



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**

---



**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

Densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hidropónico de  
avena (avena sativa) en Lambayeque

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniera Zootecnista

**AUTOR:**

Bach. Tatiana Rosales Rojas

**ASESOR:**

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr. (0000-0001-6666-4721)

Lambayeque setiembre de 2023

## TESIS

Densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hidropónico de avena (avena sativa) en Lambayeque

### AUTOR:

Bach. Tatiana Rosales Rojas

### ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

**Aprobada por el siguiente jurado**



---

**Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc.  
Presidente**



---

**Ing. Sergio Rafael B. Del Carpio Hernández, M. Sc.  
Secretario**



---

**Ing. Allan Joel Arriola Vega, M. Sc.  
Vocal**



---

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

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Tatiana Rosales Rojas investigadora principal, e Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. asesor, del trabajo de investigación: “DENSIDAD DE SIEMBRA Y PERIODO DE COSECHA EN GERMINADO HIDROPÓNICO DE AVENA (Avena sativa) EN LAMBAYEQUE”; para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA”, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, setiembre de 2023



.....  
Bach. Tatiana Rosales Rojas

**Investigadora**



.....  
Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.

**Asesor**

## **DEDICADO A:**

*A Dios. por ser el pilar fundamental en mi vida y llenarme de su fuerza, perseverancia y derramar sus bendiciones en mi vida y permitirme seguir crecimiento como persona y profesional.*

*A mis padres Genaro Rosales Jara y María Asteria Rojas Gálvez por todo el esfuerzo, apoyo incondicional y acompañarme en todo el proceso de aprendizaje y forjarme de valores para emprender mi camino a ser profesional.*

*A mi hijo Gael Alexander Pérez Rosales por ser mi motivación del día a día en todas las adversidades que se presentan, conviviendo con nuestras responsabilidades académicas y siempre impulsándome a cada día superarme y seguir mi camino profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios. por habernos dado la vida y también por bendecir a nuestros padres con salud y trabajo para poder encaminarnos por el sendero de la vida a pesar de las adversidades que se presentan y tener la libertad de haber elegido esta profesión y darme la capacidad, sabiduría y felicidad de poder realizarlo y compartirlo con las personas que más amamos.*

*A mis padres. por ser pilares fundamentales en mi formación profesional. por haberme encaminado desde muy pequeña a lograr mis metas; por haberme demostrado la unión. el compañerismo como ejemplo de fortalecimiento ante cualquier circunstancia de la vida; por haberme dado los mejores consejos que han trascendido y engrandecido mis valores y la dedicación han sido importantes en mi crecimiento personal y profesional.*

*A mi asesor. el Ing. **Dr. Napoleón Corrales Rodríguez.** por su apoyo incondicional, por su tiempo para guiarme, revisar y corregirme para que el proyecto de investigación repercuta y genere una solución en los problemas de nuestra vida diaria.*

*A mis docentes. por inculcarnos conocimientos. valores y guiarnos en esta larga etapa para ser profesionales de éxito.*

*Para ellos. ¡Muchas gracias!*

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Resumen	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I. DISEÑO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	6
II. MÉTODOS Y MATERIALES	11
2.1 Tipo y Diseño de estudio	11
2.2 Lugar y duración	11
2.3 Tratamientos evaluados	11
2.4 Materiales	12
2.5 Instalaciones y equipo	12
2.6 Técnicas experimentales	12
2.7 Variables evaluadas	14
2.8 Evaluación de la información	14
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1 Análisis de producción de Germinado Hidropónico (GH) de avena ( <i>Hordeum vulgare</i> ) por tratamiento	16
3.1.1 Producción de Germinado Hidropónico (GH) por bandeja (TCO)	16
3.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de avena de cada tratamiento en base fresca (TCO) y base seca (BS)	17
3.1.3 Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	17
3.1.4 Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	18
3.1.5 Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	19
3.1.6 Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (Kg)	19
3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	20
3.1.8 Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	21
3.2 Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de avena ( <i>Hordeum vulgare</i> ) por tratamiento	22
3.2.1 Rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca por kg de semilla procesada (Kg)	22
3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada	23
3.3 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%)	24
3.4 Costos de producción de los tratamientos evaluados	24
IV. CONCLUSIONES	25
V. RECOMENDACIONES	26
BIBLIOGRAFÍA CITADA	27
ANEXOS	29

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad de siembra según semilla forrajera	8
Tabla 2. Composición Química del Forraje Hidropónico de avena	8
Tabla 3. Esquema de análisis de varianza	15
Tabla 4. Peso de Germinado Hidropónico de bandeja a la cosecha según tratamiento (Kg)	16
Tabla 5. Composición química de Germinado Hidropónico de avena por tratamiento (100% MS)	17
Tabla 6. Rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	18
Tabla 7. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	18
Tabla 8. Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	19
Tabla 9. Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	20
Tabla 10. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	21
Tabla 11. Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	22
Tabla 12. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	23
Tabla 13. Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	23
Tabla 14. Temperatura (°C) y humedad relativa (%)	24
Tabla 15. Costo de producción de germinado hidropónico	24

## Resumen

### Densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hidropónico de avena (Avena sativa) en Lambayeque

El estudio se realizó en el asentamiento humano Nuevo Mocse de la provincia y distrito de Lambayeque del 23 de setiembre al 7 de octubre de 2021 y tuvo como objetivos: a) Determinar la densidad de siembra y periodo de cosecha óptimos para germinado hidropónico (GH) de avena en Lambayeque; b) Determinar el rendimiento (kg/m<sup>2</sup>) de MS, PC, EE, FC y CEN de cada tratamiento; c) Determinar la mejor productividad (kg/kg de semilla procesada) de GH en base fresca y materia seca y d) Determinar los costos de producción de un kg de GH de avena en base fresca (TCO) y de materia seca (MS). Se implementaron 6 tratamientos definidos por la interacción entre densidad de siembra y periodo de cosecha siendo: T1: 3 kg/m<sup>2</sup>-13 días; T2: 3 kg/m<sup>2</sup>-15 días; T3: 4 kg/m<sup>2</sup>-13 días; T4: 4 kg/m<sup>2</sup>-15 días; T5: 5 kg/m<sup>2</sup>-13 días y T6: 5 kg/m<sup>2</sup>-15 días. Se utilizó un Diseño Completo al Azar con arreglo factorial 3 x 2 con igual número de repeticiones (7 bandejas). El análisis de varianza halló diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Duncan demostró que los mejores resultados en rendimiento (kg/m<sup>2</sup>) de GH, MS, PC, FC y CEN pero la mayor productividad de GH y MS (Kg/kg de semilla) y menor costo se lograron con una densidad de siembra de 4kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad.

**Palabras clave:** hidroponía, avena, densidad, edad cosecha

## Summary

### **Planting density and harvest period in hydroponic sprouts of oats (*Avena sativa*) in Lambayeque**

The study was carried out in the Nuevo Mocse human settlement in the province and district of Lambayeque from September 23 to October 7, 2021 and had as objectives: a) Determine the optimal planting density and harvest period for hydroponic sprouts (GH). oats in Lambayeque; b) Determine the yield (kg/m<sup>2</sup>) of DM, PC, EE, FC and CEN of each treatment; c) Determine the best productivity (kg/kg of processed seed) of GH on a fresh basis and dry matter and d) Determine the production costs of one kg of oat GH on a fresh basis (TCO) and dry matter (DM). 6 treatments defined by the interaction between planting density and harvest period were implemented, being: T1: 3 kg/m<sup>2</sup>-13 days; T2: 3 kg/m<sup>2</sup>-15 days; T3: 4 kg/m<sup>2</sup>-13 days; T4: 4 kg/m<sup>2</sup>-15 days; T5: 5 kg/m<sup>2</sup>-13 days and T6: 5 kg/m<sup>2</sup>-15 days. A Complete Random Design was used with a 3 x 2 factorial arrangement with the same number of repetitions (7 trays). The analysis of variance found significant statistical differences between treatments ( $p < 0.05$ ) and Duncan's test showed that the best results in yield (kg/m<sup>2</sup>) of GH, MS. PC, FC and CEN but the highest productivity of GH and DM (Kg/kg of seed) and lowest cost were achieved with a planting density of 4kg/m<sup>2</sup> harvested at 15 days of age.

**Keywords:** hydroponics, oats, density, harvest age

## INTRODUCCIÓN

La escasez progresiva de forraje verde en la costa norte del Perú viene agudizando la disponibilidad de biomasa para alimentación animal y ante esta situación se han venido desarrollando estudios de productividad de germinado hidropónico de maíz y cebada principalmente a fin de generar una alternativa de alimentación desarrollada con esta técnica agrícola que actualmente se utiliza en muchos países donde no es posible disponer del forraje convencional adecuadamente. De acuerdo a cifras oficiales de INEI (2022) la superficie de cebada grano se ha reducido de 133484 Has en el 2017 a 126605 Has el 2022, la misma tendencia de descenso en superficie agrícola ha seguido el maíz con 266084 Has el 2017 a 252 614 Has el 2022 sin embargo la producción de avena grano se ha incrementado la producción de 20300 TM el 2017 a 22200 TM el año 2022 motivo por el cual es necesario investigar otras alternativas para producir Germinado Hidropónico como la avena (*Avena sativa*) que se ubica en el tercer cereal con mayor productividad por kg de semilla procesada luego de la cebada en Cajamarca (Lozano, 2023) pero que necesita ser evaluada bajo las condiciones propias de Lambayeque a fin de determinar sus parámetros técnicos propios destinados a optimizar su productividad considerando que el valor nutritivo del germinado hidropónico varía con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha (De Luca, 2021) así como el lugar donde es producido por presentar condiciones climatológicas propias.

