultura tradicional.

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

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

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

buenos resultados. En el cultivo de la mayoría de las plantas, la temperatura de la solución debe fluctuar entre 18°C a 26°C y la del invernadero no debe ser mayor de 32°C, manteniéndose una humedad relativa de 75%, aproximadamente.

TARRILLO (2005), recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes limpios, libre de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiendo utilizarse semillas tratadas con fungicidas o preservantes. La semilla debe ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

2.3. Forrajes en cultivo hidropónico

MIRANDA (2006), citando a Rodríguez en el manual práctico de hidroponía, describe los factores que influyen en la producción de FVH:

1. Luz: Para producir FVH en forma óptima, es necesario que durante los primeros 3 días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas, no se debe exponer las bandejas directamente al sol.
2. Temperatura: Para una óptima producción de FVH, la temperatura debe estar entre 22°C y 25°C.
3. Humedad: Es otro factor importante en la producción de FVH, debe oscilar entre 65-70% de humedad relativa (H.R).

4. Calidad de semilla: Es un factor muy importante, el porcentaje de pureza debe ser de mayor a 80% y el poder germinativo aceptable debe estar entre 80 - 90%.

VILLAREAL (2006) menciona que la semilla es el óvulo maduro y fertilizado contenido en el fruto. Se compone de las siguientes partes: Una cubierta o testa que protege las partes internas y el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión.

En algunas semillas, la reserva de energía en forma de alimento es almacenada en los cotiledones, que pueden funcionar como lugar de almacenamiento de reservas alimenticias, también conocidas como hojas cotiledonarias o embrionarias; y el embrión o planta en estado rudimentario, que se origina del desarrollo del óvulo fecundado.

RODRÍGUEZ (2002) indica que los granos de trigo, avena, cebada, sorgo, maíz y centeno son los más empleados para la producción de GH, porque cumplen fundamentalmente con algunos requisitos que permiten una mayor producción libre de hongos, principal problema que enfrenta el productor de hidroponía, y menciona los siguientes requisitos para la producción de GH:

- Seguridad de que el grano empleado no contenga agroquímicos tóxicos y de acción residual, ya que el tiempo de producción es corto y puede ocasionar problemas en los animales que se alimenten con el producto.
- Que el porcentaje de germinación del grano sea alto: 90% mínimo.
- Que el grano no se encuentre dañado o roto, porque suelta almidón y con ello fomenta la fácil propagación de enfermedades.

2.4. Proceso de producción de forraje verde hidropónico

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

- Área de tratamiento de semilla: En este lugar se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla.
- Área de germinación: Culminado el oreo de la semilla y cuando está en su “punto de germinación” se realiza la siembra en bandejas plásticas o de fibra de vidrio, no se recomienda utilizar bandejas de madera o metálicas. Las bandejas deberán tener orificios a los lados para permitir el drenaje del agua, las cuales son colocadas en estantes de germinación y cubiertas en su totalidad por plástico negro, para que haya oscuridad interior y también evitar pérdida de la humedad. En estos estantes de germinación se recomienda regar mediante nebulización o micro aspersión de 3 a 4 veces al día, en esta área permanecerán 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción.
- Área de producción: Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminarán su desarrollo entre 6 a 8 días más. El riego demora sólo unos minutos y se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas.

El mismo autor indica el siguiente proceso de producción de forraje hidropónico:

- Selección de semilla: Se debe utilizar semillas de cereales libres de impurezas que procedan de plantas libres de plagas y enfermedades, no

debe utilizarse semillas tratadas con fungicidas o preservantes. Además la semilla tiene que ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

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

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

- Germinación: Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en la bandejas, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.
- Producción: En esta etapa existe una mayor iluminación, además el GH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de éste dura entre seis a ocho días alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm, la cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.
- Cosecha: Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el FH en forma manual o mecánica, para mejor suministro a los animales.

SIAN (2011) indica que el verdadero valor de una semilla depende de una serie de factores sin los cuales no es posible obtener los verdaderos rendimientos que se requiere para el progreso agrícola, e indica que son tres los factores que influyen sobre el valor de las semillas:

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

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

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

3º. Valor cultural.- se calcula con la siguiente formula: $(\text{Coeficiente de pureza} \times \text{coeficiente de germinación}) / 100$. La mayor cifra que se puede obtener es de 100 y tanto mejor será la semilla cuanto más se acerque a dicho número. Si en un peso de 100 kilogramos de semilla determinamos un valor cultural de 63.75% por ejemplo, quiere decir que de esas semilla solo se puede utilizar 63.75 kilos.

2.5. Ventajas de los cultivos hidropónicos

DURANY (1982), adiciona las siguientes condiciones ventajosas del GH:

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

- Menor empleo de mano de obra.
- Reducción del consumo de agua.

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

- Ahorro de agua. En el sistema de producción de GH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro 1). Alternativamente, la producción de 1 kilo de GH 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%. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Cuadro 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo.

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

Fuente: Carámbula y Terra (2000).

Esta alta eficiencia del GH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se producen generalmente en países con eco-zonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de

producción de GH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías.

- Eficiencia en el uso del espacio: El sistema de producción de GH puede ser instalado en forma modular en dimensión vertical optimizando el uso del espacio útil.
- Eficiencia en el tiempo de producción: La producción de GH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del GH.
- Calidad del forraje para los animales: El GH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para los animales. Su alto valor nutritivo se debe a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el GH (3.2 Mcal/kg). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en GH son ampliamente variables.
- Costos de producción: Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del GH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo

de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio .

- Diversificación e intensificación de las actividades productivas: El uso del GH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra.

TARRILLO (2005) refiere que el forraje hidropónico presenta ventajas en varios aspectos:

- a) Es un sistema nuevo para producir forrajes: En el mundo agropecuario tradicionalmente se conocen dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
- Producción de forraje hidropónico bajo invernadero: Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo cual nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
 - Requiere poca agua: En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) por lo que un módulo que produce 500 kg de forraje/día, requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.
 - La Producción es constante todo el año: El sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas.

- b) Desde un Punto de Vista Nutricional: El forraje hidropónico al alcanzar una altura de 20 a 30 cm. es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables.
- c) Las mejoras que obtenemos con el uso de forraje hidropónico en la alimentación animal se dan en ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, producción de leche, mayor contenido de grasa y sólidos totales en la leche.
- d) Reducción de costos de alimentación y de inversiones: Muchos de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero o aún peor no disponen de terreno agrícola, como se da en el caso de criadores de cuyes que se ven obligados a comprar forraje la cual es cada vez una oferta más reducida. El costo del FVH es inferior a un forraje comprado.

