



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo
(*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR

Bach. Altamirano Molina, Willan

ASESOR

Ing. Bautista Espinoza, Benito M. Sc.
(ORCID id: 0000-0002-0510-5042)

Lambayeque, 29 de diciembre de 2021

Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo (*Triticum aestivum*)
encuatro niveles de siembra en Cutervo

TESIS

Presentada para optar el título profesional de

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

Bach. Altamirano Molina, Willan

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado



Ing. Enrique Gilberto Lozano Alva M. Sc.
Presidente



Ing. Napoleón Corrales Rodríguez Dr.
Secretario



Ing. Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández M. Sc.
Vocal



Ing. Benito Bautista Espinoza M.Sc.
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. **Willan Altamirano Molina**, investigador principal, e Ing. **Benito Bautista Espinoza, M. Sc.** asesor del trabajo de investigación titulado Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo (*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demuestre lo contrario, asumimos 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, mayo de 2022.



Bach. Willan Altamirano Molina
Investigador



Ing. Benito Bautista Espinoza, M. Sc.
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL
N° 031-2021/FIZ



Siendo las 4:00 pm. del día miércoles 29 de diciembre de 2021, de acuerdo al Oficio Circular N° 021-2021-VIRTUAL-UIP de fecha 26 de diciembre de 2021 que modifica el horario dispuesto en la Resolución N° 240-2021-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 25 de diciembre de 2021, que autoriza la sustentación virtual del trabajo de tesis: "DENSIDAD OPTIMA DE SIEMBRA PARA EL GERMINADO HIDROPONICO (G.H) DE TRIGO (*Triticum Aestivum*) EN CUATRO NIVELES DE SIEMBRA EN CUTERVO", presentado por el Bachiller Willan Altamirano Molina", se reunieron vía plataforma virtual: meet.google.com/bqr-tger-hia los miembros de jurado designados por Resolución N°014-2019-CF/FIZ, de fecha 14 de febrero de 2019, que nombró el Jurado del proyecto de tesis titulado: "DENSIDAD OPTIMA DE SIEMBRA PARA EL GERMINADO HIDROPONICO (G.H) DE TRIGO (*Triticum Aestivum*) EN CUATRO NIVELES DE SIEMBRA EN CUTERVO", designando a los Ingenieros, Ing. Enrique Gilberto Lozano Alva, M.Sc. (Presidente), Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Secretario), Ing. Sergio Rafael Bernardo Del Carpio Hernández, M.Sc. (Vocal), e Ing. Benito Bautista Espinoza, M.Sc. (Asesor), presentado por el Bachiller Willan Altamirano Molina; habiéndose aprobado con Resolución N° 070-2019-FIZ/D, de fecha 05 de abril de 2019. El periodo de ampliación para la sustentación del presente trabajo de investigación fue autorizado con Resolución N° 231-2021-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 18 de diciembre de 2021.

Concluida la sustentación de la tesis por parte del sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado, así como las aclaraciones del señor patrocinador, los miembros del jurado se reunieron vía plataforma virtual meet.google.com/ame-cgc-ytw para deliberar y calificar la sustentación del trabajo de tesis: "DENSIDAD OPTIMA DE SIEMBRA PARA EL GERMINADO HIDROPONICO (G.H) DE TRIGO (*Triticum Aestivum*) EN CUATRO NIVELES DE SIEMBRA EN CUTERVO", presentado por el Bachiller Willan Altamirano Molina; habiendo acordado APROBAR la tesis con la nota en escala vigesimal de 17.04 equivalente al calificativo de BUENO recomendando incluir en la redacción del informe final las sugerencias dadas durante la sustentación.