### **Formulación del problema**

¿Existe una interacción óptima entre densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hidropónico (G.H.) de avena (*Avena sativa*) para optimizar su producción en Lambayeque?

### **Hipótesis**

Si existe una interacción óptima entre densidad de siembra y periodo de cosecha para optimizar la producción de germinado hidropónico de avena (*Avena sativa*) en Lambayeque.

## **Justificación del estudio**

El presente trabajo se justifica porque busca determinar indicadores de manejo específicos para producir Germinado hidropónico de avena en Lambayeque.

## **Objetivos:**

Al ejecutar el presente proyecto de investigación se busca:

- Determinar el rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN de los tratamientos evaluados.
- Determinar el mejor rendimiento en kg de GH en base fresca y materia seca por kg de semilla procesada.
- Determinar el costo de producción más económico de un kg de GH de avena en base fresca (TCO) y en materia seca (MS) de los tratamientos evaluados.

# I. DISEÑO TEÓRICO

## 1.1 Antecedentes

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

“En avena sembrada bajo sistema hidropónico se usaron densidades de 1,5kg/m<sup>2</sup>, 3,0 kg/m<sup>2</sup>, 4,5 kg/m<sup>2</sup>, con tres tiempos de cosecha (8, 12, 16 días después de la siembra) con y sin solución nutritiva. Se analizó los índices productivos como: peso de la semilla (Kg), germinación (%), altura de la planta (cm), peso final de la avena hidropónica (Kg). Se realizó un análisis bromatológico y también se determinó todos los gastos necesarios en la producción de forraje de corte e hidropónico, de esta manera se estableció la diferencia entre los tratamientos mediante la relación beneficio/costo. El ensayo fue conducido en un diseño factorial 3x3x3 con tres repeticiones. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las variables que mostraron diferencias significativas fueron sometidas a prueba de medias de Tukey (p<0.05). Se utilizó diseño experimental factorial 3x3x3, con 3 tratamientos, T1, avena de corte, T2 FVH con solución nutritiva y T3 FVH sin solución nutritiva con tres repeticiones. Las variables de estudio fueron el peso de la semilla (Kg), germinación (%), altura de la planta (cm), peso final de la avena de corte e hidropónica (Kg), las dosis de siembra del FVH con y sin solución fueron: 1.5kg/m<sup>2</sup>, 3.0kg/m<sup>2</sup>, 4.5kg/m<sup>2</sup>, tiempos de cosecha (8,12,16 días), proporcionalmente, En el cultivo hidropónico con y sin solución no mostraron diferencias significativas en la altura de la planta, pero si en relación con el peso, el T2 mostro mayor peso que el T3” (NUÑEZ et al., 2022)

“El forraje verde hidropónico cosechado alrededor de los 14 días y una altura entre los 20 a 25 cm es rico en vitaminas A y E especialmente, contiene carotenoides, alto contenido de hierro, calcio y fósforo, además, posee una alta digestibilidad por los animales debido a la baja presencia de lignina y celulosa que se presenta a

continuación. En la tabla 1 se muestran los resultados de análisis para cuatro especies gramíneas producidas y cosechadas bajo producción hidropónica en INIA Colombia.

Tabla 1. Composición química de cuatro especies de gramíneas.

Determinaciones	Avena	Centeno	Triticale	Trigo
Materia seca %	21,57	19,54	22,36	14,32
Base materia seca				
Proteína cruda %	17,33	26,17	24,32	26,96
Fibra cruda %	20,23	18,24	15,87	17,91
Extracto étere %	6,06	4,57	4,45	4,80
Cenizas %	3,69	3,16	3,32	3,23
Extracto no nitrogenado %	52,69	47,86	52,04	47,10
Calcio %	0,05	0,05	0,05	0,03
Fósforo %	0,08	0,09	0,10	0,06
Relación Ca/P	- 0,61	0,57	0,53	0,58
Energía bruta Mcal/kg	4.832	4.81	4.71	4.784
Rumiantes				
Energía digestible Mcal/kg	3.395	3.558	3.546	3.575
Energía metabolizable Mcal/kg	2.784	2.918	2.908	2.932

Fuente: INIA-Co. Citado por Abarca, et. al. 2016.

El trabajo tuvo por objetivo evaluar la tasa de germinación de semillas de avena y cebada nativas de Lircay, para determinar en qué medida el número de horas de remojo influye sobre dicha tasa de germinación. Las semillas de ambas especies fueron sometidas a tratamientos de remojo de 0, 12 y 24 horas para inducir su germinación. Se utilizaron 250 gramos de semilla por bandeja de germinación hidropónica y 6 réplicas por cada tratamiento. Evaluando el porcentaje de germinación a los 2, 4 y 6 días de culminado los tratamientos de remojo. El porcentaje de germinación acumulado al sexto día fue de 78.2% para la cebada y 40.8% para la avena. El porcentaje de germinación de la avena fue de 33.7%, 50.6% y 38.0% para 0, 12 y 24 horas de remojo respectivamente, mientras que para la cebada fue de 87.0%, 81.6% y 66.0% para 0, 12 y 24 horas de remojo respectivamente. El porcentaje de germinación para la avena fue de 5.0%, 19.7% y 16.1% para 2, 4 y 6 días de evaluación respectivamente, mientras que el porcentaje de germinación de la cebada fue de 13.0%, 43.2% y 22.1% para 2, 4 y 6 días de evaluación respectivamente. Estos resultados indican que las semillas de avena necesitan 12 horas de humedecimiento previo para incentivar la germinación, en cambio las semillas de cebada no muestran necesidad de un tratamiento de remojo (HINOJOSA Y VASQUEZ, 2010)

La investigación se desarrolló en el departamento de Cajamarca, con el objetivo de evaluar la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH), de tres cereales, cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum sativum*) y avena (*Avena sativa*), bajo invernadero, usando agua de riego por micro aspersión, para esto se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA), y como resultado se obtuvo que la cebada y el trigo son los cereales que dan mejor rendimiento de forraje verde hidropónico por cada kilogramo de semilla usado se alcanzó una conversión a 6.44 kg, seguido por el trigo que logro alcanzar un peso de 6.20 kg, donde estadísticamente estos resultados son iguales, la avena logro 4.5 kg difiriendo estadísticamente con las otras especies; se pudo determinar el número de días a la cosecha (NDC), donde la mejor época para la cosecha está entre los 15 a 18 días, es allí donde el cultivo gana su máximo rendimiento, si se cosecha días antes el cultivo logra poco peso y si se cosecha pasado los 18 días la ganancia en peso es mínima; el número de hojas por semilla germinada (NHSG), se determinó que las tres especies llegan a los 12 días de germinado con una sola hoja, a los 15 días solo la avena es quien llega con una sola hoja, la cebada y trigo llegan con dos hojas, a los 18 y 22 días las tres especies llegan con dos hojas; la altura de planta (AP), se determinó que la cebada a los 22 días llego con 24.10 cm en promedio, seguido de la avena con una altura de 20.40 cm y finalmente el trigo que alcanzo 19.0 cm de altura de planta; porcentaje de materia seca (% MS), se determinó que para las tres especies a los 22 días fue el mismo de 20.0 g de cada 100.0 g de forraje verde hidropónico, esta investigación tiene un diseño cuantitativa, de forma aplicada, no correlacional, experimental donde se usó una muestra de tipo probabilística (LOZANO, 2023)