ALIAGA, et al. (2009) indica que en el proceso de germinación, las enzimas se movilizan e invaden el interior de las semillas, por lo que ocurre una disolución de paredes celulares por la acción de aquellas. Posteriormente, se liberan granos de almidón, los cuales son transformados en azúcares y así se empieza dicho proceso.

El rendimiento del grano germinado es cinco a seis veces el peso de la semilla, en un proceso de producción que dura 15 días en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de semillas. Los

granos más utilizados en la producción de grano germinado son trigo, cebada, maíz, avena, etc.

2.6. Desventajas de los cultivos hidropónicos

La FAO (2001) citando a MARULANDA e IZQUIERDO (1993), quienes indican que hay una desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Asimismo el germinado hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados, lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que el caso de la tecnología de hidroponía familiar.

2.7. Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH

Según la FAO (2001) la densidad de siembra para maíz oscila entre 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja y la cosecha debe realizarse entre los 10 a 15 días. El rendimiento es de 12 a 18 kilos de forraje por kilo de semilla.

CORRALES (2012), indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de germinado hidropónico inducen a confusión porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso: El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento "siembra en bandejas" y muchos confunden este término cuando se quieren 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.

RIVERA et al. (2010), evaluaron en Venezuela la producción de GH de maíz en condiciones deficientes de iluminación utilizando papel, malla con papel y malla de saco de polietileno con orificio de 0.025 cm². Los rendimientos en GH (TCO) promedios obtenidos con los métodos P, MP y M, fueron de 3,86; 3,82 y 3,32 kg, por kilogramo de semilla; considerando el área utilizada (0,125m²/bandeja), obtuvieron una producción de 61.760; 61.160 y 53.200 kg de GH fresco/hectárea, respectivamente, considerados muy elevados para el cultivo en campo abierto. Obtuvieron un valor de PC de 18.3% con solución nutritiva B.

2.8. Valor nutricional de germinado hidropónico

HERNANDEZ (2013), utilizando cinco días de periodo de oscuridad y cosechando a los quince días de edad, evaluó cuatro niveles de siembra para determinar la densidad óptima de siembra de maíz para producir germinado

hidropónico en Lambayeque, concluyendo que la mejor densidad es 2.0 Kg/m², obteniendo 1.77 kg de materia seca/m² con un valor proteico de 11.25% en base seca, 7.95% de Fibra cruda, 3.58% de Extracto etéreo, 1.02% de cenizas y un rendimiento promedio de 5.714 Kg de germinado hidropónico de maíz por kilogramo de semilla procesada.

QUIÑONEZ (2014), evaluó la influencia del ciclo lunar en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) utilizando 4 días en periodo de oscuridad y cosecha a los 15 días de edad, concluyendo que en el periodo de luna llena se logró el mayor rendimiento de materia seca de 2.32 kg/m², proteína cruda de 0.30 kg/m², extracto etéreo de 0.08 kg/m², fibra cruda de 0.3 kg/m² y cenizas de 0.104 kg/m².

AGUILAR (2014), evaluó el periodo de oscuridad en el rendimiento de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cosechado a los 15 días y determinó que 5 días en cámara oscura es el más adecuado para producir GH de cebada en Lambayeque. El rendimiento nutricional, en base seca, obtenido fue: 1.60 kg MS/m², 0.28 kg de PC/m², 0.23 Kg de FC/m², 0.08 kg de EE/m² y 0.06 kg de Cen/m²,

SINCHIGUANO (2008), en Ecuador, reporta una productividad de 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 a la cosecha y 1.0 kg de MS para maíz con 17 días a la cosecha.

2.9. Diseño experimental

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

Las ventajas de este diseño son:

- Es fácil de planear.
- Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones, el límite está dado por el número de unidades experimentales en general.
- No es necesario que el número de tratamientos sea igual al número de repeticiones.
- El número de grados de libertad para el error aumenta por no tener muchas restricciones.

Los experimentos factoriales son aquellos en que se estudian simultáneamente dos o más factores, y se diferencian de los experimentos simples en que estos solamente estudian un factor. Los experimentos factoriales no constituyen en si un diseño experimental, más bien se deben realizar en cualquiera de los diseños experimentales.

II. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución y duración del experimento

La fase de campo para producir germinado hidropónico de maíz se realizó en el centro poblado Nuevo Mocse, distrito y provincia de Lambayeque desde el 10 de Setiembre de 2014 hasta el 25 de Setiembre del mismo año y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

3.2. Tratamientos Evaluados

En el presente estudio se implementaron 8 tratamientos producto de la interacción de los niveles de los factores evaluados: periodo de oscuridad con dos niveles (4 y 5 días) y tiempo de cosecha con cuatro niveles (12, 13, 14 y 15 días), resultando las siguientes interacciones para cada tratamiento:

T1 = 4 días de oscuridad cosechado a los 12 días.

T2 = 4 días de oscuridad cosechado a los 13 días.

T3 = 4 días de oscuridad cosechado a los 14 días.

T4 = 4 días de oscuridad cosechado a los 15 días.

T5 = 5 días de oscuridad cosechado a los 12 días.

T6 = 5 días de oscuridad cosechado a los 13 días.

T7 = 5 días de oscuridad cosechado a los 14 días.

T8 = 5 días de oscuridad cosechado a los 15 días.

A cada tratamiento se le asignó 5 bandejas (repeticiones).

3.3. Material y Equipo Experimental

3.3.1. Semilla de maíz

El maíz se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz de la provincia de Chiclayo, previo muestreo en tres locales ubicados en la Av. Venezuela para evaluar el valor cultural, obteniendo los siguientes resultados: 75.2%, 80.65% y 85.95%. Se procedió a comprar la semilla con mayor valor cultural.

3.3.2. Instalaciones y Equipo

Para realizar el estudio se utilizaron las siguientes instalaciones y equipo:

- 2 torres para producción de germinado hidropónico.
- 40 bandejas plásticas para hidroponía de 21 X 31 cm y 3 cm de profundidad.
- 01 balde de 20 litros para oreo de semilla.
- 0.5 litros de solución de lejía (Hipoclorito de Sodio).
- 01 Termómetro ambiental.
- Agua potable permanente.
- Equipo de riego: pulverizador.
- Balanza de precisión con capacidad de 30 kg y aproximación de 5 gramos.

3.4. Metodología Experimental

3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis

Se hizo el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8$

H_a : Al menos un tratamiento difiere del resto.

Para tomar la decisión de rechazar una de las hipótesis éstas fueron contrastadas mediante un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 x 4 (2 periodos de oscuridad y 4 tiempos de cosecha) con igual número de repeticiones (5 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y = \mu + A + B + (A \times B) + E$$

Dónde:

- Y = Variable respuesta (Producción de germinado hidropónico)
- μ = Media general de la población estudiada
- A = Efecto del periodo de oscuridad
- B = Efecto del tiempo de cosecha
- A x B = Efecto de la interacción periodo de oscuridad y tiempo de cosecha
- E = Error experimental

3.4.2. Técnicas Experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 40 bandejas para realizar el cultivo, asignando cinco bandejas a cada tratamiento. A continuación se detalla el proceso utilizado para la obtención del germinado hidropónico.

