



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**



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

**INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN LA PRODUCCIÓN  
DE GERMINADO HIDROPONICO DE CEBADA  
(*Hordeum vulgare*) EN LAMBAYEQUE**

## **TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARA  
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

**BACH. PASTOR QUIÑONEZ GUERRERO**

**LAMBAYEQUE- PERÚ**

**2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**

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



**INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN LA  
PRODUCCIÓN DE GERMINADO  
HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)  
EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

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

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Autor:**

**BACH. PASTOR QUIÑONEZ GUERRERO**

**Lambayeque — Perú**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

**INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN LA PRODUCCIÓN DE GERMINADO  
HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN LAMBAYEQUE**

**TESIS**

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

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**POR**

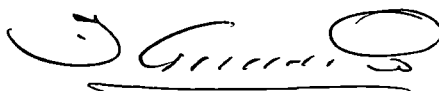
**BACH. PASTOR QUIÑONEZ GUERRERO**

**Aprobada por el siguiente jurado**



---

**Ing. MSc. FRANCIS VILLENA RODRIGUEZ**  
**Presidente**



---

**Ing. MSc. JORGE A. GUERRERO QUIJANO**  
**Secretario**



---

**Ing. BENITO BAUSTISTA ESPINOZA**  
**Vocal**



---

**Ing. MSc. NAPOLEÓN CORRALES RODRÍGUEZ**  
**Patrocinador**

### *Dedicatoria*

*A mis padres Pastor y Teresa, quienes han sido, son y serán mi motivación para lograr superarme día a día. Su apoyo incondicional y los valores que inculcaron en mí, son la base que me ha servido para realizarme como profesional y servirá para seguir haciéndolo.*

*En especial a mi Madre y hermana Yesica que a mitad de mis estudios fallecieron, fueron de vital importancia para mí, a ellas especialmente dedico este trabajo.*

### *Agradecimiento*

*A cada uno de mis hermanos, ya que con su apoyo incondicional han hecho que todo sea posible para mí.*

*A mi asesor, el Ing. Napoleón Canales Rodríguez, quien me apoyó desinteresadamente con la realización de esta investigación.*

## ÍNDICE

Pág.

I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	2
2.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo .....	2
2.2. Forrajes en cultivo hidropónico.....	4
2.2.1. Luz: .....	5
2.2.2. Temperatura: .....	5
2.2.3. Humedad: .....	5
2.2.4. Calidad de semilla: .....	5
2.3. Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico .....	6
2.4. Ventajas de los cultivos hidropónicos.....	10
2.5. Desventajas de los cultivos hidropónicos.....	16
2.6. Densidades de siembra de semilla y relación de producción de FVH .....	17
2.7. Fases del ciclo lunar .....	19
2.8. Diseño experimental.....	23
III. MATERIAL Y METODOS.....	25
3.1. Lugar de Ejecución y Duración del Experimento .....	25
3.2. Tratamientos Evaluados.....	25
3.3. Material y Equipo Experimentales .....	25
3.3.1. Semilla de cebada.....	25
3.3.2. Instalaciones y Equipo .....	26
3.4. Metodología Experimental.....	26
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis.....	26
3.4.2. Técnicas Experimentales.....	27
3.4.3. Variables Evaluadas .....	29
3.4.4. Análisis Estadístico.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	31
4.1. Análisis de producción de planta completa de Germinado Hidropónico.....	31
(GH) de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L) por tratamiento.....	31
4.1.1 Producción de Germinado Hidropónico por bandeja (TCO).....	31
4.1.2 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO) .....	31
4.1.3 Rendimiento de proteína cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de tratamiento en base seca (BS).....	36
4.2. Evaluación de altura de tallo y longitud de raíz de Germinado Hidropónico (GH) de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	38
4.3 Análisis de productividad del Germinado Hidropónico de semilla procesada.....	38
4.4. Evaluación Económica.....	40
V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES .....	42
5.2 RECOMENDACIONES.....	42
VI. RESUMEN .....	43
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	44
VIII. ANEXOS.....	48

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1. Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo .....	11
Cuadro N° 2. Características del forraje verde hidropónico (FVH) de cebada.....	13
Cuadro N° 3. Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada (Hordeum vulgare) .....	15
Cuadro N° 4. Esquema análisis de varianza del Diseño Completo al Azar.....	30
Cuadro N° 5. Peso de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento en TCO a 12 días post siembra (Kg) .....	31
Cuadro N° 6. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	31
Cuadro N° 7. Análisis de materia seca (MS) en tal como ofrecido (TCO) de Germinado Hidropónico de cebada (%).....	32
Cuadro N° 8. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	33
Cuadro N° 9. Análisis de composición química de Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada (100% BS) .....	34
Cuadro N° 10. Producción de Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).....	34
Cuadro N° 11. Altura de tallo de Germinado Hidropónico de cebada (cm) .....	37
Cuadro N° 12. Longitud de raíz de Germinado Hidropónico de cebada (cm) .....	38
Cuadro N° 13. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada (Kg) .....	38
Cuadro N° 14. Rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg) .....	40
Cuadro N° 15. Costo de producción de GH por tratamiento. (S/.) .....	41
Cuadro N° 16. Mérito económico por tratamiento (S/.) .....	41
Cuadro N° 17. Peso de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento en TCO a los 12 días post siembra por tratamiento (Kg) .....	47
Cuadro N° 18. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) por metro cuadrado de cada bandeja de cada tratamiento de Germinado Hidropónico de cebada (Kg) .....	47
Cuadro N° 19. ANAVA producción de Germinado Hidropónico/m2 (TCO) .....	47
Cuadro N° 20. Prueba de Tuckey aplicada a producción de GH/m2 .....	48
Cuadro N° 21. Producción de materia seca de planta completa de Germinado Hidropónico/m2 de cada bandeja por tratamiento (Kg) .....	48
Cuadro N° 22. ANAVA producción de materia seca de GH de cebada/m2 (TCO) .....	48
Cuadro N° 23. Prueba de Tuckey aplicada a producción de materia seca de GH/m2 .....	48
Cuadro N° 24. Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico de cebada/ m2 de cada bandeja por tratamiento (Kg).....	49
Cuadro N° 25. ANAVA producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca.....	49
Cuadro N° 26. Prueba de Tuckey aplicada a producción de proteína cruda (PC) de GH/m2.....	49
Cuadro N° 27. Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico (GH) de cebada /m2 de cada bandeja por tratamiento (Kg).....	50
Cuadro N° 28. ANAVA producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca. ....	50
Cuadro N° 29. Prueba de Tuckey aplicada a producción de fibra cruda (FC) de GH/m2 .....	50
Cuadro N° 30. Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico (GH) de cebada/m2 de cada bandeja por tratamiento (Kg).....	51
Cuadro N° 31. ANAVA producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca. ....	51
Cuadro N° 32. Prueba de Tuckey aplicada a producción de extracto etéreo (EE) de GH/m2 ..	51