En el presente trabajo de investigación se utilizó diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 2 x 3 con 6 repeticiones por tratamiento. Siendo los factores: Especies (avena y cebada); horas de remojo (0, 12 y 24) y días de evaluación (5, 7, 9, 11, 13, 15), se compararon dos tipos de forraje verde hidropónico, tres tiempos de remojo y la interacción de tipo de forraje verde hidropónico por los tiempos de remojo, tomando como parámetro el rendimiento de forraje verde hidropónico. Por otro lado, los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de germinación para el tipo de forraje

fueron: la cebada con un promedio de 92,31 % y avena con un promedio de 87,55 %. Para los tiempos de remojo con 24, 12 y 0 horas de remojo se observó 91,04 %; 90,47 % y 88,28 % respectivamente. Asimismo, para la interacción de tipo de forraje verde hidropónico por tiempos de remojo la cebada con la 12, 24 y 0 horas de remojo resultaron con 93,37 %; 93,32 % y 90,23 % respectivamente, seguido por la avena con las 24, 12 y 0 horas de remojo con 88,77 %; 87,57 % y 86,32 % respectivamente. En la interacción de tipo de forraje verde hidropónico por tiempos de remojo la avena con 12, 24 y 0 horas de remojo resultaron 14,61 cm; 14,05 cm y 12,86 cm respectivamente y la cebada con 24, 0 y 12 horas tuvo 8,91 cm; 8,72 cm y 8,48 cm respectivamente. Asimismo, para la interacción de tipo de forraje por tiempo de remojo la cebada con las 0, 12 y 24 horas de remojo tuvo 0,53 cm; 0,52 cm y 0,50 cm respectivamente, y la avena con las 12, 24 y 0 horas de remojo resultaron 0,42 cm; 0,42 cm y 0,20 cm respectivamente. Para la altura de la planta fueron: para el tipo de forraje verde hidropónico la avena con 16,76 cm y la cebada con 15,28 cm. Para el tiempo de remojo con 24, 12 y 0 horas de remojo resultaron 16,63 cm; 16,33 cm y 15,11 cm respectivamente. Para la interacción de tipo de forraje por tiempo de remojo la avena con las 24, 12 y 0 horas de remojo resultaron 17,38 cm; 17,12 cm y 15,78 cm respectivamente y la cebada con 24, 12 y 0 horas de remojo resultaron 15,87 cm; 15,55 cm y 14,43 cm respectivamente. Para el rendimiento de forraje verde hidropónico fueron: para el tipo de forraje verde hidropónico la cebada con un promedio de 3,33 kg/0,18 m<sup>2</sup> y la avena con un promedio de 2,36 kg/0,18 m<sup>2</sup> ; para los tiempos de remojo con 24, 12 y 0 horas de remojo resultaron 3,02 kg/0,18 m<sup>2</sup>; 2,84 kg/0,18 m<sup>2</sup> y 2,69 kg/0,18 m<sup>2</sup> respectivamente; para la interacción de tipo de forraje hidropónico por tiempos de remojo, utilizando 0,8 kg de semilla por bandeja la cebada con 12, 24 y 0 horas de remojo resultaron 3,37 kg/0,18 m<sup>2</sup>; 3,36 kg/0,18 m<sup>2</sup> y 3,28 kg/0,18 m<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, la avena con 24, 12 y 0 horas de remojo resultaron 2,68 kg/0,18 m<sup>2</sup>; 2,32 kg/0,18 m<sup>2</sup> y 2,10 kg/0,18 m<sup>2</sup> respectivamente (VARGAS, P., 2019)

## **1.2 Bases teóricas**

“El cultivo en hidroponía, es una modalidad en el manejo de plantas para su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo,

aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva” (BELTRANO Y GIMENEZ, 2015)

“Los forrajes de granos germinados son un alimento que rinde entre cinco a seis veces el peso de la semilla en un periodo de siete a diez días en condiciones adecuadas de temperatura (18 a 26 °C), humedad relativa (70 a 90%), densidad, y buena calidad de semillas. Posee un elevado valor nutritivo y se puede producir durante todo el año. Los granos más utilizados en la producción de germinado hidropónico son el trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa*). La cebada es un excelente alimento para animales, estos producen carne de buena calidad, contiene mayores niveles de lisina, triptófano, metionina y cistina que el maíz” (ALIAGA et al., 2009)

El forraje verde hidropónico (FVH) se presenta como una alternativa cada vez más aplicada para la fabricación de alimento para los animales de producción. El FVH es una nueva tecnología de desarrollo de biomasa vegetal a partir de semillas de alto poder germinativo, sin la utilización de tierra, debido a que las plantas crecen solo en agua. De esta forma, se obtiene un producto alta digestibilidad, palatabilidad, buen aporte nutricional y apta para la alimentación de rumiantes, aves, cerdos, conejos y equinos. El FVH consiste en un producto obtenido como resultado de la germinación de semillas (como pueden ser avena, trigo, maíz, cebada o leguminosas como alfalfa), a las cuales se les otorga las condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad para que crezcan, estando disponible para su consumo en un lapso de 10 días. La gran ventaja de este sistema es que se cuenta con el mismo alimento durante los 365 días del año, sin prácticamente tener variaciones en cuanto a su composición y sin depender de los factores climáticos, utilizando muy poco espacio y poca cantidad de agua. Se calcula que por cada kg de semilla se obtienen entre 6 y 10 kg de forraje, con un 35% de materia seca (MS). El aporte de energía del FVH es de 2,5 Mcal de Energía Metabolizable por kg de MS. La digestibilidad del alimento es muy alta, cercano al 93%, además, no presenta desperdicios ya que los animales consumen tanto los brotes, como las raíces y

las semillas que quedaron sin germinar. El aporte de proteína bruta oscila entre 16 y 20% (NUTRINEWS.COM. 2022)

DE LUCA, V. (2020) presenta las densidades de siembra para diferentes semillas:

Tabla 2. Densidad de siembra según semilla forrajera

<u>Semilla forrajera</u>	<u>Densidad de siembra</u> (kg/m <sup>2</sup> )	<u>Cita bibliográfica</u>
Trigo, avena, cebada, centeno y triticale	2,5 a 2,9	Abarca Reyes y col., 2016
Maíz	4,1 a 5	Abarca Reyes y col., 2016
Maíz	3,5	García-Carrillo y col., 2013
Maíz	7,6	Naik y col., 2014
Trigo	4,7	Sánchez del Castillo y col., 2013
Avena	6,4	Fuentes y col., 2011
Avena	4 a 4,8	Esmoris y col., 2016
Trigo y avena	2,5 a 5	Cerrillo Soto y col., 2012
Cebada	3,5	Sánchez del Castillo y col., 2013
Cebada	3,6	Abouelezza y col., 2019
Cebada	6,7	Dung y col., 2010
Cebada	10	Blanco-Capia y col., 2019
Sin determinar	2,2 a 3,4	FAO, 2001

“El verdadero valor de una semilla depende de una serie de factores, e indica que son tres los factores que influyen sobre el valor de las semillas:

- 1°. Poder germinativo. - Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para hallarlo 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.
- 2°. Coeficiente de pureza. - Es un factor importante y fácil de determinar con la siguiente fórmula:  $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$ .
- 3°. 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 mejor será la semilla, cuanto más se acerque a dicho número” (SIAN, 2011)

Entre las ventajas eco amigables que ofrece esta tecnología se encuentra la mínima necesidad de agua para su producción. Hay autores que afirman que la producción de forraje verde hidropónico requiere alrededor del 2 al 3% del agua utilizada para

producir la misma cantidad de forraje mediante el método convencional, el sistema hidropónico minimiza el desperdicio de agua ya que se aplica directamente a las raíces y a menudo se recicla y se usa varias veces<sup>5,14,15</sup>. Así, el cultivo hidropónico proporciona una gran eficiencia tanto en la utilización del agua como en sus tiempos de producción, por cada kilo de materia seca obtenida en 14-15 días se produce un consumo total de 13-20 litros de agua y para producir un kilo de materia seca de forraje no hidropónico se necesitan 521 litros en la cebada, 635 litros en el caso de la avena, 505 litros en el maíz y 271 en el sorgo. El forraje producido hidropónicamente requiere de un corto período de tiempo para alcanzar el desarrollo y crecimiento necesarios para convertirse en una opción nutricional. Lo que en el sistema hidropónico requiere 8 días para que se desarrolle una semilla, en el sistema convencional se necesitan al menos 45 días, la producción de forraje se acelera hasta en un 25% al llevar los nutrientes directamente a las plantas sin desarrollar grandes sistemas de raíces para buscar alimento. En condiciones naturales, el suelo actúa como un depósito de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para el crecimiento de las plantas. La tecnología utilizada para producción de FVH aumentan considerablemente la superficie aprovechable. Es así como, los sistemas hidropónicos, requieren mucho menos espacio respecto a la superficie a utilizar para su producción, por ejemplo, se necesita un área de 150 metros cuadrados para producir 1000 kg de masa vegetal por día contra 2 a 12 hectáreas de tierra que son necesarias en un sistema convencional, sumado al ahorro de agua de aproximadamente un 95%. Se ha observado que el rendimiento de forraje hidropónico de maíz en base fresca es 5 a 6 veces mayor que el obtenido en una producción agrícola tradicional y es más nutritivo. Respecto a la inocuidad, es máxima en el FVH, a diferencia de la agricultura tradicional al aire libre la cual debe depender de herbicidas, fungicidas y/o insecticidas para una producción óptima. El FVH se cultiva en un ambiente controlado, sin suelo y, por lo tanto, sin enfermedades transmitidas por el suelo, sumado el corto período de tiempo en el que se produce, no es necesario el uso de agroquímicos (DE LUCA, V. 2020)

“El forraje de granos germinados es un alimento de alto rendimiento, cuyo valor nutritivo es alto y que se puede producir durante todo el año. Manifiesta además que, en el proceso de germinación, las enzimas se movilizan e invaden el interior de las semillas,

por lo que ocurre una disolución de paredes celulares por la acción de aquellas. Posteriormente, se liberarán granos de almidón, los cuales son transformados en azúcares y así 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 GH son trigo, cebada, maíz y avena” (ALIAGA, et al., 2009)

## **II. ÉTODOS Y MATERIALES**

### **2.1 Tipo y Diseño de estudio**

El diseño del utilizado fue el experimental debido a la naturaleza del estudio

### **2.2 Lugar y duración**

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el asentamiento humano Nuevo Mocse, provincia y distrito de Lambayeque del 27 de diciembre de 2022 al 7 de enero de 2023 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

### **2.3 Tratamientos evaluados**

Se implementaron 6 tratamientos producto de la interacción entre 3 densidades de siembra (3, 4, y 5 kg/m<sup>2</sup>) y 2 tiempos de cosecha (13 y 15 días):

T1: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 13 días de edad.