- Etapa de Pre germinación:
 - Limpieza de impurezas de la semilla adquirida en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz de la provincia de Chiclayo.
 - Se calculó el área de bandeja: 0.198 m².

- Cálculo y pesado de semilla “limpia” para el estudio, se tomó como base la densidad de siembra de 2.0 Kg/m^2 , obteniéndose 0.396 kg de semilla seca “limpia” por bandeja y multiplicando por 5 (cantidad de repeticiones) se obtuvo 1.98 Kg de semilla por tratamiento. Multiplicando esta cantidad por 8 (total de tratamientos) se obtuvo un total de 15.84 Kg. de semilla seca de maíz libre de impurezas para todo el estudio.
- Lavado de semilla con agua pura (3 veces) para eliminar polvo y otras impurezas.
- Desinfección de semilla con hipoclorito de sodio al 0.1% (1ml/L) durante 2 horas.
- Lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Remojo por veinticuatro horas.
- Oreo en baldes debidamente tapados durante 48 horas (dos días).

- **Etapas de Germinación:**

Proceso de siembra por bandeja por tratamiento:

Después del oreo, cuando habían brotado las raíces (1.5 a 2.0 cm), para realizar una siembra homogénea en cada bandeja se procedió a pesar el total de semilla oreada y se dividió entre 40 para realizar una distribución homogénea de la semilla húmeda.

Luego de sembrar las semillas húmedas en 5 bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura donde permanecieron por un periodo de oscuridad

variable, de acuerdo a cada tratamiento: T1, T2, T3 y T4 (4 días) y T5, T6, T7 y T8 (5 días) .Diariamente se regó las bandejas 4 veces 7:00 am; 12:00 m, 5:00 pm. y 10 pm. con ayuda de un aspersor.

- **Etapas de Producción:**

El día 4 post siembra se retiró la manta negra de T1, T2, T3 y T4.

El día 5 post siembra se procedió a retirar la manta negra de T5, T6, T7 y T8.

En esta etapa se regaron las bandejas 3 veces por día: 7:00 am; 12:00 m y 10 pm. con ayuda de un aspersor.

- **Cosecha**

A los 12 días de edad se cosecharon las bandejas de T1 y T5.

A los 13 días de edad se cosecharon las bandejas de T2 y T6.

A los 14 días de edad se cosecharon las bandejas de T3 y T7.

A los 15 días de edad se cosecharon las bandejas de T4 y T8.

3.4.3. Variables Evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables:

- Producción de germinado hidropónico por metro cuadrado (TCO).
- Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico por metro cuadrado.
- Producción de proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN) por metro cuadrado en base seca (BS).

- Rendimiento de germinado hidropónico por kg de semilla procesada (TCO).
- Rendimiento de materia seca (MS) de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada.
- Altura de colchón de raíz, tallo y planta completa de germinado hidropónico de germinado hidropónico de maíz.

3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 x 4 con cinco repeticiones por tratamiento. El Análisis de Varianza para determinar el valor de F_c (Valor de F) y averiguar si había diferencias entre los tratamientos se realizó con el programa estadístico MINITAB V16 y para determinar cuál o cuáles tratamientos son los mejores se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tuckey con 95% de nivel de confianza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de producción de germinado hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) por tratamiento.

4.1.1. Producción de germinado hidropónico (GH) por bandeja (TCO).

El valor cultural de la semilla de maíz utilizada en el presente estudio fue de 85.95%, calculado según los lineamientos de SIAN (2011) , superando en 0.95 % el nivel de calidad mínima recomendada por TARRILLO (2005), y ubicándose dentro del rango de 80 a 90% indicado por MIRANDA (2006).

En el cuadro 2 se presenta la producción promedio en biomasa verde de germinado hidropónico (TCO) por bandeja de cada tratamiento al momento de la cosecha, apreciando que los tratamientos mantenidos durante 5 días en periodo de oscuridad (T5, T6, T7 y T8) superaron en 11.19% el rendimiento de todos los tratamientos que estuvieron 4 días en este periodo (T1, T2, T3 y T4).

Cuadro 2. Peso promedio de germinado hidropónico (GH) por bandeja de cada tratamiento a la cosecha (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	1.825	1.710	1.850	1.830	2.220	2.090	2.140	2.145
2	1.880	1.942	1.875	1.855	2.110	2.145	2.070	1.975
3	1.875	1.840	1.885	1.815	2.005	2.080	2.110	2.095
4	1.855	1.880	1.910	1.940	2.080	2.105	2.065	2.075
5	1.900	1.895	1.815	1.800	2.050	2.085	2.090	2.130
Promedio	1.867	1.853	1.867	1.848	2.093	2.101	2.095	2.084

4.1.2. Producción de germinado hidropónico (GH) por metro cuadrado (TCO).

Tomando como base el área de la bandeja (0.198 m²) y la información del cuadro precedente se calculó el rendimiento de germinado hidropónico por

metro cuadrado de superficie. Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, motivo por el cual se aplicó la prueba de Tuckey para saber cuál tratamientos fue el mejor.

El análisis del efecto de interacciones mostrado en el cuadro 3 indicó que la mejor interaccion entre el periodo de oscuridad y tiempo de cosecha se logró con todos los tratamientos que utilizaron 5 días de periodo de oscuridad sin encontrar diferencia estadística significativa entre ellos, pero numéricamente el mejor resultado lo obtuvo la interaccion 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días de edad (T6), superando en 0.84% al rendimiento obtenido con la interaccion de 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días (T8). Sin embargo el rendimiento obtenido en T6 se encontró 6.92 % por debajo del rendimiento logrado por HERNÁNDEZ (2013), quien utilizó 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días de edad.

Cuadro 3. Producción de germinado hidropónico de maíz en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interaccion de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Germinación (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T6	cinco	trece	10.61 ^a
T7	cinco	Catorce	10.58 ^a
T5	cinco	doce	10.57 ^a
T8	Cinco	quince	10.52 ^a
T3	Cuatro	Catorce	9.43 ^b
T1	Cuatro	Doce	9.43 ^b
T2	Cuatro	Trece	9.36 ^b
T4	Cuatro	Quince	9.33 ^b

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

4.1.2.1. Rendimiento de Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN)de germinado hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) por metro cuadrado en base seca (BS).