Cuadro N° 33.	Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de cebada/ de cada bandeja por tratamiento (Kg).....	52
Cuadro N° 34.	ANAVA producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca.....	52
Cuadro N° 35.	Prueba de Tuckey aplicada a producción de cenizas (CEN) de GH/m2.....	52
Cuadro N° 36.	Longitud de tallo de Germinado Hidropónico de cebada de cada bandeja por tratamiento (cm) .....	53
Cuadro N° 37.	ANAVA longitud de tallo de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (Hordeum vulgare).....	53
Cuadro N° 38.	Prueba de Tuckey aplicada a longitud de tallo de GH.....	53
Cuadro N° 39.	Longitud de raíz de Germinado Hidropónico de cebada de cada bandeja por tratamiento (cm).....	54
Cuadro N° 40.	ANAVA longitud de raíz de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (Hordeum vulgare). .....	54
Cuadro N° 41.	Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada de cada bandeja por tratamiento (Kg).....	54
Cuadro N° 42.	ANAVA de producción de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada. ....	55
Cuadro N° 43.	Prueba de Tuckey aplicado a rendimiento de GH/Kg. de semilla procesada de cebada. ....	55
Cuadro N° 44.	Rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada bandeja por tratamiento (Kg). ....	55
Cuadro N° 45.	ANAVA de producción de materia seca de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada. ....	56
Cuadro N° 46.	Prueba de Tuckey aplicado a la de productividad de materia seca de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada.....	56
Cuadro N° 47.	Estructura de costos de producción de GH de cebada (S/.) .....	56



## I. INTRODUCCION

La producción convencional de Germinado Hidropónico ha seguido la tendencia de la agricultura moderna: desarrollarse al margen de la sabiduría ancestral como el uso del calendario lunar para obtener mejores resultados en sus cosechas, la cual pese a tener resultados favorables va siendo cada vez más desplazada por el avance de la ciencia y tecnología disponible para el agricultor moderno. En este marco resulta importante averiguar si el ciclo lunar influye en la producción y productividad de los cultivos hidropónicos que permita abaratar los costos de producción de alimento para ganado, sin detrimento de la calidad nutricional motivo por el cual nos formulamos la siguiente pregunta ¿Cuál es la influencia del ciclo lunar en el rendimiento de Germinado Hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*) en Lambayeque?

Los objetivos planteados en el presente estudio fueron:

- Determinar la fase del ciclo lunar óptima para la siembra de semilla de cebada (*hordeum vulgare*) y logro máximo de rendimiento y calidad nutricional de Germinado Hidropónico en Lambayeque
- Revalorar la cultura ancestral de cultivos en función del ciclo lunar.

Para el logro de los objetivos propuestos se implementaron 4 tratamientos en función del ciclo lunar encontrando diferencias estadísticamente significativas que permitirán en lo sucesivo optimizar la producción y productividad de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

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

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

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.

El mismo autor citando a Rodríguez manifiesta 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, P.V.C. La altura debe ser tal que ofrezca comodidad en diferentes labores de cultivo. Cada módulo tendrá pendientes longitudinales y transversales para permitir el drenaje de la solución nutritiva en todos los sentidos.

PICHILINGUE (1994) refiere que para lograr una mayor germinación y crecimiento, la luz solar y la ventilación deben ser abundantes.

Asimismo, las plantas deben ser protegidas contra el viento y las heladas, debe también conservarse una constante circulación de aire en la solución, para obtener buenos resultados. En el cultivo de la mayoría de 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 de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizarse semillas tratadas con fungicidas o preservantes. La semilla debe ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo. Para la semilla de cebada, se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico por cada kilo de semilla.

CHAUCA *et al.* (1994) refieren que la cebada es la que presenta mayor precocidad para germinar, al tercer día se inicia la germinación y en solo 48 horas germina el 98%. El desarrollo de las plántulas y posteriormente de las plantas se evaluó a través de tres semanas.

## **2.2. 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, mencionado:

### **2.2.1. 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.

### **2.2.2. Temperatura:**

Para una óptima producción de FVH, la temperatura debe estar entre 22°C y 25°C.

### **2.2.3. Humedad:**

Es otro factor importante en la producción de FVH, debiendo oscilar entre 65-70% de humedad relativa (H.R).

### **2.2.4. 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. 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 ovulo fecundado.

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

Menciona los siguientes requisitos para la producción de FVH:

- 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 la propagación de enfermedades se presenta fácilmente.

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

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

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

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

- **Selección de semilla:** Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además las semillas

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

- **Lavado:** Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas.
- **Desinfección:** Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10/ml. de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla.
- **Remojo:** Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.
- **Oreo:** Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un 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. Son regadas de tres a cuatro días bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.
- **Producción:** En esta etapa existe una mayor iluminación, además el FH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de este dura entre seis a ocho días alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm., el cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.
- **Cosecha:** Finalmente se realiza cosecha, desmenuzando el FH en forma manual o mecánica, para un mejor suministro a los animales.

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

- 1º. Poder germinativo.- Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para calcularla es:  $((N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / \text{Cantidad semillas sembradas}) \times 100)$ . Una semilla cuyo poder germinativo sea menor de 70% no es aconsejable para sembrarla.

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

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

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

LEES (1983), citado por PÉREZ (1994), considera que la producción de forraje hidropónico es ventajosa debido a que crece en bandejas sin necesidad de suelo. Así, si los animales se alimentan con ese producto todo el año no hay contaminación de parásitos y se obtienen grandes ahorros en vermífugos, la producción se controla de cerca y sus ciclos tienen lugar rápidamente en condiciones ideales, por eso el forraje resultante ofrece un análisis uniforme, que facilita la preparación de las raciones.

DURANY (1982), Adiciona las siguientes condiciones ventajosas:

- Producción con características cualitativas superiores.
- Mayor precocidad de producción.
- Mejor control de las condiciones fitosanitarias del cultivo dado que antes del trasplante o de la siembra este puede ser completamente esterilizado con compuestos químicos que no se pueden emplear en absoluto en el terreno.
- Mayor producción unitaria respecto a la obtenible con el cultivo normal.

- Posibilidad de cultivar repetida e ininterrumpidamente una misma especie sin recurrir a la alternancia, y sin que se verifique fenómenos de cansancio o agotamiento.
- Menor empleo de mano de obra.
- Reducción del consumo de agua.

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

- **Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro N°1) Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18%. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

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

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

Fuente: Carámbula y Terra (2000).

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

- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.
- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada (Cuadro N° 2) el FVH se aproxima a los valores encontrados para el concentrado

especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad.

Cuadro N° 2. Características del forraje verde hidropónico (FVH) de cebada.

Parámetro (B.S)	FVH (Cebada)
Energía (kcal/kg MS)	3.216
Proteína Cruda (%)	25
Digestibilidad (%)	81,6
Kcal Digestible/Kg	488
Kg Proteína Digestible/Tm	46,5

Fuente: Sepúlveda, Raymundo. 1994.

- **Costos de producción.** Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio .
- **Diversificación e intensificación de las actividades productivas.** El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Has. de avena de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. De igual forma, el sistema FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales. El FVH no intenta

competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

- **Alianzas y enfoque comercial.** El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer en forma urgente complemento nutricional. También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje.

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

- a) Es un sistema nuevo para producir forrajes: conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
- **Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero:** Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo que nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
  - **Requiere poca Agua:** En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg

de forraje/día. Requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.

- La Producción es constante todo el año: El Sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas.

b) Desde un Punto de Vista Nutricional: El forraje Hidropónico al alcanzar una altura de 20 a 30 cm. es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables. La composición química se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 3. Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*)

ANALISIS		RAICES	TALLOS	HOJAS	TOTAL
Proteína	%	12.19	27.18	35.28	16.02
Grasa	%	5.68	4.55	3.76	5.37
Fibra cruda	%	10.29	26.32	21.50	12.94
ELN	%	69.28	36.78	34.66	62.63
Ceniza	%	2.56	5.17	4.8	3.03
N.D.T	%	84.03	61.29	76.26	80.91

FUENTE: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos UNALM.

- c) Las mejoras que obtenemos con el uso de forraje hidropónico en la alimentación animal se dan en: ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, producción de leche, mayor contenido de grasa y sólidos totales en la leche.
- d) Reducción de Costos de Alimentación y de Inversiones: Muchos de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero o aun peor no disponen de terreno agrícola, como se da en el caso de criadores de cuyes, se ven obligados a comprar forraje la cual es cada

vez una oferta más reducida. El costo del FVH es inferior a un forraje comprado.