Por lo tanto, el Bachiller en Ingeniería Zootecnia, WILLAN ALTAMIRANO MOLINA se encuentra APTO para recibir el Título Profesional de Ingeniera Zootecnista de acuerdo con la ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 5:30 pm se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

Ing. Enrique Gilberto Lozano Alva, MSc.
Presidente

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Secretario

Ing. Sergio Rafael Del Carpio Hernández, MSc.
Vocal

Ing. Benito Bautista Espinoza, MSc.
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ZOOTECNICA

12 mayo 2022

Ing. Willan Altamirano Molina, Dr.
Sustentante

DEDICATORIA A:

Mis padres:

LISAURA y GONZALO

**Por darme la vida, formarme en valores, responsabilidad y guiar
cadapaso de mi vida.**

**Sus sacrificios por verme profesional fueron sobrehumanos, no
escatimaron nada en este duro camino de la vida.**

Hoy, dejo constancia de mi gratitud eterna

Willan

ADRADECIMIENTOS A:

Al Ing. Benito Bautista Espinoza, asesor del presente trabajo, por sus consejos, y el acompañamiento recibido para la ejecución y éxito alcanzado.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, Filial Cutervo, por la inmensa amistad e invaluable enseñanza para ser un profesional de éxito.

A mis compañeros de estudios universitarios por que juntos bregamos por seguir adelante y significaron un invaluable apoyo durante mi vida en las aulas universitarias.

Willan

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
I. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. El trigo.....	3
1.2. La hidroponía (FVH).....	6
II. MATERIALES y MÉTODOS	18
2.1. Lugar de ejecución y duración del experimento... ..	18
2.2. Materiales y equipos	18
2.2.1. Tratamientos experimentales... ..	18
2.2.2. Del material de evaluación... ..	19
2.2.3. Equipos e instalaciones para el experimento.....	19
2.3. Metodología experimental.....	20
2.3.1. Fase de preparación de semilla.....	20
2.3.2. Control del medio ambiente interno... ..	21
2.3.3. Diseño de contrastación de hipótesis.....	22
2.3.4. Datos recolectados y evaluados.....	23
2.3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	23
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Contenido de materia seca del FVH de trigo.....	25
3.2. Rendimiento de FVH en trigo (M.V. y M.S.).....	27
3.3. Composición química de FVH de trigo... ..	34
IV. CONCLUSIONES.....	42
V. RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	51

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Temperatura y humedad relativa durante la fase experimental.....	22
2. Esquema del análisis de varianza.....	24
3. Contenido de materia seca en FVH de trigo, según densidad de siembra.....	25
4. Producción de FVH () por m ² . Kg/m ²	28
5. Producción de FVH, según parte de la planta. g/bandeja.....	31
6. Atributos agronómicos de la planta de FVH de trigo.....	33
7. Composición química del FVH de trigo, según tratamientos.....	36

INDICE DE GRÁFICOS

1. Contenido de materia seca en FVH, según tratamientos y parte de la planta... ..	25
2. Materia seca en FVH de trigo, según tratamientos.....	26
3. Materia seca en FVH de trigo, según tratamientos.....	27
4. Rendimiento en FVH de trigo, tratamientos, kg/m ²	29
5. Rendimiento de materia seca en FVH de trigo, según densidad de siembra, kg/m ²	29
6. Peso de FVH de trigo, según parte de la planta.....	31
7. Peso de FVH de trigo, según parte de la planta, g/bandeja.....	32
8. Proporción de cada parte de la planta del FVH.....	32
9. Proteína cruda en FVH de trigo, según tratamientos.....	35
10. Proteína Cruda, en FVH de trigo, según tratamientos.....	35
11. Fibra Cruda en FVH de trigo, según tratamientos.....	38
12. Fibra Cruda en FVH de trigo, según parte de la planta.....	39
13. Energía Bruta en FVH de trigo, según tratamientos. Mcal/kg.....	40
14. Energía Bruta en FVH de trigo, según parte de la planta. Mcal/kg.....	40