Para calcular el rendimiento de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN) por metro cuadrado se realizó el análisis de muestra de cada tratamiento en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia. Los resultados en base seca se aprecian en el cuadro 4 y el valor de proteína cruda de todos los tratamientos se hallan por debajo de los niveles hallados por RIVERA *et al.* (2010) de 16.30 a 18.20 % en GH de maíz:

Cuadro 4. Análisis de composición química de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Materia seca (%) TCO	16.08	15.01	15.80	16.79	15.72	15.76	16.84	14.78
Proteína cruda (%) BS	13.17	14.44	15.20	12.67	13.32	14.04	13.69	13.73
Fibra cruda (%) BS	11.82	10.92	13.92	14.06	12.03	11.41	12.44	11.86
Extracto etéreo (%) BS	3.38	3.49	4.66	5.07	3.45	4.38	3.23	3.24
Cenizas (%) BS	2.09	2.15	2.90	2.83	2.42	2.19	2.49	2.69

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal FIZ (2014)

A. Rendimiento de materia seca (MS) por metro cuadrado.

El Análisis de varianza aplicado al rendimiento de materia seca/m² demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos tanto a nivel de efectos simples como en la interacción de los factores estudiados. La prueba de comparación múltiple aplicada a efectos simples reveló que el periodo de oscuridad de 5 días superó el rendimiento de 4 días en 10.78 % y en el factor tiempo de cosecha el rendimiento de

MS/m² a los 14 días superó el rendimiento obtenido a los 13 días en 5.52 % (ver anexos 2.1 y 2.2).

A nivel de interacciones la mayor producción de materia seca/m², que se aprecia en el cuadro 5, se obtuvo con 5 días de periodo de oscuridad cosechando a los 14 días (T7) como se aprecia en el cuadro 5, superando en 0.56% al valor reportado por HERNÁNDEZ (2013), que trabajó con 5 días de periodo de oscuridad y 15 días a la cosecha. El tratamiento con menos rendimiento fue T2 con 4 días de periodo de oscuridad y 13 días a la cosecha.

Cuadro 5. Producción de materia seca (MS) de germinado hidropónico de maíz por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Germinación (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T7	Cinco	Catorce	1.78 ^a
T6	Cinco	Trece	1.67 ^b
T5	Cinco	Doce	1.66 ^b
T4	Cuatro	Quince	1.57 ^c
T8	Cinco	Quince	1.56 ^c
T1	Cuatro	Doce	1.52 ^c
T3	Cuatro	Catorce	1.49 ^{cd}
T2	Cuatro	Trece	1.41 ^d

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

B. Rendimiento de proteína cruda (PC) por metro cuadrado

Con información del cuadro 4 se calculó el aporte de proteína cruda (PC) y el análisis de varianza (ANAVA) demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas en los efectos simples e interacción de los factores evaluados La prueba de comparación múltiple a nivel de efectos

simples aplicados al factor periodo de oscuridad demostró que 5 días fue más eficiente que 4 días en 8.69% y en el factor tiempo de cosecha, el tiempo de 14 días superó en 13 % al tiempo de cosecha a los 15 días de edad que fue el menos favorecido (ver anexos 3.1 y 3.2).

A nivel de interacciones el mejor tratamiento (ver cuadro 6), correspondió a T7 con 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 14 días comportándose estadísticamente igual que T6 con cinco días de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días, aunque numéricamente T7 superó en 4.16 % el rendimiento de proteína/m² de T6, Asimismo el rendimiento de T7 superó en 18.34 % el nivel obtenido por HERNÁNDEZ (2013) de 1.77 kg de PC/m² pero se encuentra por debajo de los niveles hallados en cebada (*Hordeum vulgare* L.) de 0.30 kg por QUIÑONEZ (2014) y de 0.28 kg de PC/m² reportados por AGUILAR (2014).

Cuadro 6. Producción de proteína cruda (PC) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T7	Cinco	Catorce	0.24 ^a
T6	Cinco	Trece	0.23 ^{ab}
T3	Cuatro	Catorce	0.23 ^{bc}
T5	Cinco	Doce	0.22 ^{cd}
T8	Cinco	Quince	0.21 ^{de}
T2	Cuatro	Trece	0.20 ^{ef}
T1	Cuatro	Doce	0.1 ^{9f}
T4	Cuatro	Quince	0.19 ^f

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

C. Rendimiento de fibra cruda (FC) por metro cuadrado

El ANAVA aplicado a la producción de FC/m² en base seca demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos tanto a nivel de factores simples como en la interacción de ambos por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple, encontrando que en el factor periodo de oscuridad 5 días presentó más FC que 4 días en 5 % y en el factor tiempo de cosecha los de 14 días superaron en 19 % a los que fueron cosechados a los 13 días (ver anexos 4.1 y 4.2).

La evaluación de la interacción de los factores demostró que los tratamientos con mayor cantidad de FC/m² y entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa fueron T7 con 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 14 días y T4 con 4 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días. Ambos superaron en 31.8 % el nivel de FC de T8 con 5 días de periodo de oscuridad cosechado el día 15. Los rendimientos de T7 y T4 se encontraron por debajo del resultado obtenido por HERNANDEZ (2013) de 1.77 Kg de FC/m², y muy cercano al nivel de fibra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) reportado por AGUILAR (2014) de 0.23 Kg de FC/m² pero por debajo del nivel de GH de cebada publicado por QUIÑONEZ (2014) de 0.30 kg de FC/m².

Cuadro 7. Producción de fibra cruda (FC) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T7	Cinco	Catorce	0.22 ^a
T4	Cuatro	Quince	0.22 ^a
T3	Cuatro	Catorce	0.21 ^b
T5	Cinco	Doce	0.20 ^{bc}
T6	Cinco	Trece	0.19 ^{cd}
T8	Cinco	Quince	0.18 ^{de}
T1	Cuatro	Doce	0.18 ^e
T2	Cuatro	Trece	0.15 ^f

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

D. Rendimiento de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado.

El análisis de varianza aplicado a la producción de extracto etéreo/m² en base seca demostró que existían diferencias estadísticas significativas tanto a nivel de factores simples como en la interacción de los factores evaluados y al aplicar la prueba de comparación múltiple al factor periodo de oscuridad el mejor rendimiento se obtuvo con 4 días superando en 16.67% a 5 días en periodo de oscuridad y en el factor tiempo de cosecha la mejor producción de EE/m² se logró con la cosecha a los quince días de edad superando en 15.62% al rendimiento de cosecha a los trece días de edad (ver anexos 5.1 y 5.2).