T2: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 15 días de edad.

T3: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 13 días de edad.

T4: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 15 días de edad.

T5: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 13 días de edad.

T6: Germinado Hidropónico de avena con densidad de siembra de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 15 días de edad.

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

## **2.4 Materiales**

### **Semilla de avena (*Avena sativa*)**

La avena se adquirió en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales, para determinar el valor cultural, obteniendo 84% y 88 % procediendo a comprar 26 kg de la semilla que presentó mayor valor cultural.

### **Dióxido de cloro al 5%**

Utilizado en el proceso de desinfección de semilla a dosis de 1 ml/L de agua durante 24 horas.

## **2.5 Instalaciones y equipo:**

- ✓ 3 torres hidropónicas
- ✓ 48 bandejas plásticas para hidroponía de 33 cm x 42 cm.
- ✓ 02 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 02 baldes de para oreo de semilla.
- ✓ 01 mochila para riego por aspersión.
- ✓ 1 Balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 Termo higrómetro

## **2.6 Técnicas experimentales**

### **2.6.1 Producción de germinado hidropónico de avena**

Se emplearon 42 bandejas para el estudio, asignando ocho bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del

## Germinado Hidropónico.

- Etapa de Pre-germinación:
  - Se calculó la cantidad de semilla de avena limpia, necesaria para el estudio utilizando el área de bandeja de 0.144 m<sup>2</sup> y la densidad de siembra de cada tratamiento:
    - 3.0 kg /m<sup>2</sup> = 0.432 kg x 7 bandejas x 2 tratamientos = 6.05 kg semilla de avena
    - 4.0 kg /m<sup>2</sup> = 0.576 kg x 7 bandejas x 2 tratamientos = 8.06 kg semilla de avena
    - 5.0 kg /m<sup>2</sup> = 0.72 kg x 7 bandejas x 2 tratamientos = 10.08 kg semilla de avena
  - En total se necesitó 20.78 kg de semilla de avena “limpia” y considerando un máximo de pureza de cebada de 80 % (técnicas experimentales) se necesitó un total de 26 kg de semilla de avena en peso bruto comprados. Luego se escogieron los granos partidos paja y otras impurezas para obtener 20.78 kg de semilla limpia para la investigación.
  - Se dividió la cantidad de semilla total entre el peso necesario para los tratamientos según densidad.
  - Para la semilla pesada de cada tratamiento se realizó un lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas no eliminadas en el procedimiento anterior.
  - El proceso de desinfección para cada tratamiento se realizó en tres litros de agua utilizando 1 ml de Dióxido de Cloro por litro de agua durante 24 horas identificando cada balde.
  - Después del remojo y desinfección las semillas de cada balde de remojo se trasladaron a baldes de oreo, provistos de agujeros en la base, por 48 horas debidamente tapados e identificados
  - Después del oreo, se pesó la semilla de cada balde y se dividió entre 12 bandejas correspondiente a los tratamientos para tener una siembra homogénea por bandeja.
  - Luego se trasladó a las cámaras de germinación provistas de manta oscura

donde permanecieron por 5 días y se regó tres veces al día (7 am; 12 m y 7 p.m)

- El día 6 post siembra en bandejas se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos continuando con el programa de riego.

- Cosecha:

A los 13 días de edad se cosecharon las bandejas de T1, T3 y T5 y a los 15 días de edad se cosecharon las bandejas de T2, T4 y T6. Al momento de la cosecha se pesó cada bandeja de cada tratamiento y luego de cada bandeja se extrajeron 5 submuestras que se colocaron en un depósito grande obteniendo 35 sub muestras por tratamiento y luego de mezclarlos se extrajo un kg de muestra compuesta que fue trasladada al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para el análisis de composición química de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de cada tratamiento.

## **2.7 Variables evaluadas**

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC, CEN
- Rendimiento por kg de semilla de maíz en GH (TCO) y kg MS (BS)
- Costo de producción de cada tratamiento.

## **2.8 Evaluación de la información**

Por tratarse de un estudio experimental en el que se consideró la evaluación de seis tratamientos, se procedió a realizar el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

Ha: Al menos una media difiere del resto

Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un diseño completamente al azar (DCR) con arreglo factorial 3X2 con igual número de repeticiones por tratamiento. El modelo utilizado fue:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Efecto de la i-ésima, densidad de siembra, j-ésimo tiempo de cosecha de la k-ésima bandeja.

$\mu$  = Media general.

$A_i$  = Efecto de la i-ésima densidad de siembra

$B_j$  = Efecto del j-ésimo tiempo de cosecha

$AB_{ij}$  = Efecto de la interacción de la i-ésima densidad de siembra y j-ésimo tiempo de cosecha de la k-ésima bandeja

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental en la i-ésima densidad de siembra y j-ésimo tiempo de cosecha de la k-ésima bandeja.

Se aplicó el Análisis de varianza que se aprecia en la tabla 3 para determinar si había diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y en caso de existir diferencias estadísticas entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	gl	Sc	CM	Fc
Tratamientos	t-1 = 5		Sc trat./gl	CM trat./CM E
Densidad de siembra	2			
Edad cosecha	1			
Densidad de siembra X Edad de cosecha	2			
Error	36			
Total	tr-1 = 41			

Fuente: Rodríguez, 1991.

Para la ejecución del ANAVA y prueba de comparación múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ) se utilizó el programa estadístico Infostat Ve 2020.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Producción de Germinado Hidropónico de avena (*avena sativa*) por tratamiento

##### 3.1.1 Producción de germinado hidropónico (GH) por bandeja (TCO)

A continuación, se presenta la producción en biomasa verde de GH, por bandeja de cada tratamiento. El análisis de varianza (anexo 1.1) demostró la presencia de diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos tanto al nivel simple del factor densidad de siembra utilizando 5 kg/m<sup>2</sup> y el factor simple tiempo de cosecha utilizando 15 días, pero la interacción de ambos factores no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados ( $p > 0.05$ ) pero numéricamente los mejores pesos a la cosecha los presentó el tratamiento T6 con densidad de siembra de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad influenciado por el mayor peso de semilla para el estudio de este tratamiento.

En las tres densidades evaluadas (3, 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>) la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 3.96%; 3.78% y 11.48% respectivamente como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Peso de Germinado Hidropónico a la cosecha según tratamiento (Kg)

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	1.92	1.89	2.93	2.97	3.15	3.34
B 2	2.28	1.82	2.94	3.68	3.02	2.89
B 3	1.93	1.95	2.81	3.02	2.56	2.96
B 4	1.81	2.20	2.94	2.93	2.75	3.85
B 5	2.22	2.39	3.32	2.86	2.96	3.14
B 6	2.19	2.49	2.88	2.75	2.73	3.02
B 7	2.18	2.39	2.82	3.23	2.96	3.55
Total/tratamiento	14.52	15.12	20.63	21.44	20.12	22.73
Promedio	2.07c	2.16c	2.95b	3.06ab	2.87b	3.25a

##### 3.1.2 Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de avena de cada tratamiento en base fresca (TCO) y base seca (BS)

Los análisis de composición química del GH de cada tratamiento se llevaron a cabo

en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ing. Zootecnia, después de concluida la fase experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 5 en donde el nivel de materia seca es similar al 20% de MS en GH de avena cosechado a 22 días de edad en Cajamarca (Lozano, 2023) evidenciando la influencia del clima en la composición química del Germinado hidropónico.

Tabla 5. Composición química de Germinado Hidropónico de avena por tratamiento (100% MS)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Materia seca	19.95	21.01	20.14	19.78	21.03	20.11
PC	13.43	11.09	13.46	13.40	12.79	13.53
EE	3.96	3.24	4.02	3.44	3.76	3.33
FC	12.58	11.47	12.46	12.54	11.84	12.33
CEN	3.21	2.90	3.28	3.13	3.09	3.13

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

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

El área de bandeja que se utilizó en el presente estudio fue de 0.139 m<sup>2</sup> y con la información de la tabla 4, se calculó el rendimiento de GH por metro cuadrado de cada tratamiento en base fresca (TCO) cuyos resultados se aprecian en la tabla 6. Al aplicar el análisis de varianza (ver anexo 1.2) se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos tanto a nivel del factor simple densidad de siembra presentando el mayor rendimiento con 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 15 días de edad y entre la interacción de factores el mayor rendimiento se obtuvo con la densidad de siembra de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 15 días de edad con 23 kg GH/m<sup>2</sup> (T6) lo cual estuvo influenciado por el mayor peso inicial de semilla con respecto a los de 3 kg/m<sup>2</sup> (T1 y T2) que rindieron 14.86 y 15.52 kg GH/m<sup>2</sup> rindiendo ligeramente por debajo de los 15.77 kg de GH de avena reportados por Vargas, P (2019).