CONTENIDO DEL ANEXO

1. Análisis de varianza para contenido de materia seca en hojas de FVH de trigo.....	52
2. Análisis de varianza para contenido de materia seca en tallos de FVH de trigo.....	52
3. Análisis de varianza para contenido de materia seca en raíces de FVH de trigo.....	53
4. Análisis de varianza para contenido de rendimiento de FVH de trigo. KgM ²	53
5. Análisis de varianza para peso en hojas de FVH de trigo.....	54
6. Análisis de varianza para peso en tallos de FVH de trigo.....	54
7. Análisis de varianza para en raíces de FVH de trigo.....	55
8. Análisis de varianza para número de raíces/planta en FVH de trigo.....	55
9. Análisis de varianza para largo de tallo en FVH de trigo.....	56
10. Análisis de varianza para ancho de tallo en FVH de trigo.....	56
11. Análisis de varianza para largo de hoja en FVH de trigo.....	57
12. Análisis de varianza para ancho de hoja en FVH de trigo.....	57

Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo (*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo

Resumen

Semillas de trigo, con un valor cultural de 90.0%, fueron evaluados en un diseño irrestricto al azar, sobre el efecto de la densidad a la siembra, en los siguientes tratamientos: T₁ (1.0 kg/m²), T₂ (2.0 kg/m²), T₃ (3.0 kg/m²) y T₄ (4.0 kg/m²), cosechados a los 14 días, habiéndose determinado el contenido de materia seca, rendimiento de FVH en base fresca y materia seca/m², conversión de semilla y rendimiento de FVH, atributos agronómicos de la planta, composición química. La materia seca fue de 11.60 (T₁), 9.60 (T₂), 8.67 (T₃) y 9.33% (T₄); en hojas, tallo y raíz fueron de 11.95, 10.45 y 7.00%, respectivamente. En ese orden, se determinaron producciones en FVH de trigo de 5.062, 9.857, 1.614 y 17.427 kg/m², equivalentes a 0.587, 0.946, 1.267 y 1.624 kg de MS/m². La conversión de semilla sembrada a FVH fue de 5.051, 4.929, 4.871 y 4.357. El número de raíces fue 5.2 (T₁), 4.6 (T₂), 5.2 (T₃), 4.4 (T₄); para dichos tratamientos el largo de tallo fue: 5.8, 4.3, 5.4, 5.2 cm; ancho de hoja de 0.6, 0.5, 0.55 y 0.52 cm; largo de hoja de 15.22, 12.74, 15.18 y 13.27 cm; ancho de hoja de 0.40, 0.43, 0.48 y 0.44 cm. La proteína cruda fue 14.17 (T₁), 13.75 (T₂), 14.9 (T₃), 13.83% (T₄); en raíces de 11.22, 18.42 en hojas y 12.35% en tallos; la fibra cruda fue 14.8 (T₁), 15.15 (T₂), 16.71 (T₃) y 15.90% (T₄), 10.39 en raíces, 14.92 en hojas y 21.61% en tallos; en cenizas fue 2.16 (T₁), 2.41 (T₂), 2.82 (T₃), 2.66% (T₄), 2.63 en raíces, 2.23 en hojas y 2.98% en tallos; extracto etéreo fue 2.77 (T₁), 2.80 (T₂), 3.27 (T₃), 3.31% (T₄), 3.34 en raíces, 2.31 en hojas y 3.07% en tallos; la energía bruta fue 2.441 (T₁), 2.517 (T₂), 2.604 (T₃) y 2.500 Mcal/kg (T₄), 2.759 en raíces, 2.422 en hojas y 2.338 Mcal/kg en tallos.

Palabras claves: Trigo, cultivo hidropónico, densidad, producción.