La evaluación de la interacción de factores que se aprecia en el cuadro 8 demostró que el mejor resultado de extracto etéreo (EE)/m² se logró con 4 días de periodo de oscuridad y cosecha a los 15 días de edad (T4)

superando en 37.5 % el rendimiento de T2 con 4 días de periodo de oscuridad cosechado a los 13 días de edad y superó en 20.28% el rendimiento de EE/m² reportado por HERNÁNDEZ (2013), quien utilizó cinco días de periodo de oscuridad y quince días de edad a la cosecha. Asimismo el valor hallado es similar al rendimiento de EE/m² de GH de cebada (*Hordeum vulgare* L.) hallado por AGUILAR (2014) y ligeramente por debajo del rendimiento de cebada reportado por QUIÑONEZ (2014) de 0.08 kg de EE/m².

Cuadro 8. Producción de extracto etéreo (EE) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T4	Cuatro	Quince	0.08 ^a
T6	Cinco	Trece	0.07 ^b
T3	Cuatro	Catorce	0.07 ^c
T7	Cinco	Catorce	0.06 ^d
T5	Cinco	Doce	0.06 ^d
T1	Cuatro	Doce	0.05 ^e
T8	Cinco	Quince	0.05 ^e
T2	Cuatro	Trece	0.05 ^e

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

E. Rendimiento de cenizas (CEN) por metro cuadrado.

El análisis de varianza (ANAVA) aplicado a la producción de cenizas/m² en base seca indicó la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los efectos simples y la interacción de los factores evaluados y la prueba de comparación múltiple a nivel de factores simples, en periodo de

oscuridad demostró que el mayor rendimiento de ceniza/m² se obtuvo utilizando 4 días, superando al rendimiento obtenido con 5 días en 25% y en el factor tiempo de cosecha la mayor producción de cen/m² se logró cosechando a los 14 días superando en 2.94% a los que se cosecharon a los 13 días de edad (ver anexos 6.1 y 6.2).

La evaluación de la interacción de los factores, que se aprecia en el cuadro 9, reveló que el mejor tratamiento para producir cenizas/m² fueron T7 (5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 14 días de edad), T4 (4 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días de edad) y T3 (4 días de periodo de oscuridad cosechado a los 14 días), no habiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos. Sin embargo T7 superó en 59.37% al rendimiento de cen/m² reportado por HERNANDEZ (2013), T4 lo superó en 59.29% y T3 en 58.15%. Sin embargo los niveles de T7, T4 y T3 se hallan ligeramente por debajo de los niveles de ceniza/m² reportados en cebada (*Hordeum vulgare* L.) por QUIÑONEZ (2014) de 0.104 kg y AGUILAR (2014) de 0.06 kg de cen/m².

Cuadro 9. Producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico de maíz en base seca (BS) por metro cuadrado de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T7	Cinco	Catorce	0.04 ^a
T4	Cuatro	Quince	0.04 ^a
T3	Cuatro	Catorce	0.04 ^{ab}
T8	Cinco	Quince	0.04 ^{bc}
T5	Cinco	Doce	0.04 ^c
T6	Cinco	Trece	0.04 ^d
T1	Cuatro	Doce	0.03 ^e
T2	Cuatro	Trece	0.03 ^e

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

4.2. Análisis de altura de planta

4.2.1 Análisis de altura de colchón de raíz de GH de maíz

El análisis de varianza (ANAVA) aplicado a la altura de colchón de raíz del GH de maíz demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas tanto para los factores simples como para la interacción de los factores evaluados y al aplicar la prueba de comparación múltiple a los efectos simples, la mejor altura de colchón se obtuvo con el periodo de oscuridad de 4 días superando en 11.89% a la altura del colchón de raíz obtenida con el periodo de oscuridad de 5 días y en el factor tiempo de cosecha la mejor altura de cama de raíz se logró cosechando a los 13 días y la menor altura se obtuvo cosechando a los 15 días de edad, rindiendo 33.33 % menos (Ver anexos 7.1 y 7.2).

Al evaluar la interacción de factores cuyos resultados se muestran en el cuadro 10 el mejor tratamiento para producir altura de colchón de raíz de GH de maíz se logró con 4 días de periodo de oscuridad cosechando a los 13 días de edad (T2) superando en 43.8% al tratamiento con menor altura de colchón de raíz que utilizó 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días de edad (T8).

Cuadro 10. Altura de colchón de raíz de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (cm)
T2	cuatro	trece	2.42 ^a
T6	cinco	trece	1.92 ^{ab}
T3	cuatro	catorce	1.84 ^{bc}
T5	cinco	doce	1.82 ^{bc}
T4	cuatro	quince	1.62 ^{bc}
T1	cuatro	doce	1.52 ^{bc}
T7	cinco	catorce	1.42 ^{bc}
T8	cinco	quince	1.36 ^c

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

4.2.2 Análisis de la altura de tallo de GH de maíz

La aplicación del análisis de varianza (ANAVA) a la altura del tallo de germinado hidropónico (GH) de maíz demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas para el factor tiempo de cosecha y la interacción de los factores evaluados. Al aplicar la prueba de comparación múltiple al factor tiempo de cosecha los mejores resultados se lograron cosechando a los 15, 14 y 13 días y entre los cuales no hubo diferencia estadística

significativa, pero numéricamente la altura lograda a los 15 días (13.39 cm) superó en 2.46 % a la altura de tallo de los 14 días (ver anexos 8.1 y 8.2).

Al evaluar la interacción de los factores, cuyos resultados se muestran en el cuadro 11, la mayor altura de tallo y entre las cuales no hubo diferencia estadística significativa fueron los tratamientos con 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 14 días (T7) y con 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 15 días (T8). La altura promedio de T7 superó en 18.12 % al tratamiento menos favorecido con altura de tallo logrado por T5 con 5 días de periodo de oscuridad cosechado a los 12 días y en 17.11% a la altura lograda con 4 días de periodo de oscuridad cosechado a los doce días (T1).

Cuadro 11. Altura de tallo de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (cm)
T7	Cinco	Catorce	13.68 ^a
T8	Cinco	Quince	13.66 ^a
T2	Cuatro	Trece	13.14 ^{ab}
T4	Cuatro	Quince	13.12 ^{ab}
T6	Cinco	Trece	12.98 ^{ab}
T3	Cuatro	Catorce	12.96 ^{ab}
T1	Cuatro	Doce	11.34 ^b
T5	Cinco	Doce	11.20 ^b

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

4.2.3 Análisis de altura de planta completa de GH de maíz.

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la altura de planta completa de germinado hidropónico de maíz demostró que sólo existían diferencias

estadísticas significativas en el factor tiempo de cosecha y en la interacción de factores evaluados, por lo que al aplicar la prueba de comparación múltiple se determinó que a nivel de periodo de cosecha la mejor altura se logró cosechando a los 13,14 y 15 días, entre los cuales no hubo diferencia estadística pero numéricamente la altura del día 13 superó a los de día quince en 2.29% y comparando con el tiempo de cosecha menos favorecido de doce días, lo superó en 15.04 % (ver anexos 9.1 y 9.2).