En las tres densidades evaluadas (3, 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>) la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 4.25%; 7.68% y 13.09% respectivamente como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. Rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	13.79	13.58	21.01	21.34	22.63	23.98

B2	16.38	13.09	21.12	26.40	21.66	20.74
B3	13.85	14.01	20.15	21.71	18.37	21.23
B4	12.98	15.79	21.12	21.01	19.77	27.64
B5	15.73	17.89	20.69	19.77	19.61	21.71
B6	15.63	17.13	20.26	23.22	21.23	25.48
B7	15.63	17.13	20.26	23.22	21.23	25.48
Total/tratamiento	103.99	108.62	144.61	156.68	144.50	166.27
Promedio	14.86c	15.52c	20.66b	22.38ab	20.64b	23.75a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (P<0.05)

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

Para calcular el aporte de materia seca (MS) por metro cuadrado de cada tratamiento, se utilizó la información de aporte de materia seca de cada tratamiento de la tabla 5 e información de la tabla 6. Los resultados se aprecian en la tabla 7 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 1.3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) solo a nivel del factor simple densidad de siembra con 5 kg/m<sup>2</sup> y el factor simple días a la cosecha a los 15 días y los mejores resultados lo presentó el tratamiento que utilizó 5 kg/m<sup>2</sup> cosechados a 15 días de edad (T6).

En las tres densidades evaluadas (3, 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>) la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 9.20%; 6.09% y 9.20% respectivamente.

Tabla 7. Producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	2.75	2.85	4.23	4.22	4.76	4.82
B2	3.27	2.75	4.25	5.22	4.55	4.17
B3	2.76	2.94	4.06	4.29	3.86	4.27
B4	2.59	3.32	4.25	4.16	4.16	5.56
B5	3.14	3.76	4.17	3.91	4.12	4.37
B6	3.12	3.60	4.08	4.59	4.46	5.13
B7	3.12	3.60	4.08	4.59	4.46	5.13
Total/tratamiento	20.75	22.82	29.12	30.99	30.39	33.44
Promedio	2.96c	3.26c	4.16b	4.43ab	4.34b	4.78a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.1.5 Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de proteína cruda (PC) por metro cuadrado, se utilizó la

composición química de cada tratamiento de la tabla 5 y la producción de MS/m<sup>2</sup> de cada tratamiento de la tabla 7. Los resultados se aprecian en la tabla 8 y al realizar el análisis de varianza (anexo 1.4) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y al aplicar la prueba de Duncan el mayor rendimiento se obtuvo con 5 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad (T6) y el menor rendimiento lo presentaron los tratamientos que utilizaron 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 13 y 15 días de edad (T1 y T2) y están en desventaja numérica de peso al iniciar el estudio.

En la densidad de 3 kg/m<sup>2</sup> la producción a los 13 días de cosecha superó a la de 15 días en 11.11% y en las densidades de 4 y 5 kg/m<sup>2</sup> la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 5.08% y 13.84% respectivamente.

Tabla 8. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0.37	0.32	0.57	0.57	0.61	0.65
B2	0.44	0.31	0.57	0.70	0.58	0.56
B3	0.37	0.33	0.55	0.58	0.49	0.58
B4	0.35	0.37	0.57	0.56	0.53	0.75
B5	0.42	0.42	0.56	0.52	0.53	0.59
B6	0.42	0.40	0.55	0.62	0.57	0.69
B7	0.42	0.40	0.55	0.62	0.57	0.69
Total/tratamiento	2.79	2.53	3.92	4.15	3.89	4.52
Promedio	0.40c	0.36c	0.56b	0.59b	0.56b	0.65a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.1.6 Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (Kg)

Para calcular los aportes de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado, se utilizó la información de composición química de cada tratamiento de la tabla 5 y producción de materia seca por tratamiento de la tabla 7. Los resultados se aprecian en la tabla 9 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 1.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) obteniendo los mejores resultados con 5 kg/m<sup>2</sup> y cosechado a los 13 días de edad superando al rendimiento obtenido con la densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 13 y 15 días (T1 y T2) que estuvieron en desventaja desde el peso inicial para el desarrollo del estudio.

En la densidad de 3 kg/m<sup>2</sup> la producción a los 13 días de cosecha superó a la de 15 días en 9.09% y en la densidad de 4 kg/m<sup>2</sup> la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 13.33% y con la densidad 5 kg/m<sup>2</sup> no hubo diferencia en la producción de EE/m<sup>2</sup> con ambos días de cosecha.

Tabla 9. Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0.11	0.09	0.17	0.15	0.18	0.16
B2	0.13	0.09	0.17	0.18	0.17	0.14
B3	0.11	0.10	0.16	0.15	0.15	0.14
B4	0.10	0.11	0.17	0.14	0.16	0.19
B5	0.12	0.12	0.17	0.13	0.15	0.15
B6	0.12	0.12	0.17	0.13	0.15	0.17
B7	0.12	0.12	0.16	0.16	0.17	0.17
Total/tratamiento	0.82	0.74	1.17	1.04	1.14	1.26
Promedio	0.12c	0.11c	0.17a	0.15b	0.16ab	0.16ab

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.1.7 Producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de fibra cruda (FC) por metro cuadrado, se utilizó la información de la tabla 5 y tabla 7. Los resultados se aprecian en la tabla 10 y el análisis de varianza (anexo 1.6) halló diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) presentando mayor rendimiento de FC/m<sup>2</sup> el tratamiento con 5 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 15 días de edad y el menor rendimiento lo presentaron los tratamientos trabajados con densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 13 y 15 días de edad (T1 y T2) cuyos resultados están influidos por el peso diferente de semillas al inicio del estudio.

En las tres densidades evaluadas (3, 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>) la cosecha lograda con 13 días superó a la cosecha de 15 días en 2.63%; 3.70% y 13.55% respectivamente.

Tabla 10. Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0.35	0.33	0.53	0.53	0.56	0.59
B2	0.41	0.32	0.53	0.65	0.54	0.51
B3	0.35	0.34	0.51	0.54	0.46	0.53
B4	0.33	0.38	0.53	0.52	0.49	0.69
B5	0.39	0.43	0.52	0.49	0.49	0.54
B6	0.39	0.43	0.52	0.49	0.49	0.63
B7	0.39	0.41	0.51	0.58	0.53	0.63
Total/tratamiento	2.61	2.64	3.64	3.80	3.60	3.96
Promedio	0.37c	0.38c	0.52bb	0.54ab	0.51b	0.59a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.1.8 Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de cenizas (CEN) por metro cuadrado se utilizó la composición química de cada tratamiento de la Tabla 5 y la producción de materia seca por tratamiento de la tabla 7. Los resultados se aprecian en la tabla 11 y al aplicar el análisis de varianza (ver anexo 1.7) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) y aplicando la prueba de Duncan el tratamiento con mayor producción de cenizas fue el tratamiento que utilizó una densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> y cosechado a los 15 días de edad (T6) y los menores rendimientos lo presentaron los tratamientos con 3 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 13 y 15 días de edad (T1 y T2) lo cual también se debe al mayor peso de semilla para el estudio según la densidad de siembra utilizada en el estudio.

Al evaluar los resultados entre las mismas densidades apreciamos que en la densidad de 3 y 4 kg/m<sup>2</sup> el rendimiento cenizas fue el mismo tanto en la cosecha a 13 días y 15 días, pero en la densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> la cosecha lograda con 15 días superó a la cosecha de 13 días en 13.33%.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	0.09	0.08	0.14	0.13	0.15	0.15
B2	0.10	0.08	0.14	0.16	0.14	0.13
B3	0.09	0.09	0.13	0.13	0.12	0.13
B4	0.08	0.10	0.14	0.13	0.13	0.17
B5	0.10	0.11	0.14	0.12	0.13	0.14
B6	0.10	0.11	0.14	0.12	0.13	0.16
B7	0.10	0.10	0.13	0.14	0.14	0.16
Total/tratamiento	0.67	0.67	0.96	0.95	0.94	1.03
Promedio	0.10c	0.10c	0.14b	0.14b	0.13b	0.15a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.2 Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de avena (*Avena sativa*) por tratamiento

La productividad expresada en el rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en rendimiento de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) y en Kg de materia seca por Kg de semilla procesada.