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

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

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

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



Hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar.

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

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

LÓPEZ BENALCAZAR (2010) manifiesta que la densidad de siembra para la cebada en cultivo hidropónico es de 20/gr/d/m<sup>2</sup> a una profundidad de 2/cm, menciona que los rendimientos son de 9 a 12 kilogramos de FVH por un kilogramo de semilla en condiciones normales. Y su cita a Falcones, J. (2000), menciona que la especie que se adapta mejor a la producción de FVH es la cebada tiene mayor crecimiento 20,6 cm y mayor rendimiento de materia verde 6,27 kg. / Kg. de semilla, en el menor tiempo necesario para su cosecha. También expresa que la cebada es la especie con la que se produce mejor forraje hidropónico en menor tiempo, tiene rendimiento de materia seca menor que la avena 0,62 kg. Frente a 0,91 kg. / Kg. de semilla sembrada.

ANDRADE Y CASANOVA (2010) evaluaron cuatro densidades de siembra de cebada: 1kg/m<sup>2</sup>, 1.5kg/m<sup>2</sup>, 2.0kg/m<sup>2</sup> y 2.5 kg/m<sup>2</sup> y concluyeron que el mejor rendimiento lo obtuvieron con la densidad 2.5 Kg. de semilla de cebada/m<sup>2</sup> con una tasa de conversión de 5.76 a 1 confirmándose de esta manera una de las grandes ventajas de este forraje.

MIRANDA (2006) citando a RODRIGUEZ (1994) manifiesta que se debe realizar la cosecha a los 10 días obteniéndose alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada es decir una relación de 1: 6 aproximadamente.

TARRILLO (2005), menciona que para semillas de cebada, trigo, y avena se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de FVH por cada kilo de semilla.

CORRALES (2012) indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de Germinado Hidropónico inducen a confusión porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso:

El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento "siembra en bandejas" y muchos

confunden este término cuando nos queremos referir al peso inicial por lo que propone llamar peso de semilla "procesada" a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

## **2.7. Fases del ciclo lunar**

CALENDARIO 365 (2013) indicó que el 5 de setiembre sería luna nueva, el 12 de setiembre cuarto creciente, el 19 de setiembre luna llena y el 27 de setiembre cuarto menguante.

CALZODIACAL (2013) describe las fases lunares como la interacción entre los movimientos del sol, la luna y la tierra y manifiesta que en un año la luna realiza trece recorridos en torno a la tierra, es decir trece lunaciones. Cada lunación tiene una duración de 29 días aproximadamente y está dividida en cuatro etapas llamadas fases o cuartos de luna.

El ciclo lunar se inicia con la Luna Nueva (cuando la superficie de la Luna no refleja los rayos del Sol), pasando por el cuarto creciente, para llegar a la Luna Llena (cuando se ve iluminada en su totalidad), luego Cuarto Menguante hasta regresar a la Luna Nueva.

Luna nueva o primer cuarto: Se da cuando el sol y la luna se encuentran en conjunción.

La Luna no es visible porque se eleva en el horizonte junto con el Sol y es cuando debemos aprovechar el ambiente de la naturaleza que en este ciclo es de fertilidad. En esta etapa los fluidos están en su más

bajo nivel, por eso se relaciona con la tierra húmeda, propicia para la siembra, porque en un perfecto equilibrio de los elementos de la creación la tierra proporciona a la semilla lo mejor en el cultivo agrícola.

Luna creciente o segundo cuarto: Se da cuando el sol y la luna se encuentran en un ángulo de 90 grados y vemos "la media luna", como una "D", porque el Sol ilumina sólo la mitad de la cara de la Luna, ésta se eleva hacia el mediodía y se oculta hacia la medianoche.

En esta etapa los fluidos ascienden generando el crecimiento de lo que encuentran a su paso, siendo un periodo adecuado para el desarrollo de lo iniciado en la fase anterior.

Luna llena o tercer cuarto: Se da cuando el sol y la luna se encuentran en oposición, es decir guardan una distancia de 180 grados, el Sol ilumina de frente toda la cara de la luna por eso la vemos "llena", redonda. La Luna aparece al anochecer y se eleva paulatinamente a lo largo de la noche.

Este es un periodo de culminación y de recolección, es en este ciclo cuando vemos el resultado de lo que sembramos.

Luna menguante o cuarto oscuro: Es cuando el Sol y la Luna se encuentra nuevamente en un ángulo de 90 grados, esta vez la mitad de la cara de la Luna se ve iluminada formando una "C". La luna se eleva hacia la media noche y alcanza su posición más alta justo al amanecer. Este es un periodo de descanso, de preparación para volver a sembrar.

RESTREPO (2005) indica que la fuerza de atracción de la Luna, más la del Sol, sobre la superficie de la Tierra en determinados momentos ejercen una elevada atracción sobre todo líquido de la superficie terrestre, con amplitudes muy diversas según sea la naturaleza, el estado físico y la plasticidad de la sustancia sobre las que actúan estas fuerzas. Así en determinadas posiciones de la luna el agua de los océanos asciende hasta alcanzar una altura máxima, para descender a continuación hasta un nivel mínimo, manteniéndose regular y sucesivamente esta oscilación.

El influjo lunar beneficia el desarrollo y el crecimiento de forma muy acusada en muchas plantas, entre las cuales se destacan las trepadoras, buganvillas o veraneras, rosales, leguminosas, glicinas, etc. Por otro lado, también se ha comprobado que en algunos vegetales la floración sigue el ritmo del flujo y el reflujo de las mareas y ciertos árboles que se cultivan para la obtención de jugos azucarados también siguen el ritmo de las mismas, siendo abundante mientras se produce el flujo y haciéndose más escaso en el reflujo de la marea.

Otras investigaciones sobre la influencia de la luminosidad lunar en las plantas estiman que, por lo menos en un 50%, la luz lunar tiene influencia sobre la maduración de muchos granos y una gran parte de frutos. Al mismo tiempo se relaciona la influencia de la luna con la actividad de la formación y calidad de los azúcares en los vegetales.

INFOJARDIN (2013) manifiesta que las fases del ciclo lunar están relacionadas con el devenir de numerosos procesos que suceden en la naturaleza y recomienda lo siguiente:

#### **En luna nueva**

- Eliminar las malas hierbas.
- Quitar las hojas marchitas.
- Aplicar fertilizante a las plantas de hoja verde.
- No regar las plantas de interior.
- Resulta favorable para abonar y arar el suelo.
- Optima fase para la siembra de césped si se acompaña de tiempo lluvioso.
- Los árboles de hoja redonda, se plantan en Luna Nueva y los de hoja larga, en Menguante. Y lo mismo en cuanto a su poda.

#### **Cuarto Creciente**

- Es la fase más propicia para cultivar los terrenos arenosos, limpiar las hojas, podar, abonar y plantar cualquier variedad de planta de flor.
- Las plantas abonadas y cuidadas en esta etapa crecen más rápidamente.
- En cambio, es poco recomendable regar las plantas de flor durante esta fase.

#### **Cuarto Menguante**

- Se recomienda quitar las hojas marchitas.
- Regar por abajo la planta de flor y pulverizar la planta de hoja verde.
- Es la mejor fase para realizar trasplantes y acabar con los insectos y

las malas hierbas.

- Esparcir estiércol
- Todas las verduras que crecen bajo tierra se tienen que sembrar en menguante. Maíz, tomate, alubia, en luna nueva.