La evaluación de la interacción de factores que se aprecian en el cuadro 12 demostró que la mejor altura de planta completa de GH de maíz se logró con 4 días de periodo de oscuridad y 13 días de cosecha (T2), superando el rendimiento de T1 (4 días de periodo de oscuridad y 12 días de cosecha) que fue el de menor altura en 17.35%.

Cuadro 12. Altura de planta completa de germinado hidropónico de maíz de cada tratamiento con la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (cm).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (cm)
T2	Cuatro	Trece	15.56 ^a
T7	Cinco	Catorce	15.10 ^{ab}
T8	Cinco	Quince	15.02 ^{ab}
T6	Cinco	Trece	14.90 ^{ab}
T3	Cuatro	Catorce	14.80 ^{ab}
T4	Cuatro	Quince	14.74 ^{ab}
T5	Cinco	Doce	13.02 ^b
T1	Cuatro	Doce	12.86 ^b

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

4.3. Análisis de productividad de germinado hidropónico (GH) por kilogramo de semilla procesada.

Para evaluar la productividad de cada tratamiento se consideró el rendimiento de germinado hidropónico en TCO a partir de un kilogramo de semilla de maíz (*Zea mays*) procesada.

Tomando como base la cantidad inicial de semilla por bandeja (396 gr) y los rendimientos logrados en cada una al momento de la cosecha se procedió a calcular el rendimiento de GH por kilogramo de semilla de maíz. El análisis de varianza (ANOVA) demostró que existían diferencias estadísticas significativas tanto a nivel de efectos simples y en las interacciones estudiadas con los tratamientos en estudio, por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple, hallando que a nivel del factor periodo de oscuridad el mayor rendimiento por kg de semilla procesada se logró con 5 días, superando a los de 4 días en 11.34 % y en el factor tiempo de cosecha el mejor rendimiento se logró cosechando a los 14 días, superando en 0.8 % al valor obtenido al cosechar a los 13 días que presentó el nivel más bajo en rendimiento (ver anexos 10.1 y 10.2).

El análisis de las interacciones, que se muestra en el cuadro 13, demostró que todos los tratamientos que recibieron 5 días de periodo de oscuridad fueron mejores en rendimiento que todos los tratamientos que recibieron 4 días. Pero numéricamente dentro de los que recibieron 5 días de periodo de oscuridad el tratamiento cosechado a los 13 días (T6) fueron más rendidores que el tratamiento cosechado a los 15 días (T8) en 0.94 %. Pero ambos se

encontraron por debajo del rendimiento de MS de GH/ kg de semilla obtenido por SINCHIGUANO (2008) en Ecuador de 1 Kg de MS/kg de semilla cosechado a los 15 días de edad, superando en 27% al rendimiento de 0.84 kg de MS de T6 y en 21 % al rendimiento de 0.89 kg de MS/kg de semilla de T7. Sin embargo, todos los tratamientos estudiados superaron el rendimiento obtenido por RIVERA et al. (2010) de 3.84 kg de forraje fresco de GH de maíz por kilo de semilla procesada.

Cuadro 13. Rendimiento promedio de germinado hidropónico de maíz por kilogramo de semilla procesada para la interacción periodo de oscuridad y tiempo de cosecha (Kg).

Tratamiento	Periodo de oscuridad (días)	Cosecha (días)	Promedio (kg)
T6	Cinco	Trece	5.31 ^a
T7	Cinco	Catorce	5.29 ^a
T5	Cinco	Doce	5.29 ^a
T8	Cinco	Quince	5.26 ^a
T3	Cuatro	Catorce	4.71 ^b
T1	Cuatro	Doce	4.71 ^b
T2	Cuatro	Trece	4.68 ^b
T4	Cuatro	Quince	4.67 ^b

Promedios con letras exponenciales diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La interacción entre el periodo de oscuridad y tiempo de cosecha influye en la productividad, altura de colchón de raíz, tallo y planta completa de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*).
2. considerando los lineamientos del presente estudio, el tratamiento con un periodo de 5 días de oscuridad cosechado a los 14 días (T7) es el más indicado para la producción de proteína cruda, fibra cruda y cenizas por metro cuadrado en términos de materia seca de germinado hidropónico (GH) de maíz en Lambayeque.
3. Con 5 días de periodo de oscuridad y cosechando a los 13 días (T6) se logra mayor eficiencia y merito económico en la producción de germinado hidropónico de maíz.
4. La mayor altura de tallo y de planta completa de germinado hidropónico de maíz se logró con un periodo de oscuridad de 5 días cosechado a los 14 días (T7), sin embargo la mayor altura de colchón de raíz de GH de maíz se logró con 4 días de periodo de oscuridad cosechado a los trece días de edad (T2)

5.2 RECOMENDACIONES

1. Producir germinado hidropónico de maíz con un periodo de 5 días de oscuridad cosechando a los 14 días de edad.
2. Evaluar la interacción de periodo de oscuridad y tiempo de cosecha en otras gramíneas para optimizar su producción y productividad en el departamento de Lambayeque.

VI. RESUMEN

Desde el 10 de Setiembre de 2014 hasta el 25 de Setiembre del mismo año, en el centro poblado "Nuevo Mocse" de Lambayeque se implementó un estudio experimental con 8 tratamientos para establecer la influencia de la interacción del periodo de oscuridad y tiempo de cosecha en el rendimiento de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Lambayeque, siendo T1: 4 días de oscuridad cosechado en 12 días; T2: 4 días de oscuridad cosechado en 13 días; T3: 4 días de oscuridad cosechado en 14 días; T4: 4 días de oscuridad cosechado en 15 días; T5: 5 días de oscuridad cosechado en 12 días; T6: 5 días de oscuridad cosechado en 13 días; T7 = 5 días de oscuridad cosechado en 14 días y T8: 5 días de oscuridad cosechado en 15 días. Todos se evaluaron con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 X 4 con cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados indicaron que la interacción del periodo de oscuridad con el tiempo de cosecha si influye en la producción del germinado hidropónico de maíz en Lambayeque, lográndose el máximo rendimiento de MS/m², PC/m², FC/m², Cen/m², altura de tallo y altura de planta completa de germinado hidropónico de maíz con la interacción de 5 días de periodo de oscuridad y cosecha a los 14 días, correspondiente al tratamiento siete (T7). El máximo rendimiento de germinado hidropónico por kilogramo de semilla procesada se logró con 5 días de oscuridad y 13 días como tiempo de cosecha (T6), superando en 5.27% al rendimiento de T7 pese a que estadísticamente no hubieron diferencias estadísticas significativas.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

AGUILAR, M. 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.

ALIAGA, R.; MONCAYO, G.; 2009. Producción de Cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.

CORRALES, N. 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.