Optimum planting density for hydroponic germination (g.h.) of wheat (*Triticum aestivum*) at four planting levels in Cutervo

Abstract

Wheat seeds, with a cultural value of 90.0%, were evaluated in an unrestricted random design, on the effect of density at sowing, in the following treatments: T₁ (1.0 kg / m²), T₂ (2.0 kg / m²), T₃ (3.0 kg / m²) and T₄ (4.0 kg / m²), harvested after 14 days, having determined the content of dry matter, FVH yield on fresh basis and dry matter / m², seed conversion and yield of FVH, agronomic attributes of the plant, chemical composition. The dry matter was 11.60 (T₁), 9.60 (T₂), 8.67 (T₃) and 9.33% (T₄); in leaves, stem and root they were 11.95, 10.45 and 7.00%, respectively. In that order, wheat FVH productions of 5,062, 9,857, 1,614 and 17,427 kg / m² were determined, equivalent to 0.587, 0.946, 1,267 and 1,624 kg DM / m². The conversion of sown seed to FVH was 5,051, 4,929, 4,871 and 4,357. The number of roots was 5.2 (T₁), 4.6 (T₂), 5.2 (T₃), 4.4 (T₄); for these treatments the stem length was: 5.8, 4.3, 5.4, 5.2 cm; leaf width of 0.6, 0.5, 0.55 and 0.52 cm; blade length of 15.22, 12.74, 15.18 and 13.27 cm; blade width of 0.40, 0.43, 0.48 and 0.44 cm. The crude protein was 14.17 (T₁), 13.75 (T₂), 14.9 (T₃), 13.83% (T₄); 11.22 in roots, 18.42 in leaves and 12.35% in stems; the crude fiber was 14.8 (T₁), 15.15 (T₂), 16.71 (T₃) and 15.90% (T₄), 10.39 in roots, 14.92 in leaves and 21.61% in stems; in ashes it was 2.16 (T₁), 2.41 (T₂), 2.82 (T₃), 2.66% (T₄), 2.63 in roots, 2.23 in leaves and 2.98% in stems; ethereal extract was 2.77 (T₁), 2.80 (T₂), 3.27 (T₃), 3.31% (T₄), 3.34 in roots, 2.31 in leaves and 3.07% in stems; the gross energy was 2,441 (T₁), 2,517 (T₂), 2,604 (T₃) and 2,500 Mcal / kg (T₄), 2,759 in roots, 2,422 in leaves and 2,338 Mcal / kg in stems.

Keywords: Wheat, hydroponics, density, production

INTRODUCCIÓN

El cultivo hidropónico, viene siendo motivo de un inusitado interés, basado en que representa una modalidad de obtener biomasa forrajera bajo diversas condiciones que primen el entorno e independencia, pudiendo aplicarlo exitosamente, bajo muy distintas condiciones ecológicas, económicas y sociales.

Esta técnica, cuyo fundamento es la producción de cultivos sin suelo, ha logrado inmensa importancia, año a año, y pertenece ya a una alternativa de producción dentro de la agricultura moderna y con alcance mundial. Cabe señalar que, su estructura y metodologías han venido experimentando cambios progresivos y significativos desde sus inicios y la aparición de los plásticos. En continentes y países desarrollados han visto en ella su alternativa económica que les ha permitido automatizar y programar el desarrollo de su agricultura intensiva.

Sin embargo, también se viene acrecentando y potencializando en países en vías de desarrollo, donde se presenta como una opción para producir económicamente cultivos de alto valor nutritivo, en localidades con serias limitantes de suelo o agua, reemplazando a formas tradicionales y donde prima serias limitaciones de área, agua, mano de obra y otros recursos necesarios para producción bajo esas condiciones.

La provincia de Cutervo, poseedora de distintos pisos ecológicos, desarrolla sus actividades agropecuarias dentro de un marco tradicional, con meses prolongados de sequía, que determina un estiaje con graves efectos en esta actividad y por depender de las lluvias para programar sus cultivos, condicionado a otros factores climáticos y con consecuencias de limitadas producciones.

El presente trabajo de investigación se justifica porque en la región Cajamarca no se han llevado a cabo investigaciones orientadas para generar tecnologías validadas, propias, adaptadas a las condiciones climáticas con semillas propias de la zona para la

producción óptima de germinado hidropónico de trigo.