### **Luna Llena**

- Invita a la recolección.
- También es un buen momento para fertilizar las plantas y regar.
- Trasplantar las plantas de interior.

## **2.8. 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.

RODRIGUEZ (1991) resume la importancia de la regresión lineal en los procesos agronómicos de la siguiente manera:

- Permite estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  a partir de mínimos cuadrados.
- Permite medir la relación entre dos variables.
- Permite estimar el impacto de una variable sobre otra.
- Permite calcular valores esperados de las variables involucradas en el proceso y evaluar las características de la relación entre dos variables.



### **III. MATERIAL Y METODOS**

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

La fase de campo para producir Germinado Hidropónico se realizó en el centro poblado Nuevo Mocse de la provincia de Lambayeque desde el 23 de octubre de 2013 hasta el 22 de Noviembre del mismo año, y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición animal de la Facultad de ingeniería Zootecnia UNPRG.

#### **3.2. Tratamientos Evaluados**

Se establecieron 4 tratamientos coincidiendo con el número de fases del ciclo lunar:

T1: Inicio de proceso en cuarto menguante con 8 repeticiones.

T2: Inicio de proceso en luna nueva con 8 repeticiones.

T3: Inicio de proceso en cuarto creciente con 8 repeticiones.

T4: Inicio de proceso en luna llena con 8 repeticiones.

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

##### **3.3.1. Semilla de cebada**

La cebada se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en cuatro locales comerciales ubicados en la Av. Venezuela y se adquirió semilla con 95% de pureza física, 90% de poder germinativo que arrojó un valor cultural de 85.95%.

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

El estudio se realizó en dos torres de producción hidropónica, las cuales contaban con el equipo y material necesario para el proceso productivo de forraje hidropónico.

Para el ensayo se necesitó lo siguiente:

- 20 Kg. de semilla de cebada (*Hordeum vulgare*).
- 32 bandejas plásticas para hidroponía de 0.1836 m<sup>2</sup> de área (0.33m x 0.53m)
- 02 baldes de 20 litros para lavado y remojo de semilla.
- 02 baldes de 20 litros para oreo de semilla.
- 0.25 litros de solución de lejía (hipoclorito de sodio).
- Agua potable permanente.
- Equipo de riego.
- 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg y aproximación de 50 gramos.

### **3.4. Metodología Experimental**

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

Se hizo el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

Ha: Si existe diferencia entre tratamientos

Para tomar la decisión de rechazar una de las hipótesis fueron contrastadas mediante un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones (12 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable aleatoria observable correspondiente al i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$t_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental que se presenta al efectuar la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

t = número de tratamientos.

### 3.4.2. Técnicas Experimentales

#### Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 32 bandejas para realizar el cultivo, asignando ocho bandejas a cada tratamiento. A continuación se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico con diferentes densidades de siembra.

- Área de Pre germinación:
  - Limpieza de impurezas de la semilla adquirida en el mercado Moshoqueque del Distrito José Leonardo Ortiz de la provincia de Chiclayo.

Asignación de semilla "limpia" por bandeja y por tratamiento:

- Se calculó el área de bandeja:  $0.33\text{m} \times 0.53\text{m} = 0.1836\text{m}^2$ .
- Se calculó, para cada tratamiento, la cantidad de semilla seca "limpia" por bandeja dando como resultado 0.55 Kg./ bandeja y se multiplicó por 8 (cantidad de repeticiones) obteniendo 4.4 Kg.

de semilla por tratamiento y al multiplicar por 4 (número de tratamientos) se obtuvo un total de 17.60 Kg de semilla limpia para todo el estudio.

Para iniciar el proceso de producción se respetó la fecha de inicio de cada fase lunar:

T1: Inicio de proceso en cuarto menguante (27 /10/13)

T2: Inicio de proceso en luna nueva (3/11/13)

T3: Inicio de proceso en cuarto creciente (10/11/13)

T4: Inicio de proceso en luna llena (17/11/13)

La metodología utilizada en cada tratamiento fue la siguiente:

- Pesado de 4.40 Kg. de semilla "limpia" previamente escogida
- Lavado de semilla con agua pura (3 veces) para eliminar polvo y otras impurezas.
- Desinfección de semilla con hipoclorito de sodio al 0.01% durante 2 horas.
- Lavado para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla.
- Remojo por veinticuatro horas.
- Oreado en baldes debidamente tapados durante 48 horas (dos días).

#### **Área 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 de cada tratamiento se procedió a pesar el total de semilla oreada y

se dividió entre 32 para realizar una distribución homogénea de la semilla húmeda.

Luego de sembrar las semillas en ocho bandejas por cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provistas de manta oscura donde permanecieron por un periodo de 4 días post siembra en bandejas hasta 7 días de edad.

Diariamente se regaron las bandejas, 3 veces al día: 7:00 am; 12:00 m y 5:00 pm. con ayuda de un aspersor.

#### **Área de Producción:**

El día 8 de edad se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de cada tratamiento para la etapa de producción donde permanecieron por un periodo de 7 días más. En este periodo se llevó a cabo el proceso de fotosíntesis y captación de nutrientes. Se continuó con el programa de riego diario.

#### **Cosecha**

A los 15 días de edad se procedió a cosechar el forraje hidropónico, y se pesó la producción de cada bandeja de cada tratamiento con el registro respectivo.

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

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

- Producción de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (MS)
- Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada (TCO)
- Producción de proteína, grasa y fibra cruda por metro cuadrado.
- Longitud del tallo de Germinado Hidropónico al momento de la cosecha.
- Longitud de raíz de Germinado Hidropónico al momento de la cosecha.

#### 3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones por tratamiento. El Análisis de varianza para determinar el valor de  $F_c$  y averiguar si había diferencias entre los tratamientos se realizó según el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4. Esquema análisis de varianza del Diseño Completo al Azar.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	$F_c$
Tratamiento	$t - 1$	$\frac{\sum Y^2}{r} - FC$	$\frac{SCT}{GL_t}$	$\frac{CMT}{CMe}$
Error Experimental	$t(r-1)$		$\frac{SCT - SCT_t}{r}$	
TOTAL	$tr - 1$	$\sum Y^2_{ij} - FC$		

*Fuente: Padrón (2008)*

Para analizar cuál del o los tratamientos fueron mejores se utilizó la prueba de Tuckey.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Análisis de producción de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare* L) por tratamiento.

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

La producción de Germinado Hidropónico por bandeja de cada tratamiento obtenido a los 12 días de post siembra fue:

Cuadro N° 5. Peso de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento en TCO a 12 días post siembra (Kg)

Tratamiento	Fase lunar	Promedio/bandeja
T1	Cuarto menguante	3.27
T2	Luna nueva	3.06
T3	Cuarto creciente	3.75
T4	Luna llena	3.92

#### 4.1.2 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado

##### 4.1.2.1 Producción de GH/m<sup>2</sup> en base fresca (TCO)

El rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento en tal como ofrecido se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 6 Producción de Germinado Hidropónico (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Tratamiento	Fase	Promedio
T1	Cuarto menguante	17.78 <sup>b</sup>
T2	Luna nueva	16.66 <sup>c</sup>
T3	Cuarto creciente	20.43 <sup>a</sup>
T4	Luna llena	21.36 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Al realizar el ANAVA (ver anexo) a 5% de nivel de significancia, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. El coeficiente de variación de 1.05% demuestra la confiabilidad de la

información. Al aplicar la prueba de Tuckey los mejores tratamientos fueron T4 (Luna llena) y T3 (cuarto creciente), entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa y el tratamiento con menos rendimiento de GH/m<sup>2</sup> fue T1 (cuarto menguante).