COURTIS, A. 2013. Germinación de semillas. Cátedra de fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Naturales. Departamento de Biología. Área botánica. En línea. Consultada el 17 de Abril de 2015. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>

DURANY, U. 1982. Cultivo de Plantas sin Tierra, 4ta. Ed., Editorial SINTES, S.A., Barcelona. España. En línea. Consultado el 13 de Enero de 2014. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?isbn=1439878692>

DOXON, L. 2010. Las semillas crecen mas rápido en la luz o en la oscuridad. En línea. Consultada el 17 de Abril de 2015. Disponible en http://www.ehowenespanol.com/creceran-mas-rapido-semillas-luz-oscuridad-info_292434/#pg=1

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.

HERNANDEZ, J. Densidad optima de siembra para el germinado hidropónico (G.H) de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en cuatro niveles de siembra. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque. Perú. 51 p.

MIRANDA, I. 2006. Fertilizantes foliares en cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*).Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú. 149 p.

MORENO, U. 1967. Fisiología de las plantas. Manual de laboratorio. Facultad de ciencias. Departamento de Biología. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 149 p

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

PICHILINGÜE, C. 1994. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empadre, gestación y lactación. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 107 p.

QUIÑONEZ, P. Influencia del ciclo lunar en la producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque. Perú. 56 p.

REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 48 p.

RIVERA, A.; MORONTA, M.; GONZÁLEZ, M.; GONZÁLEZ, D.; PERDOMO, D.; GARCÍA, D. HERNÁNDEZ, G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. Zootecnia Tropical, 28 (1): 33-41 (en línea). Consultado el 15 de Febrero de 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidropnico/05-iluminacion.pdf

ROYAL TASMANIAN GARDEN. 2009. Seed germination. En línea. Consultado el 17 de Abril de 2015. Disponible en <http://www.rtbq.tas.gov.au/index.aspx?base=287>

ROJAS, M. 1998. Cultivo hidropónico de centeno forrajero: densidad, edad de utilización y respuesta animal. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 94 p.

SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA (SIAN). 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea. Publicado el año 2011, Visitado el 15 de setiembre de 2013. Disponible en <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>

SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. Tesis de grado. Ing. Zootecnista. En línea. Consultada el 2 de Marzo de 2015. Disponible en <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>

TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1° 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

1. Análisis de varianza para Biomasa/m² (TCO), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC	SCAjust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	14.0147	14.0147	14.0147	171.71	0.000
Cosecha	3	0.0363	0.0363	0.0121	0.15	0.930
P.osc.x Cosecha	3	0.0184	0.0184	0.0061	0.08	0.973
Error	32	2.6118	2.6118	0.0816		
Total	39	16.6812				

S = 0.285687 R-cuad. = 84.34% R-cuad.(ajustado) = 80.92%

1.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m² TCO

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	10.5720	A
Cuatro	20	9.3881	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.2 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m² TCO

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	10.0051	A
Doce	10	10.0000	A
Trece	10	9.9859	A
Quince	10	9.9293	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Biomasa/m² TCO

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	trece	5	10.6111	A
Cinco	catorce	5	10.5808	A
Cinco	doce	5	10.5707	A
Cinco	quince	5	10.5253	A
Cuatro	catorce	5	9.4293	B
Cuatro	doce	5	9.4293	B
Cuatro	trece	5	9.3606	B
Cuatro	quince	5	9.3333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2. Análisis de varianza para materia seca/m², utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.299971	0.299971	0.299971	152.17	
0.000						
Cosecha	3	0.052302	0.052302	0.017434	8.84	
0.000						
P. Osc*Cosecha	3	0.144636	0.144636	0.048212	24.46	
0.000						
Error	32	0.063080	0.063080	0.001971		
Total	39	0.559989				

S = 0.0443988 R-cuad. = 88.74% R-cuad.(ajustado) = 86.27%

2.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para materia seca/m²

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	1.6677	A
Cuatro	20	1.4945	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para materia seca/m²

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	1.6357	A
Doce	10	1.5888	A B
Quince	10	1.5615	B
Trece	10	1.5386	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para materia seca/m²

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	catorce	5	1.7816	A
Cinco	trece	5	1.6722	B
Cinco	doce	5	1.6617	B
Cuatro	quince	5	1.5674	C
Cinco	quince	5	1.5556	C
Cuatro	doce	5	1.5159	C
Cuatro	catorce	5	1.4898	C D
Cuatro	trece	5	1.4051	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3. Análisis de varianza para PC/m², utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.0046214	0.0046214	0.0046214	123.89	0.00
Cosecha	3	0.0049288	0.0049288	0.0016429	44.04	0.00
P. Osc*Cosecha	3	0.0004123	0.0004123	0.0001374	3.68	0.02
Error	32	0.0011936	0.0011936	0.0000373		
Total	39	0.0111562				

S = 0.00610750 R-cuad. = 89.30% R-cuad.(ajustado) = 86.96%

3.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para PC/m²

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	0.2284	A
Cuatro	20	0.2069	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para PC/m²

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	0.2351	A
Trece	10	0.2188	B
Doce	10	0.2105	C
Quince	10	0.2061	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para PC/m²

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	catorce	5	0.2439	A
Cinco	trece	5	0.2347	A B
Cuatro	catorce	5	0.2264	B C
Cinco	doce	5	0.2213	C D
Cinco	quince	5	0.2136	D E
Cuatro	trece	5	0.2029	E F
Cuatro	doce	5	0.1996	F
Cuatro	quince	5	0.1985	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

4. Análisis de varianza para FC/m², utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.0008275	0.0008275	0.0008275	28.61	0.00
Cosecha	3	0.0098716	0.0098716	0.0032905	113.77	0.00
P.oscxCosecha	3	0.0074709	0.0074709	0.0024903	86.10	0.00
Error	32	0.0009255	0.0009255	0.0000289		
Total	39	0.0190957				

S = 0.00537805 R-cuad. = 95.15% R-cuad.(ajustado) = 94.09%

4.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para FC/m²

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	0.1992	A
Cuatro	20	0.1901	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para FC/m²

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	0.2145	A
Quince	10	0.2024	B
Doce	10	0.1896	C
Trece	10	0.1721	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para FC/m²

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	catorce	5	0.2215	A
Cuatro	quince	5	0.2204	A
Cuatro	catorce	5	0.2074	B
Cinco	doce	5	0.2000	B C
Cinco	trece	5	0.1908	C D
Cinco	quince	5	0.1844	D E
Cuatro	doce	5	0.1791	E
Cuatro	trece	5	0.1534	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

5.. Análisis de varianza para Cen/m², utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.0001155	0.0001155	0.0001155	96.11	0.000
Cosecha	3	0.0008001	0.0008001	0.0002667	222.01	0.000
P. osc*Cosecha	3	0.0001857	0.0001857	0.0000619	51.52	0.000
Error	32	0.0000384	0.0000384	0.0000012		
Total	39	0.0011397				