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

Basados en información de la Tabla 4, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 12. Al realizar el análisis de varianza (ver anexo 1.8) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) presentando mayor rendimiento los tratamientos que utilizaron 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 y 13 días de edad entre los cuales no hubo diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) pero numéricamente el mayor rendimiento lo presentó el tratamiento que utilizó 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad con 5.50 kg de GH/kg de semilla. La menor productividad lo presentó el tratamiento que utilizó una densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 13 y 15 días de edad rindiendo 4.13 y 4.67 kg GH/kg de semilla como se aprecia en la tabla 12.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	4.60	4.53	5.25	5.33	4.53	4.80
B 2	5.46	4.36	5.28	6.60	4.33	4.15
B 3	4.62	4.67	5.04	5.43	3.67	4.25
B 4	4.33	5.26	5.28	5.25	3.95	5.53
B 5	5.32	5.71	5.95	5.13	4.25	4.50
B 6	5.24	5.96	5.17	4.94	3.92	4.34
B 7	5.21	5.71	5.06	5.81	4.25	5.10
Total/tratamiento	34.77	36.21	37.04	38.50	28.90	32.66
Promedio	4.97ab	5.17ab	5.29a	5.50a	4.13c	4.67b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.2.2 Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada

Para obtener el rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla (MS/kg) procesada de cada tratamiento, se aplicaron los niveles de materia seca de cada tratamiento, vistos en la tabla 5 e información de la tabla 12. Los resultados se aprecian en la tabla 13 y el análisis de varianza (anexo 1.9) halló diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) presentando mejor rendimiento MS/kg de semilla el tratamiento que utilizó una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad (T4) con 1.11 kg MS/kg de semilla y el menor rendimiento lo presentaron los tratamientos que utilizaron 5 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 13 y 15 días de edad con 0.82 y 0.94 kg de MS/kg de semilla (T5 y T6) respectivamente.

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

Bandeja	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B 1	0.92	0.95	1.06	1.06	0.90	0.95
B 2	1.09	0.92	1.06	1.31	0.86	0.82
B 3	0.92	0.98	1.01	1.07	0.73	0.84
B 4	0.86	1.11	1.06	1.04	0.78	1.09
B 5	1.05	1.25	1.04	0.98	0.78	0.86
B 6	1.04	1.20	1.02	1.15	0.84	1.01
B 7	1.04	1.20	1.02	1.15	0.84	1.01
Total/tratam	6.92	7.61	7.28	7.75	5.72	6.58
Promedio	0.99bc	1.09ab	1.04abc	1.11a	0.82d	0.94c

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes

### 3.3 Temperatura (°C) y Humedad relativa (%)

La temperatura máxima y mínima se tomó con un termo higrómetro a las 7:00 am; 12:00 m y 7:00 pm (Anexo 1.10) y al calcular los promedios y desviación estándar de las temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa máxima y mínima presentados en la tabla 14 se aprecia que la temperatura mínima donde se realizó el estudio ( $19.00 \pm 1.80$ ) estuvo por encima del rango mínimo de 18°C recomendado por Aliaga (2009) lo cual ha influido en la germinación de la semilla considerando que se necesita temperatura y humedad para este proceso la cual también estuvo dentro de los parámetros indicados por este mismo autor.

Tabla 14. Temperatura (°C) y humedad relativa (%)

	Temperatura (°C)		Humedad (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Media	26.66	19.00	89.08	72.46
SD	2.73	1.80	6.50	10.73

### 3.4 Costos de producción de los tratamientos evaluados

Para determinar los costos de producción por kg de Germinado Hidropónico se utilizó la estructura de costos presentada en el anexo 1.11 tanto en base fresca (TCO) y materia seca (MS), el costo por kg de semilla fue S/ 3.00; por litro de agua S/ 0.05; costo por ml de dióxido de cloro S/0.004; costo por hora de mano de obra S/ 3.13 y por depreciación de maquinaria y equipos S/ 0.05. Los costos de producción más eficientes se lograron en el tratamiento T4 utilizando una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechados a los 15 días de edad.

Tabla 15. Costo de producción de germinado hidropónico (S/)

Tratamiento	TCO	MS
T1	1.08	7.26
T2	1.04	6.98
T3	0.99	6.64
T4	0.96	6.39
T5	1.24	8.35
T6	1.10	7.39

## CONCLUSIONES

La densidad de siembra y periodo de cosecha si influye en la producción de Germinado Hidropónico

Los mayores rendimientos de producción por metro cuadrado de materia seca, proteína cruda, fibra cruda y cenizas se lograron con la densidad de siembra de 5 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad y el mejor rendimiento de Extracto etéreo por metro cuadrado se logró con la densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 13 días de edad.

El mejor rendimiento de 5.50 Kg GH/kg de semilla de avena y 1.11 kg de MS/kg de semilla se logró con una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a 15 días de edad.

El costo de producción más económico de un kg de GH de avena en base fresca (TCO) y kg de Materia seca de GH de avena se logró con una densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechado a los 15 días de edad.

## **RECOMENDACIONES**

Evaluar la densidad de siembra y época de cosecha de avena en para germinado hidropónico en otras zonas geográficas donde la semilla sea más económica.

Producir germinado hidropónico con la densidad de siembra de 4 kg/m<sup>2</sup> cosechada a 15 días de edad en Lambayeque por ser la de mayor productividad y más económica.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABARCA, P; AGUIRRE, C; SILVA, L; MORA, D Y CARRASCO, J. 2016. Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura. Boletín INIA, N° 321. En línea. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6475/NR40393.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- ALIAGA, L., MONCAYO GALLIANI, R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.
- DE LUCA, V. 2020. Forraje verde hidropónico: forraje verde siempre. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Nutrición Animal Chorroarín 280. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Revista medicina veterinaria. Disponible en [https://www.someve.com.ar/images/revista/2021/Vol102\(1\)/Pag-11-17-De-Luca.pdf](https://www.someve.com.ar/images/revista/2021/Vol102(1)/Pag-11-17-De-Luca.pdf)
- 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. 68 p.
- HINOJOZA, R. A; VASQUEZ, M. Influencia del número de horas de remojo sobre la tasa de germinación de semillas nativas de avena y cebada, mediante el cultivo hidropónico. En línea. Disponible en <http://repositorio.udea.edu.pe/bitstream/123456789/7/1/Articulo%20cientifico%20Influencia%20del%20n%C3%BAmero%20de%20horas%20de%20remojo%20sobre%20la%20tasa%20de%20germinaci%C3%B3n%20de%20semillas%20nativas%20de%20avena%20y%20cebada%20mediante%20el%20cultivo%20hidrop%C3%B3nico.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. INEI. 2022. Perú compendio estadístico 2022. En línea. Disponible en <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/6059.pdf>
- LOZANO, W. 2023. Producción de forraje verde hidropónico de trigo (*Triticum sativum*), avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) bajo efecto de invernadero en San Miguel – Cajamarca. Tesis pre grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Agronomía. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5810>
- NUÑEZ, P; TUBON, A; GUERRERO, R; BYRON BORJA, B. 2022. Producción y calidad nutritiva de avena (*Arrhenatherum elatius*) en corte e hidropónica sembrada a diferentes dosis densidades de siembra y tiempo de cosecha. 1er Congreso Universal de las Ciencias y la Investigación. En línea. Disponible en <http://doi.org/10.5867/medwave.2022.S2.UTA064>

NUTRINEWS. COM. 2022. Forraje Verde Hidropónico: cómo es producir alimento sin tierra. En línea. Disponible en <https://nutrineds.com/forraje-verde-hidroponico-como-es-producir-alimento-sin-tierra/>

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, Recuperado el 15 de agosto de 2019. De <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>

VARGAS, P. 2019. Evaluación del rendimiento de forraje verde hidropónico con diferentes tiempos de remojo de semilla común de avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) en la comunidad de Llimpe del distrito de Chincheros – Apurímac. Tesis pre grado. Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cuzco. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4380>

# ANEXOS

## 1. Análisis de la varianza

### 1.1 Análisis de varianza de peso de Germinado Hidropónico a la cosecha (Kg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto Kg/bandeja	42	0.78	0.75	9.42

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.40	5	1.68	25.47	<0.0001
Densidad siembra	7.84	2	3.92	59.41	<0.0001
dias cosecha	0.39	1	0.39	5.85	0.0207
Densidad siembra*dias cose..	0.18	2	0.09	1.33	0.2767
Error	2.38	36	0.07		
Total	10.78	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0660 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	3.06	14	0.07	A
4	3.00	14	0.07	A
3	2.12	14	0.07	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0660 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	2.82	21	0.06	A
13	2.63	21	0.06	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0660 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
5	15	3.25	7	0.10	A	
4	15	3.06	7	0.10	A	B
4	13	2.95	7	0.10		B
5	13	2.87	7	0.10		B
3	15	2.16	7	0.10		C
3	13	2.07	7	0.10		C