#### **4.1.2.2 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento.**

La producción de materia seca de GH de cebada por tratamiento al momento de cosecha sirvió para tomar muestras de cada uno y se evaluaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, obteniéndose los resultados:

Cuadro N° 7. Análisis de materia seca (MS) en tal como ofrecido (TCO) de Germinado Hidropónico de cebada (%).

	T1	T2	T3	T4
MS (TCO)	11,24%	9,20%	11,14%	10,87%

Fuente: Laboratorio de nutrición facultad de Ingeniería Zootecnia.

Con los datos de laboratorio se procedió a calcular la producción de materia seca por metro cuadrado. Los resultados fueron:



Cuadro N° 8. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Fase	Promedio
T1	Cuarto menguante	2.00 <sup>b</sup>
T2	Luna nueva	1.53 <sup>c</sup>
T3	Cuarto creciente	2.28 <sup>a</sup>
T4	Luna llena	2.32 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El Análisis de varianza (ver anexo) indicó que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y con Tuckey al 95% se encontró que T4 (luna llena) y T3 (cuarto creciente) superaron a todos los tratamientos y entre ellos no hubo diferencia estadística. Los resultados de T4 con 2.32 kg de materia seca por metro cuadrado se hallaron por debajo de los resultados obtenidos por GUEVARA (2013) de 3.15 Kg. MS/m<sup>2</sup> y RUESTA (2013) que obtuvo 2.69 Kg. de MS/m<sup>2</sup>.

#### **4.1.3 Rendimiento de proteína cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de tratamiento en base seca (BS).**

Los análisis de proteína cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de cada tratamiento se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. Los resultados obtenidos en 100% de Base seca fueron los siguientes:

Cuadro N° 9. Análisis de composición química de Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada (100% BS)

Tratamiento	Fase	PC (%)	EE (%)	CEN (%)	FC (%)
T1	Cuarto menguante	11.67	4.17	4.99	13.32
T2	Luna nueva	11.31	3.91	4.17	12.83
T3	Cuarto creciente	11.49	4.06	4.62	13.49
T4	Luna llena	13.05	3.65	4.47	12.85

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal FIZ (2014)

Con la información precedente se calculó el rendimiento promedio por metro cuadrado por tratamiento de cada nutriente evaluado, los resultados se aprecian en el cuadro N° 10:

Cuadro N° 10. Producción de Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Fibra Cruda (FC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Tratamiento	Fase	PC	EE	CEN	FC
T1	Cuarto menguante	0.23 <sup>c</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.100 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>
T2	Luna nueva	0.17 <sup>d</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.20 <sup>c</sup>
T3	Cuarto creciente	0.26 <sup>b</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>
T4	Luna llena	0.30 <sup>a</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.104 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El Análisis de varianza de rendimiento de Proteína Cruda /m<sup>2</sup> en base seca, demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas al 5% de significancia con un coeficiente de variación de 1.07% que indica la elevada confiabilidad de la información. Los resultados de la prueba de Tuckey indicaron que el mejor tratamiento en producción de

PC/m<sup>2</sup> fue T4 (luna llena) seguido por T3 (Cuarto creciente). El tratamiento menos rendidor en proteína/m<sup>2</sup> fue T2 (Luna nueva).

El tratamiento cuatro (T4) superó a todos los tratamientos pero se halla debajo de lo reportado por CURAY (2013) quien obtuvo un rendimiento 0.44 Kg de PC/m<sup>2</sup> y el de RUESTA (2013) que obtuvo 0.47 Kg. de PC/m<sup>2</sup>.

Los resultados del ANAVA (ver anexo) aplicados al rendimiento de Extracto Etéreo/m<sup>2</sup> en base seca demostraron que existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación de 1.05% indica el elevado grado de confiabilidad de la información. Al aplicar la prueba de comparación múltiple de Tuckey el mejor tratamiento en producción de EE/m<sup>2</sup> fue T3 (cuarto creciente) seguido por T4 (Luna llena). El tratamiento menos rendidor de EE/m<sup>2</sup> en base seca fue T2 (Luna nueva).

Los resultados del ANAVA (ver anexo) de Cenizas/m<sup>2</sup> en base seca demostraron que existen diferencias estadísticas significativas en contenido de cenizas (CEN) entre los tratamientos estudiados. El coeficiente de variación de 1.09% refleja la confiabilidad de los datos obtenidos. La prueba de Tuckey demostró que los mejores tratamientos en cenizas fueron T4 (luna Llena), T3 (cuarto creciente) y T1 (cuarto menguante) entre los cuales no hubo diferencias

estadísticas significativas. El tratamiento con menor contenido de cenizas/m<sup>2</sup> fue T2 (luna nueva)

Los valores de los mejores tratamientos se encontraron por encima del nivel encontrado por RUESTA (2013) de 0.09 Kg. CEN/m<sup>2</sup> y de 0.08 Kg CEN/m<sup>2</sup> encontrados por CURAY (2013).

Los resultados del ANAVA (ver anexo) del rendimiento de Fibra Cruda/m<sup>2</sup> en base seca demostraron que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos a un nivel de significancia de 5%. El coeficiente de variación fue de 1.07%. Los resultados de la prueba de Tuckey indicaron que los mejores tratamientos en producción de fibra cruda de Germinado Hidropónico (GH)/m<sup>2</sup> fueron T3 (cuarto creciente) y T4 (luna llena) entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa. El tratamiento menos rendidor de FC/M2 fue T2 (luna nueva).

Los valores de T4 y T3 se hallaron por debajo del rendimiento en Kg. de FC/m<sup>2</sup> reportados por CURAY (2013) de 0.38 Kg.

#### **4.2. Evaluación de altura de tallo y longitud de raíz de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

##### **4.2.1. Evaluación de la altura de tallo de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

Se evaluó la longitud del tallo de Germinado Hidropónico de cada tratamiento, tomando al azar cinco muestras de cada bandeja, de cada tratamiento obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N° 11. Altura de tallo de Germinado Hidropónico de cebada (cm)

Tratamiento	Fase	Media
T 1	Cuarto menguante	16.03c
T 2	Luna nueva	17.43bc
T 3	Cuarto creciente	19.14ab
T 4	Luna llena	20.17a

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El ANAVA demostró que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (ver anexo) por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tuckey indicando que el mejor tratamiento con longitud de tallo fue T4 (luna llena) seguido por T3 (Cuarto creciente). El tratamiento con menor longitud de tallo fue T1. Las altura máxima obtenidas en T4 de 21. 68 cm. Se halló debajo de la altura máxima reportada por GUEVARA (2013) de 28 cm.

Al evaluar la frecuencia de ocurrencia de alturas en el tallo del tratamiento cuatro (T4) vemos que el 50% fue mayor a 20cm, 37.5% superior a 19cm pero menor a 20cm y 12.5% presento medidas mayores a 18cm pero menores a 19 cm. Pudiendo apreciarse una longitud homogénea de tallo en este tratamiento.

#### **4.2.2. Evaluación de la longitud de raíz de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

De las cinco muestras tomadas de cada bandeja de cada tratamiento se midió la longitud de la raíz extendida de Germinado Hidropónico de cebada obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N° 12. Longitud de raíz de Germinado Hidropónico de cebada (cm)

Tratamiento	Fase	Media
T 1	Cuarto menguante	12.45 <sup>a</sup>
T2	Luna nueva	12.55 <sup>a</sup>
T 3	Cuarto creciente	12.01 <sup>a</sup>
T 4	Luna llena	11.03 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

#### 4.3. Análisis de productividad del Germinado Hidropónico 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 cebada (*Hordeum vulgare*) procesada.

##### 4.3.1. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg. de semilla procesada (TCO).

El peso de cada bandeja de cada tratamiento se convirtió a rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) obtenido a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada.