S = 0.00109606 R-cuad. = 96.63% R-cuad.(ajustado) = 95.89%

5.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Cen/m²

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	0.0408	A
Cuatro	20	0.0374	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

5.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para Cen/m²

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	0.0438	A
Quince	10	0.0431	A
Doce	10	0.0359	B
Trece	10	0.0334	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

5.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para Cen/m²

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	catorce	5	0.0444	A
Cuatro	quince	5	0.0444	A
Cuatro	catorce	5	0.0431	A B
Cinco	quince	5	0.0418	B C
Cinco	doce	5	0.0401	C
Cinco	trece	5	0.0366	D
Cuatro	doce	5	0.0317	E
Cuatro	trece	5	0.0303	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

6. Análisis de varianza para EE/m², utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.0000733	0.0000733	0.0000733	25.95	0.000
Cosecha	3	0.0006669	0.0006669	0.0002223	78.71	0.000
P.osc*Cosecha	3	0.0039410	0.0039410	0.0013137	465.12	0.000
Error	32	0.0000904	0.0000904	0.0000028		
Total	39	0.0047715				

S = 0.00168057 R-cuad. = 98.11% R-cuad.(ajustado) = 97.69%

6.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para EE/m²

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cuatro	20	0.0623	A
Cinco	20	0.0596	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

6.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para EE/m²

Cosecha	N	Media	Agrupación
Quince	10	0.0649	A
Catorce	10	0.0634	A
Trece	10	0.0612	B
Doce	10	0.0543	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

6.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para EE/m²

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cuatro	quince	5	0.0795	A
Cinco	trece	5	0.0732	B
Cuatro	catorce	5	0.0694	C
Cinco	catorce	5	0.0575	D
Cinco	doce	5	0.0573	D
Cuatro	doce	5	0.0513	E
Cinco	quince	5	0.0504	E
Cuatro	trece	5	0.0491	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

7. Análisis de varianza para altura de cama raíz, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.48400	0.48400	0.48400	7.13	0.012
Cosecha	3	2.64400	2.64400	0.88133	12.98	0.000
P.osc.*Cosecha	3	0.97600	0.97600	0.32533	4.79	0.007
Error	32	2.17200	2.17200	0.06788		
Total	39	6.27600				

S = 0.260528 R-cuad. = 65.39% R-cuad.(ajustado) = 57.82%

7.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura cama raíz

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cuatro	20	1.850	A
Cinco	20	1.630	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

7.2 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura cama raíz

Cosecha	N	Media	Agrupación
Trece	10	2.170	A
Doce	10	1.670	B
Catorce	10	1.630	B
Quince	10	1.490	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

7.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura cama raíz

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cuatro	trece	5	2.420	A
Cinco	trece	5	1.920	A B
Cuatro	catorce	5	1.840	B C
Cinco	doce	5	1.820	B C
Cuatro	quince	5	1.620	B C
Cuatro	doce	5	1.520	B C
Cinco	catorce	5	1.420	B C
Cinco	quince	5	1.360	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8. Análisis de varianza para altura de tallo, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.576	0.576	0.576	0.56	0.461
Cosecha	3	30.206	30.206	10.069	9.74	0.000
P. osc.x Cosecha	3	1.562	1.562	0.521	0.50	0.682
Error	32	33.072	33.072	1.033		
Total	39	65.416				

S = 1.01661 R-cuad. = 49.44% R-cuad.(ajustado) = 38.38%

8.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura de tallo

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	12.880	A
Cuatro	20	12.640	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para altura de tallo

Cosecha	N	Media	Agrupación
Quince	10	13.390	A
Catorce	10	13.320	A
Trece	10	13.060	A
Doce	10	11.270	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

8.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura de tallo.

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	catorce	5	13.680	A
Cinco	quince	5	13.660	A
Cuatro	trece	5	13.140	A B
Cuatro	quince	5	13.120	A B
Cinco	trece	5	12.980	A B
Cuatro	catorce	5	12.960	A B
Cuatro	doce	5	11.340	B
Cinco	doce	5	11.200	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

9. Análisis de varianza para Altura planta completa, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	0.004	0.004	0.004	0.00	0.955
Cosecha	3	33.134	33.134	11.045	8.83	0.000
P. osc.x Cosecha	3	1.570	1.570	0.523	0.42	0.741
Error	32	40.032	40.032	1.251		
Total	39	74.740				

S = 1.11848 R-cuad. = 46.44% R-cuad.(ajustado) = 34.72%

9.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para altura de planta completa

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	14.510	A
Cuatro	20	14.490	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

9.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para altura de planta completa

Cosecha	N	Media	Agrupación
Trece	10	15.230	A
Catorce	10	14.950	A
Quince	10	14.880	A
Doce	10	12.940	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

9.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para altura de planta completa

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cuatro	trece	5	15.560	A
Cinco	catorce	5	15.100	A B
Cinco	quince	5	15.020	A B
Cinco	trece	5	14.900	A B
Cuatro	catorce	5	14.800	A B
Cuatro	quince	5	14.740	A B
Cinco	doce	5	13.020	B
Cuatro	doce	5	12.860	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

10. Análisis de varianza para Rdto/Kg., utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
P. oscuridad	1	3.50368	3.50368	3.50368	171.71	0.000
Cosecha	3	0.00908	0.00908	0.00303	0.15	0.930
P. osc*Cosecha	3	0.00460	0.00460	0.00153	0.08	0.973
Error	32	0.65294	0.65294	0.02040		
Total	39	4.17030				

S = 0.142844 R-cuad. = 84.34% R-cuad.(ajustado) = 80.92%

10.1 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad para Rdto/Kg

P. oscuridad	N	Media	Agrupación
Cinco	20	5.2860	A
Cuatro	20	4.6941	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

10.2 Prueba de Tuckey aplicado al factor tiempo de cosecha para Rdto/Kg

Cosecha	N	Media	Agrupación
Catorce	10	5.0025	A
Doce	10	5.0000	A
Trece	10	4.9929	A
Quince	10	4.9646	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

10.3 Prueba de Tukey aplicado a periodo de oscuridad y tiempo de cosecha para Rdto/Kg

P. oscuridad	Cosecha	N	Media	Agrupación
Cinco	trece	5	5.3056	A
Cinco	catorce	5	5.2904	A
Cinco	doce	5	5.2854	A
Cinco	quince	5	5.2626	A
Cuatro	catorce	5	4.7146	B
Cuatro	doce	5	4.7146	B
Cuatro	trece	5	4.6803	B
Cuatro	quince	5	4.6667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.