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

## 1.2 Análisis de varianza de rendimiento de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (Rdto/m2)

### Rdto GH/M2 (TCO)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto GH/M2 (TCO)	42	0.80	0.77	9.10

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	464.64	5	92.93	29.08	<0.0001
Densidad siembra	418.86	2	209.43	65.53	<0.0001
dias cosecha	35.24	1	35.24	11.03	0.0021
Densidad siembra*dias cose..	10.55	2	5.27	1.65	0.2063
Error	115.05	36	3.20		
Total	579.69	41			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.1959 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	22.20	14	0.48	A
4	21.52	14	0.48	A
3	15.19	14	0.48	B

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

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.1959 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	20.55	21	0.39	A
13	18.72	21	0.39	B

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

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.1959 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
5	15	23.75	7	0.68	A	
4	15	22.38	7	0.68	A	B
4	13	20.66	7	0.68		B
5	13	20.64	7	0.68		B
3	15	15.52	7	0.68		C
3	13	14.86	7	0.68		C

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

### 1.3 Análisis de varianza de producción de materia seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (MS/m<sup>2</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto MS/m <sup>2</sup>	42	0.79	0.76	9.10

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.84	5	3.57	27.09	<0.0001
Densidad siembra	16.62	2	8.31	63.09	<0.0001
dias cosecha	1.16	1	1.16	8.83	0.0052
Densidad siembra*dias cose..	0.06	2	0.03	0.22	0.8072
Error	4.74	36	0.13		
Total	22.58	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1317 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	4.56	14	0.10	A
4	4.29	14	0.10	A
3	3.11	14	0.10	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1317 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	4.15	21	0.08	A
13	3.82	21	0.08	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1317 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
5	15	4.78	7	0.14	A	
4	15	4.43	7	0.14	A	B
5	13	4.34	7	0.14		B
4	13	4.16	7	0.14		B
3	15	3.26	7	0.14		C
3	13	2.96	7	0.14		C

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

### 1.4 Análisis de varianza de producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (PC/m2)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto PC/m2	42	0.85	0.83	9.03

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.45	5	0.09	40.78	<0.0001
Densidad siembra	0.41	2	0.21	93.43	<0.0001
dias cosecha	0.01	1	0.01	4.06	0.0514
Densidad siembra*dias cose..	0.03	2	0.01	6.47	0.0040
Error	0.08	36	2.2E-03		
Total	0.53	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0022 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	0.60	14	0.01	A
4	0.58	14	0.01	A
3	0.38	14	0.01	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0022 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	0.53	21	0.01	A
13	0.50	21	0.01	A

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0022 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.	
5	15	0.65	7	0.02	A
4	15	0.59	7	0.02	B
4	13	0.56	7	0.02	B
5	13	0.56	7	0.02	B
3	13	0.40	7	0.02	C
3	15	0.36	7	0.02	C

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

## 1.5 Análisis de varianza de producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (EE/m<sup>2</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto EE/m <sup>2</sup>	42	0.79	0.76	9.01

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	5	4.5E-03	27.21	<0.0001
Densidad siembra	0.02	2	0.01	62.89	<0.0001
dias cosecha	1.2E-03	1	1.2E-03	7.30	0.0105
Densidad siembra*dias cose..	5.0E-04	2	2.5E-04	1.49	0.2380
Error	0.01	36	1.7E-04		
Total	0.03	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0002 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	0.16	14	3.5E-03	A
4	0.16	14	3.5E-03	A
3	0.11	14	3.5E-03	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0002 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
13	0.15	21	2.8E-03	A
15	0.14	21	2.8E-03	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0002 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.			
4	13	0.17	7	4.9E-03	A		
5	13	0.16	7	4.9E-03	A	B	
5	15	0.16	7	4.9E-03	A	B	
4	15	0.15	7	4.9E-03		B	
3	13	0.12	7	4.9E-03			C
3	15	0.11	7	4.9E-03			C

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

## 1.6 Análisis de varianza de producción de fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (FC/m2)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto FC/m2	42	0.79	0.76	9.40

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.28	5	0.06	27.08	<0.0001
Densidad siembra	0.26	2	0.13	61.75	<0.0001
dias cosecha	0.01	1	0.01	6.42	0.0158
Densidad siembra*dias cose..	0.01	2	0.01	2.74	0.0783
Error	0.07	36	2.1E-03		
Total	0.36	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0021 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	0.55	14	0.01	A
4	0.53	14	0.01	A
3	0.37	14	0.01	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0021 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	0.50	21	0.01	A
13	0.47	21	0.01	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0021 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
5	15	0.59	7	0.02	A	
4	15	0.54	7	0.02	A	B
4	13	0.52	7	0.02		B
5	13	0.51	7	0.02		B
3	15	0.38	7	0.02		C
3	13	0.37	7	0.02		C

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

## 1.7 Análisis de varianza de producción de cenizas (CEN) de germinado hidropónico por metro cuadrado (Cen/m<sup>2</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rdto CEN/m <sup>2</sup>	42	0.80	0.77	9.31

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	5	3.8E-03	28.11	<0.0001
Densidad siembra	0.02	2	0.01	66.51	<0.0001
dias cosecha	3.0E-04	1	3.0E-04	2.25	0.1422
Densidad siembra*dias cose..	7.1E-04	2	3.5E-04	2.65	0.0842
Error	4.8E-03	36	1.3E-04		
Total	0.02	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
5	0.14	14	3.1E-03	A
4	0.14	14	3.1E-03	A
3	0.10	14	3.1E-03	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	0.13	21	2.5E-03	A
13	0.12	21	2.5E-03	A

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0001 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
5	15	0.15	7	4.4E-03	A	
4	13	0.14	7	4.4E-03		B
4	15	0.14	7	4.4E-03		B
5	13	0.13	7	4.4E-03		B
3	15	0.10	7	4.4E-03		C
3	13	0.10	7	4.4E-03		C

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

## 1.8 Análisis de varianza de rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla (GH/Kg semilla)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GH/kg sem	42	0.51	0.44	9.60

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.57	5	1.71	7.57	0.0001
Densidad siembra	7.26	2	3.63	16.04	<0.0001
dias cosecha	1.05	1	1.05	4.66	0.0377
Densidad siembra*dias cose..	0.26	2	0.13	0.56	0.5738
Error	8.14	36	0.23		
Total	16.71	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2262 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
4	5.40	14	0.13	A
3	5.07	14	0.13	A
5	4.40	14	0.13	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2262 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	5.11	21	0.10	A
13	4.80	21	0.10	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2262 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.		
4	15	5.50	7	0.18	A	
4	13	5.29	7	0.18	A	
3	15	5.17	7	0.18	A	B
3	13	4.97	7	0.18	A	B
5	15	4.67	7	0.18		B
5	13	4.13	7	0.18		C

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

## 1.9 Análisis de varianza de rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo desemilla (Kg MS/kg semilla)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg MS/kgsem	42	0.57	0.51	9.32

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.41	5	0.08	9.40	<0.0001
Densidad siembra	0.30	2	0.15	17.54	<0.0001
dias cosecha	0.10	1	0.10	11.27	0.0019
Densidad siembra*dias cose..	0.01	2	2.8E-03	0.32	0.7249
Error	0.31	36	0.01		
Total	0.72	41			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0086 gl: 36

Densidad siembra	Medias	n	E.E.	
4	1.07	14	0.02	A
3	1.04	14	0.02	A
5	0.88	14	0.02	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0086 gl: 36

dias cosecha	Medias	n	E.E.	
15	1.04	21	0.02	A
13	0.95	21	0.02	B

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

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0086 gl: 36

Densidad siembra	dias cosecha	Medias	n	E.E.			
4	15	1.11	7	0.04	A		
3	15	1.09	7	0.04	A	B	
4	13	1.04	7	0.04	A	B	C
3	13	0.99	7	0.04		B	C
5	15	0.94	7	0.04			C
5	13	0.82	7	0.04			D

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

### 1.10 Temperatura (°C) y humedad relativa (%)

Fecha	Hora	Temperatura minima (°C)	Temperatura maxima (°C)	Humedad maxima (%)	Humedad minima (%)
01/10/2021	07:00 a.m.	15.3	26.6	67	85
	12:00 m	25.4	25.4	69	74
	07:00 p.m.	17.5	26.7	69	76
02/10/2021	07:00 a.m.	16.6	17.7	76	83
	12:00 m	16.5	22.9	76	78
	07:00 p.m.	19.1	23.9	73	78
03/10/2021	07:00 a.m.	16	19	74	83
	12:00 m	16	24.9	72	83
	07:00 p.m.	17.7	24.9	74	74
04/10/2021	07:00 a.m.	15.5	25.8	68	82
	12:00 m	16	23	71	77
	07:00 p.m.	16.2	18.2	72	75
05/10/2021	07:00 a.m.	15.5	18.2	75	84
	12:00 m	16.7	24.9	78	84
	07:00 p.m.	17.6	19.3	74	75
06/10/2021	07:00 a.m.	16.7	17.6	75	84
	12:00 m	17.6	25.9	72	84
	07:00 p.m.	16.4	23.2	74	78
07/10/2021	07:00 a.m.	16.9	24.9	72	84
	12:00 m	18.2	25.9	71	84
	07:00 p.m.	17.1	24.7	73	75