Cuadro N° 13. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada (Kg).

Tratamiento	Fase	Promedio
T1	Cuarto menguante	5.94 <sup>b</sup>
T2	Luna nueva	5.56 <sup>c</sup>
T3	Cuarto creciente	6.82 <sup>a</sup>
T4	Luna llena	7.13 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Los resultados del ANAVA (ver anexo) demostraron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación de 1.05% refleja el elevado nivel de confianza de la información. Al aplicar la prueba de Tuckey los mejores tratamientos fueron T4 (luna llena) y T3 (cuarto creciente) no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre ambos. El tratamiento con menor rendimiento de Germinado Hidropónico por Kg. de semilla procesada fue T2 (luna nueva).

Los rendimientos hallados en T4 y T3 se encuentran por debajo de los índices de la FAO que publica un rendimiento de 12 a 18 Kg por kg. de semilla sembrada y LOPEZ (2010) de 9 a 12 kg. de GH pero por encima de los niveles reportados por FALCONES (2000) de 6.27 Kg.; ANDRADE Y CASANOVA (2010) de 5.76 Kg.; MIRANDA (2006) de 6.00kg.; GUEVARA (2012) de 5.43 y RUESTA (2013) de 6.86 Kg. Los resultados encontrados se hallan dentro del rango de 6 a 8 Kg. de GH publicado por TARRILLO (2005).

#### **4.3.2 Rendimiento de materia seca de Germinado Hidropónico por kg. de semilla procesada.**

El rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento se calculó con los niveles de materia seca de cada tratamiento, obtenidos en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Los resultados que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 14. Rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Tratamiento	Fase	Promedio
T1	Cuarto menguante	0.67 <sup>c</sup>
T2	Luna nueva	0.51 <sup>b</sup>
T3	Cuarto creciente	0.76 <sup>a</sup>
T4	Luna llena	0.78 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Los resultados demostraron que existen diferencias estadísticas significativas en la producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada entre los tratamientos evaluados (ver anexo). La prueba de comparación múltiple de Tuckey indicó que los mejores tratamientos los mejores fueron T4 (luna llena) y T3 (cuarto creciente). El tratamiento menos rendidor fue T2 (luna nueva). Los valores de T4 y T3 se hallaron por debajo de los rendimientos logrados por RUESTA (2013) quien obtuvo 0.899 Kg. de MS/m<sup>2</sup> y GUEVARA (2012) de 1.05 Kg. de MS/m<sup>2</sup>.

#### 4.4. Evaluación económica

El costo de producción de cada tratamiento se realizó con la estructura de costos de la empresa "Vallesol SAC", (ver anexo) consignando el costo de la semilla, mano de obra en cada parte del proceso y el agua se valorizo referencialmente a cinco céntimos el litro (S/0.05). El menor costo de producción de kilogramo de Germinado Hidropónico de cebada de cada tratamiento fue de T4 (luna llena).



Cuadro N° 15. Costo de producción de GH por tratamiento. (S/.)

Tratamiento	T1	T2	T3	T4
Costo/Kg	S/. 0.84	S/. 0.90	S/. 0.74	S/. 0.71

#### 4.4.1 Merito Economico

El mejor mérito económico lo obtuvo T4 (luna llena) con S/. 0.78 logrando una eficiencia de 19.82% sobre T1. El menos eficiente fue T2 (luna nueva) con 8.41% sobre T1.

Cuadro N° 16. Merito económico por tratamiento (S/.)

	T1	T2	T3	T4
MERITO ECONOMICO	0.98	1.06	0.82	0.78
Merito Economico (%)	100	108.41	84.56	80.18

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

1. Las diferentes etapas del ciclo lunar influyen sobre la producción y valor nutritivo del Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*).
2. A un nivel de 5% de significancia, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción de Germinado Hidropónico/m<sup>2</sup> (TCO) entre todos los tratamientos.
3. A un nivel de 5% de significancia T4 (luna llena) fue el mejor tratamiento para producir Proteína Cruda y Extracto Etéreo por metro cuadrado en base seca.
4. La mejor altura de tallo (cm) se logró con T4 (luna llena) y no se hallaron diferencias estadísticas significativas al evaluar la longitud de la raíz.
5. El mayor Rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) y Materia Seca (MS) por kilogramo de semilla procesada se logró con los tratamientos de luna llena y cuarto creciente.
6. El tratamiento con mejor merito económico fue T4 (luna llena) y los más caros fueron T1 (cuarto menguante) y T2 (luna nueva).

### **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Evaluar la influencia del ciclo lunar en la productividad de otras gramíneas destinadas a la producción de Germinado Hidropónico en Lambayeque.
2. Estudiar estrategias para compensar la menor productividad del Germinado Hidropónico de cebada sembrada en los ciclos diferentes al de luna llena y cuarto creciente.

## VI. RESUMEN

Desde el 23 de octubre de 2013 hasta el 22 de Noviembre del mismo año, en el centro poblado de Nuevo Moccse, Provincia de Lambayeque – Región Lambayeque se implementó un estudio experimental con cuatro tratamientos para establecer la influencia del ciclo lunar en la producción de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.): T1: siembra en cuarto menguante; T2= siembra en luna nueva; T3 = siembra en cuarto creciente y T4 = siembra en luna llena.

Los resultados indicaron que el ciclo lunar sí influye en la producción y productividad del Germinado Hidropónico de cebada.

La mayor producción de Proteína Cruda (PC)/m<sup>2</sup> en base seca se logró con T4 (luna llena) y la Producción de Germinado Hidropónico/m<sup>2</sup>, MS/m<sup>2</sup>, CEN/m<sup>2</sup> y FC/m<sup>2</sup> se lograron por los tratamientos T4 y T3 entre los cuales no hubo diferencias estadísticas significativas a un nivel de 5% de significancia.

La mejor longitud del tallo de Germinado Hidropónico, se logró con T4 (luna llena) pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la longitud de la raíz.

El mejor merito económico lo presentó el tratamiento cuatro (luna llena) y los tratamientos uno (cuarto menguante) y dos (luna nueva) fueron los más caros y menos eficientes.

## VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALIAGA RODRIGUEZ, L., MONCAYO GALLIANI, R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 pp.
- ANDRADE MONCAYO, D., CASANOVA ARMAS D. 2010. Evaluación de tres densidades de siembra, días al corte e intensidades lumínicas en forraje verde hidropónico (FVH) DE CEBADA (*hordeum vulgare*) en la granja experimental ECCA. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Ibarra. 137pp.
- CALENDARIO LUNAR 365. Calendario Lunar por día. En línea. Sin fecha de publicación. Visitado el 9 de setiembre de 2013. Disponible en <http://www.calendario-365.es/calendario-lunar/2013/septiembre.html>
- CALZODIACAL 99. Las Fases lunares. En línea. Sin fecha de publicación. Consultado el 5 de setiembre de 2013. Disponible en <http://calzodiacal99.tripod.com/faseslun.htm>
- CORONA RIVERA LUIS A. (2011), Producción de forraje verde en la mixteca poblana una alternativa nutricional para la época de sequía. Documento en línea. Publicado el 15 de marzo de 20011. Consultado el 25 de abril de 2012 disponible en: <http://www.engormix.com/MAGanaderia-carne/nutricion/articulos/forraje-verde-hidroponico-t3284/141-p0.htm>
- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- CHAUCA; ZALDIVAR; MUSCARI; HIGAONNA; GAMARRA; FLORIAN. 1994. Proyecto Sistemas de Producción de Cuyes. Tomo II. Instituto de Investigación Agraria INIA, Lima – Perú. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo CIID, Canadá. 97: 25 – 27.
- DURANY, U. 1982. Cultivo de Plantas sin Tierra, 4ta. Ed., Editorial SINTES, S.A., Barcelona. España.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (Manual Técnico). 68 pp.

GIL V. 2007, Producción Competitiva de Cuyes I, Primera Parte, talleres Gráficos de la editorial Edmundo Pantigozo. Cusco – Perú.

INFOJARDIN (2013), Influjo de la luna en los cultivos. La influencia de la luna en las plantas de jardín y huerto. En línea. Publicado el año 2013. Visitado el 5 de setiembre de 2013. Disponible en <http://articulos.infojardin.com/boletin-archivo/6-influjo-luna-cultivos-influencia-luna-plantas-jardin-huerto.htm>

LOPEZ BENALCAZAR E. (2010), Hidroponía. Documento en línea s/f. consultado el 16 Abril 2012. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPITULO%20II.pdf>

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, 49 pp.

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

PEREZ, M. 1994. Producción de forraje en base a germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*). Tesis Magister Scientiae. Escuela de Post grado, Especialidad de Producción Animal. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.

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

QUIÑONES, R. 2011. Producción de forraje hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*), maíz (*zea mays*) y arroz (*oryza sativa*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 64 pp

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

- REGALADO, F. 2012. Docente Facultad Agronomía Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Entrevista sobre utilización de soluciones nutritivas en Forraje Verde Hidropónico.
- RESTREPO RIVERA JAIRO. 2005. La luna y su influencia en la agricultura. En línea. Publicado el año 2005. Visitado el 1 de setiembre de 2013. Disponible en <http://www.asoc-biodinamica.es/documentos/InfluenciaFasesLunares.pdf>
- RODRIGUEZ, D. 1991. Métodos de investigación pecuaria. Editorial Trillas. México DF, México. 208 pp.
- RODRÍGUEZ, L. 2002. Hidroponía agricultura y bienestar, Doble Hélice Universidad Autónoma de Chihuahua - México.
- ROJAS, M. 1998. Cultivo hidropónico de centeno forrajero: densidad, edad de utilización y respuesta animal. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 94 pp.
- SIAN, SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA. 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea. Publicado el año 2011, Visitado el 15 de setiembre de 2013. Disponible en <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>
- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41pp.
- UNDERWOOD, E. SUTTLE, N. 2002. Los minerales en la nutrición del ganado. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 3ra. Edición. 637 pp.
- VILLAREAL, J. 2006. Introducción a la botánica forestal. Editorial Trillas. México. 3ra. Edición. 151 pp.

## VIII. ANEXOS

Cuadro N° 17. Peso de Germinado Hidropónico por bandeja por tratamiento en TCO a los 12 días post siembra por tratamiento (Kg)

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	3.29	2.91	3.73	3.98
b2	2.92	3.12	3.72	3.69
b3	3.10	3.01	3.71	4.07
b4	3.17	3.05	3.81	4.13
b5	3.49	3.20	3.74	3.85
b6	3.37	2.93	3.81	4.03
b7	3.33	3.01	3.57	3.83
b8	3.47	3.26	3.94	3.83
Promedio	3.27	3.06	3.75	3.92

Cuadro N° 18. Producción de Germinado Hidropónico (TCO) por metro cuadrado de cada bandeja de cada tratamiento de Germinado Hidropónico de cebada (Kg)

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	17.92	15.82	20.29	21.65
b2	15.88	16.99	20.23	20.07
b3	16.88	16.37	20.21	22.14
b4	17.24	16.61	20.72	22.47
b5	18.98	17.43	20.34	20.94
b6	18.36	15.93	20.75	21.95
b7	18.14	16.37	19.44	20.83
b8	18.87	17.76	21.43	20.86
Promedio	17.78 <sup>b</sup>	16.66 <sup>c</sup>	20.43 <sup>a</sup>	21.36 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 19. ANAVA producción de Germinado Hidropónico/m<sup>2</sup> (TCO)

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	116.58	38.86	60.27	2.95	4.57
Error	28	18.05	0.64			
Total	31	134.64				
NS; CV: 1.05%						

Cuadro N° 20. Prueba de Tuckey aplicada a producción de GH/m<sup>2</sup>

	T4	T3	T1	T2
	21.36	20.43	17.78	16.66
16.660	4.70	3.77	1.12	0.00
17.783	3.58	2.65	0.00	
20.428	0.94	0.00		
21.364	0.00			
	Wt	1.371		

Cuadro N° 21. Producción de materia seca de planta completa de Germinado Hidropónico/m<sup>2</sup> de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	2.01	1.46	2.26	2.35
b2	1.79	1.56	2.25	2.18
b3	1.90	1.51	2.25	2.41
b4	1.94	1.53	2.31	2.44
b5	2.13	1.60	2.27	2.28
b6	2.06	1.47	2.31	2.39
b7	2.04	1.51	2.17	2.26
b8	2.12	1.63	2.39	2.27
Promedio	2.00 <sup>b</sup>	1.53 <sup>c</sup>	2.28 <sup>a</sup>	2.32 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 22. ANAVA producción de materia seca de GH de cebada/m<sup>2</sup> (TCO)

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	3.15	1.05	140.12	2.95	4.57
Error	28	0.21	0.01			
Total	31	3.36				
NS; CV: 1.07%						

Cuadro N° 23. Prueba de Tuckey aplicada a producción de materia seca de GH/m<sup>2</sup>

	T4	T3	T1	T2
	2.32	2.28	2.00	1.53
1.532	0.79	0.74	0.47	0.00
2.000	0.32	0.28	0.00	
2.275	0.05	0.00		
2.322	0.00			
	Wt	0.148		



Cuadro N° 24. Producción de Proteína Cruda (PC) de Germinado Hidropónico de cebada/ m2 de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	0.24	0.16	0.26	0.31
b2	0.21	0.18	0.26	0.28
b3	0.22	0.17	0.26	0.31
b4	0.23	0.17	0.27	0.32
b5	0.25	0.18	0.26	0.30
b6	0.24	0.17	0.27	0.31
b7	0.24	0.17	0.25	0.30
b8	0.25	0.18	0.27	0.30
Promedio	0.23 <sup>c</sup>	0.17 <sup>d</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.30 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 25. ANAVA producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	0.07	0.02	220.55	2.95	4.57
Error	28	0.00	0.00			
Total	31	0.07				
NS; CV: 1.07%						

Cuadro N° 26. Prueba de Tuckey aplicada a producción de proteína cruda (PC) de GH/m<sup>2</sup>

	T4	T3	T1	T2
	0.30	0.26	0.23	0.17
0.173	0.13	0.09	0.06	0.00
0.233	0.07	0.03	0.00	
0.261	0.04	0.00		
0.303	0.00			
	Wt	0.018		

Cuadro N° 27. Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico (GH) de  
cebada /m<sup>2</sup> de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	0.27	0.19	0.30	0.30
b2	0.24	0.20	0.30	0.28
b3	0.25	0.19	0.30	0.31
b4	0.26	0.20	0.31	0.31
b5	0.28	0.21	0.31	0.29
b6	0.27	0.19	0.31	0.31
b7	0.27	0.19	0.29	0.29
b8	0.28	0.21	0.32	0.29
Promedio	0.27 <sup>b</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 28. ANAVA producción de fibra cruda (FC) de Germinado  
Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	0.06	0.02	154.77	2.95	4.57
Error	28	0.00	0.00			
Total	31	0.06				
NS; CV: 1.07%						

Cuadro N° 29. Prueba de Tuckey aplicada a producción de fibra cruda (FC) de  
GH/m<sup>2</sup>