**1.11 Estructura de costos de producción de un kg de Materia seca (MS) de GH de avena del tratamiento T4 (S/)**

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo
<b>PRE GERMINACIÓN (3 días)</b>	Avena	Kg.	3.90	3.00	11.69
	Agua	L	6.23616	0.05	0.31
	Lejía	L	0.003	1.90	0.006
	Dioxido de cloro	ml	4.00		0.000
	Mano de obra	Horas	1.36	3.125	4.26
	<b>Sub Total</b>				
<b>GERMINACION (5 días)</b>	Agua	L	9.354	0.05	0.47
	Mano de obra	Horas	0.347	3.125	1.09
	<b>Sub Total</b>				
<b>PRODUCCION (7 días)</b>	Agua	L	11.6928	0.05	0.58
	Mano de Obra	Horas	0.33	3	1.00
	<b>Sub Total</b>				

**TOTAL**

Costo de producción por tratamiento (S/)	19.41
Rendimiento/tratamiento (Kg)	21.44
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico	0.91
Costo de depreciación/kg	0.05
Costo Total de 1 Kg. de germinado hidropónico de avena	0.96



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**  
**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL**  
**Nº 019- 2023/FIZ**



Siendo las 6:30 pm del día viernes 14 de setiembre de 2023, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N°145-2023-VIRTUAL-FIZ/D, que autoriza la sustentación virtual de la tesis "DENSIDAD DE SIEMBRA Y PERIODO DE COSECHA EN GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA (Avena sativa) EN LAMBAYEQUE", presentado por la bachiller TATIANA ROSALES ROJAS, se reunieron vía plataforma virtual: [meet.google.com/tie-pvgv-zoi](https://meet.google.com/tie-pvgv-zoi) los miembros de jurado designados con Resolución N° 026-2023-CF/FIZ, de fecha 08 de marzo del 2023 y modificado en su constitución con Resolución N° 103-2023-VIRTUAL-FIZ/D de fecha 20 de junio del 2023 por licencia de año sabático del Ing. Benito Bautista Espinoza (Secretario) quedando de la siguiente manera: Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc (Presidente), Ing. Sergio Rafael Del Carpio Hernández, M. Sc. (secretario), Ing. Allan Joel Arriola Vega, M. Sc. (Vocal), e Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Patrocinador) para dictaminar sobre el proyecto de tesis antes citado y que fue aprobado con Resolución N° 112-2023-VIRTUAL-FIZ/D del 05 de julio de 2023.

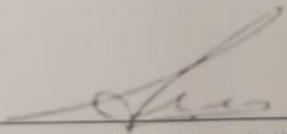
Concluida la sustentación de la tesis por parte de la sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado y aclaraciones del señor patrocinador, el jurado se reunió virtualmente en [meet.google.com/grd-dtxy-xvj](https://meet.google.com/grd-dtxy-xvj) para evaluar y calificar la sustentación de la tesis "DENSIDAD DE SIEMBRA Y PERIODO DE COSECHA EN GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA (Avena sativa) EN LAMBAYEQUE", habiendo acordado **APROBAR** el trabajo de tesis con la nota en escala vigesimal de 18 equivalente al calificativo de Muy Bueno.

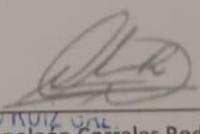
Por lo tanto, la Bachiller en Ingeniería Zootecnia TATIANA ROSALES ROJAS; se encuentra APTA para recibir el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la Ley Universitaria N°30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 8:00 pm. se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc  
 PRESIDENTE

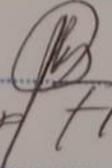
  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Sergio Rafael B. Del Carpio Hernández, M. Sc.  
 SECRETARIO

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Allan Joel Arriola Vega, M.Sc.  
 VOCAL

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.  
 PATROCINADOR

La presente es copia fiel del original a la que me remito  
 en caso necesario

Lambayeque, 13 de febrero del 2024

  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Alejandro Flores Paiva M.Sc  
 FEDATARIO

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ANEXO 01 CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. Asesor de tesis del trabajo de investigación de la estudiante TATIANA ROSALES ROJAS, titulada: DENSIDAD DE SIEMBRA Y PERIODO DE COSECHA EN GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA (Avena sativa) EN LAMBAYEQUE, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin. El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio.

A mi leal entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque 6 de mayo de 2023



Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.  
DNI 16680503  
Asesor



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Tatiana Rosales Rojas  
Título del ejercicio: Revisión de Tesis  
Título de la entrega: Densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hi...  
Nombre del archivo: TESIS\_TATIANA.pdf  
Tamaño del archivo: 660.88K  
Total páginas: 48  
Total de palabras: 13,139  
Total de caracteres: 54,897  
Fecha de entrega: 30-jun.-2023 01:26p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2124859376



**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

"DENSIDAD DE SIEMBRA Y PERIODO DE COSECHA EN GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA (Avena sativa) EN LAMBAYEQUE";

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR:

Bach. Tatiana Rosales Rojas

ASESOR:

Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr. (0000-0001-6666-4721)

Lambayeque junio de 2023



Ing. Corrales Rodríguez Napoleón, Dr.  
DNI 16680503  
Asesor

# Densidad de siembra y periodo de cosecha en germinado hidropónico de avena (avena sativa) en Lambayeque

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

- 1** Rene Eugenio Ruiz, Agustina Valverde Rodriguez, Esteban Nolberto Efrain David, Miltao Edelio Campos Albornoz. "Integración de los componentes del Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Pisum sativum en la región Huánuco, Perú", Enfoque UTE, 2022  
Publicación 3%
- 2** [nutricionanimal.info](http://nutricionanimal.info)  
Fuente de Internet 2%
- 3** [alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)  
Fuente de Internet 2%
- 4** Submitted to unhuancavelica  
Trabajo del estudiante 2%
- 5** Submitted to Entregado a Systems Link el 2013-03-13  
Trabajo del estudiante 1%
- 6** Amy Cohn, Selin Kurnaz, Yihan Guan, Yiwen Jiang. "Trading off between makespan and customer responsiveness in flow shop" 1%

sequencing", International Journal of  
Production Research, 2010

Publicación

---

7

Alexander Garcia, Enrique Macias, Jimmy Loor, Milton Vega. "Evaluación de efectos de soluciones nutritivas como alternativa de insumo en la producción de rábano (*raphanus sativus*) con sistema hidropónico bajo ambiente protegido", Ecuadorian Science Journal, 2021

Publicación

---

<1 %

8

Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia

Trabajo del estudiante

---

<1 %

9

[documentop.com](http://documentop.com)

Fuente de Internet

---

<1 %

10

Manuel Paredes A., Enilyn De la Flor M., José Mantilla G.. "Efectos de cuatro niveles dietéticos de harina de semilla de chocho (*Lupinus mutabilis*) sobre parámetros productivos, desarrollo intestinal y valores hematológicos en pavos de ocho semanas", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2020

Publicación

---

<1 %

11

"Nutrición y alimentación animal", , 2007.

Publicación

---

<1 %

12

Harin Joel Mejía Castillo, Franckling Samir Orellana Núñez. "Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático", Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 2019

Publicación

---

<1 %

13

José Manuel Salvador-Castillo, Martín Alejandro Bolaños-González, Ana Karen Cedillo-Aviles, Yaneth Vázquez-Chena et al. "Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de Avena sativa y Hordeum vulgare", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2022

Publicación

---

<1 %

14

José Manuel Mazón Suástegui, Carlos Michel Ojeda Silvera, Yuneisy Milagro Agüero Fernández, Daulemys Batista Sánchez et al. "Efecto de medicamentos homeopáticos en la germinación y crecimiento inicial de Salicornia bigelovii (Torr.)", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2020

Publicación

---

<1 %

15

Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Trabajo del estudiante

---

<1 %

16

[open.alberta.ca](https://open.alberta.ca)

Fuente de Internet

---

<1 %

17 Submitted to Corporación Universitaria  
Minuto de Dios, UNIMINUTO <1 %  
Trabajo del estudiante

---

18 repositorio.uchile.cl <1 %  
Fuente de Internet

---

19 doczz.es <1 %  
Fuente de Internet

---

20 "XXV IUFRO World Congress: Forest Research  
and Cooperation for Sustainable", XXV IUFRO  
World Congress: Forest Research and  
Cooperation for Sustainable, 2019 <1 %  
Publicación

---

21 Edgardo Jiménez-Martínez, Ariel Alexander  
Mena García. "Manejo del pulgón amarillo  
(Melanaphis sacchari) en sorgo, con  
insecticidas biológicos y sintéticos en Masaya,  
Nicaragua", Ciencia e Interculturalidad, 2022 <1 %  
Publicación

---

22 Samanda Patricia Vargas Castro, Carlos  
Manrique Perdomo. "Relación de medidas  
bovinométricas y su proporcionalidad con el  
peso de animales Senepol en Colombia",  
Revista MVZ Córdoba, 2017 <1 %  
Publicación

---

23 docplayer.es 1 %  
Fuente de Internet

---