	T3	T4	T1	T2
	0.307	0.298	0.266	0.197
0.197	0.11	0.10	0.07	0.00
0.266	0.04	0.03	0.00	
0.298	0.01	0.00		
0.307	0.00			
	Wt	0.019		

Cuadro N° 30. Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico (GH)  
de cebada/m<sup>2</sup> de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	0.08	0.06	0.09	0.09
b2	0.07	0.06	0.09	0.08
b3	0.08	0.06	0.09	0.09
b4	0.08	0.06	0.09	0.09
b5	0.09	0.06	0.09	0.08
b6	0.09	0.06	0.09	0.09
b7	0.09	0.06	0.09	0.08
b8	0.09	0.06	0.10	0.08
Promedio	0.08 <sup>b</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.08 <sup>ab</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 31. ANAVA producción de extracto etéreo (EE) de Germinado  
Hidropónico de cebada por metro cuadrado en base seca.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	0.00472	0.00157	131.82	2.95	4.57
Error	28	0.00033	0.00001			
Total	31	0.01				
NS; CV: 1.08%						

Cuadro N° 32. Prueba de Tuckey aplicada a producción de extracto etéreo (EE) de  
GH/m<sup>2</sup>

	T3	T4	T1	T2
	0.092	0.085	0.083	0.060
0.060	0.03	0.025	0.02	0.00
0.083	0.01	0.001	0.00	
0.085	0.01	0.00		
0.092	0.00			
	Wt	0.006		

Cuadro N° 33. Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de  
cebada/ de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	0.10	0.06	0.10	0.11
b2	0.09	0.07	0.10	0.10
b3	0.09	0.06	0.10	0.11
b4	0.10	0.06	0.11	0.11
b5	0.11	0.07	0.10	0.10
b6	0.10	0.06	0.11	0.11
b7	0.10	0.06	0.10	0.10
b8	0.11	0.07	0.11	0.10
Promedio	0.100 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.104 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 34. ANAVA producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico de  
cebada por metro cuadrado en base seca.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	0.01	0.00308	185.69	2.95	4.57
Error	28	0.00	0.00002			
Total	31	0.01				
NS; CV: 1.09%						

Cuadro N° 35. Prueba de Tuckey aplicada a producción de cenizas (CEN) de  
GH/m<sup>2</sup>

	T3	T4	T1	T2
	0.105	0.104	0.100	0.064
0.064	0.041	0.04	0.04	0.00
0.100	0.005	0.004	0.00	
0.104	0.001	0.00		
0.105	0.000			
	Wt	0.007		

Elaboración propia

Cuadro N° 36. Longitud de tallo de Germinado Hidropónico de cebada de cada bandeja por tratamiento (cm)

BANDEJA	T 1	T2	T 3	T 4
1	18.88	17.20	18.32	20.70
2	14.72	16.48	20.52	19.84
3	14.00	15.86	18.60	21.36
4	13.62	17.32	20.44	20.82
5	17.32	18.42	20.56	21.68
6	16.72	16.44	17.54	19.22
7	17.54	18.54	17.92	18.36
8	15.44	19.18	19.22	19.40
Total	128.24	139.44	153.12	161.38
Media	16.03c	17.43bc	19.14ab	20.17a

Cuadro N° 37. ANAVA longitud de tallo de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (Hordeum vulgare)

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	80.61	26.87	13.90	2.95	4.57
Error	28	54.13	1.93			
Total	31	134.74				
NS; CV: 1.91%						

Cuadro N° 38. Prueba de Tuckey aplicada a longitud de tallo de GH

	T 4	T 3	T2	T 1
	20.17	19.14	17.43	16.03
16.030	4.14	3.11	1.40	0.00
17.430	2.74	1.71	0.00	
19.140	1.03	0.00		
20.173	0.00			
	Wt	1.371		

Cuadro N° 39. Longitud de raíz de Germinado Hidropónico de cebada de cada bandeja por tratamiento (cm)

BANDEJA	T 1	T2	T 3	T 4
1	14.22	12.90	11.30	11.10
2	12.72	11.60	10.20	9.30
3	11.40	12.60	11.20	13.60
4	13.00	12.70	14.20	11.10
5	11.54	11.60	13.20	9.40
6	12.30	11.40	11.60	11.20
7	11.70	14.00	12.40	10.00
8	12.70	13.60	12.00	12.50
Total	99.58	100.40	96.10	88.20
Media	12.45 <sup>a</sup>	12.55 <sup>a</sup>	12.01 <sup>a</sup>	11.03 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 40. ANAVA longitud de raíz de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (Hordeum vulgare)

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	11.63	3.88	2.78	2.95	4.57
Error	28	39.05	1.39			
Total	31	50.68				
NS; CV: 2.46%						

Cuadro N° 41. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	5.98	5.28	6.77	7.23
b2	5.30	5.67	6.75	6.70
b3	5.64	5.46	6.75	7.39
b4	5.75	5.55	6.92	7.50
b5	6.34	5.82	6.79	6.99
b6	6.13	5.32	6.93	7.33
b7	6.05	5.46	6.49	6.95
b8	6.30	5.93	7.15	6.96
Promedio	5.94 <sup>b</sup>	5.56 <sup>c</sup>	6.82 <sup>a</sup>	7.13 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro N° 42. ANAVA de producción de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	12.99	4.33	60.27	2.95	4.57
Error	28	2.01	0.07			
Total	31	15.00				
NS; CV: 1.05%						

Cuadro N° 43. Prueba de Tuckey aplicado a rendimiento de GH/Kg. de semilla procesada de cebada

	T4	T3	T1	T2
	7.13	6.82	5.94	5.56
5.561	1.57	1.26	0.37	0.00
5.936	1.20	0.88	0.00	
6.819	0.31	0.00		
7.132	0.00			
	Wt	0.458		

Elaboración propia

Cuadro N° 44. Rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada bandeja por tratamiento (Kg).

BANDEJA	T1	T2	T3	T4
b1	0.67	0.49	0.75	0.79
b2	0.60	0.52	0.75	0.73
b3	0.63	0.50	0.75	0.80
b4	0.65	0.51	0.77	0.82
b5	0.71	0.54	0.76	0.76
b6	0.69	0.49	0.77	0.80
b7	0.68	0.50	0.72	0.76
b8	0.71	0.55	0.80	0.76
Promedio	0.67 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Cuadro Nº 45. ANAVA de producción de materia seca de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada.

Fuente variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	3	0.35	0.12	140.12	2.95	4.57
Error	28	0.02	0.00			
Total	31	0.37				
NS; CV: 1.07%						

Cuadro Nº 46. Prueba de Tuckey aplicado a la de productividad de materia seca de Germinado Hidropónico a partir de un kilogramo de semilla procesada

	T4	T3	T1	T2
	0.78	0.76	0.67	0.51
0.511	0.26	0.25	0.16	0.00
0.667	0.11	0.09	0.00	
0.759	0.02	0.00		
0.775	0.00			
	Wt	0.049		

Cuadro Nº 47. Estructura de costos de producción de GH de cebada (S/.)

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
PRE GERMINACIÓN	Cebada	Kg.			
	Agua	L			
	Lejía	L			
	Mano de obra	Horas			
	Sub Total				
GERMINACION	Agua	L			
	Mano de obra	Horas			
	Sub Total				
PRODUCCION	Agua	L			
	Mano de Obra	Horas			
	Sub Total				
COSTO PRODUCCIÓN (S/)					
RENDIMIENTO (Kg)					
COSTO FORRAJE (Kg)					
Costo de depreciación/kg					
Costo Total de GH de cebada/ Kg.					

Elaborado en base a estructura de Vallesol SAC