Fueron objetivos del presente trabajo, los siguientes:

- Determinar la densidad de siembra óptima para la producción de germinado hidropónico de trigo en Cutervo.
- Evaluar el rendimiento de biomasa por densidad de siembra al momento de la cosecha al día 12 post siembra.
- Conocer su composición química y otros atributos del FVH de trigo según densidad de siembra

I. MARCO TEÓRICO

1.1. El trigo

1.1.1. Taxonomía del trigo.

Esta clasificación científica es señalada por Manual Agropecuario (2002), Cuesta (2007)

Clase: Liliopsida (=Monocotyledonae)

Subclase: Liliidae

Orden: Poales (=Glumiflorae)

Familia: Poaceae (=Gramineae)

Sub familia: Pooideae (=Festucoideae)

Tribu: Triticeae (= Hordeae)

Género: Hordeum

Especie: *Hordeum vulgare* L.

1.1.2. Origen e historia del trigo

Lo señala Ruiz (1981), que su nacimiento sería Mesopotamia, a través de pruebas arqueológicas en Siria, Jordania, Turquía, Irak; que milenios atrás se generaría la mutación del cereal silvestre que dio un tetraploide, de semillas más desarrolladas; y otro hallazgo es de indicios carbonizados del trigo (*Triticum dicoccoides*) y rastros de semillas en ollas de esa época, con antigüedad del 6700 A.C.

Al Perú llega por el año 1535, traído de modo casual, mezclado con leguminosas, que primero se sembró en jardines, y después en los valles del sur (Gago et al, 2011).

1.1.3. Descripción del cultivo

Sobre la germinación, informan que se da entre 0-37°C, pero su óptimo oscila entre 20 y 25°C. Agregan que, unos con genética primaveral necesitan temperaturas entre 7 y 18°C durante 5 a 15 días a fin de que haya la inducción floral; en tanto que, los que tienen genética invernal necesitan temperaturas desde 0 hasta 7°C durante 30 a 60 días (Evans *et al.*, 1975).

Ruiz (1981), describe al trigo con una raíz en cabellera, o con varias ramificaciones y que llegan hasta una profundidad de 25cm; agrega que las raíces permanentes salen luego de emergencia de la planta en el suelo y son las que sujetan a la planta y por su intermedio circula el agua y elementos nutritivos del suelo, sus tallos son rectos, ahuecados, el desarrollo de los mismos no es apical, sino más bien hay un alargamiento de los tejidos ubicados arriba de los nudos.

Benacchio (1982), asegura que se necesita un ambiente seco, y que mucha humedad no le conviene por el riesgo de enfermedades fúngicas.

Para otra fuente, el pH adecuado se halla de 5.5 a 7.5 (Moreno, 1992); comunican Muller y Tobin (1999), que esta especie va muy bien en zonas sub-tropicales, medio templadas y algo frías; es mejor una pluviosidad anual de 229 a 762mm, más alta en primavera que en verano, y en el verano es mejor de 13 °C a más.

Autores como Mangelsdorf (1993), confirman estadísticas mundiales, donde el orden de los más productores son China, India, Estados Unidos, Rusia, Francia y Canadá. En Latinoamérica, Argentina ocupa el 14 y México el 25 lugar.

Siendo, esta especie, anual, que crece más en invierno y primavera, la variación genética que posee le permite crecer y reproducirse en medios diferentes entre sí. Está en varios sitios del mundo, gracias a su amplio rango de adaptación y alto consumo (Moreno *et al.*, 2001).

Se explica que, la temperatura altera el crecimiento en todas sus etapas y partes como hojas, tallos y otros (Rawson y Gómez, 2001). Continúan diciendo que, las plántulas emergentes se pueden secar rápido, si es que la temperatura del suelo llegara a 40°C o más; si es que disminuye la temperatura el crecimiento es lento, y si las temperaturas siguen bajando, habrá daños en tejidos jóvenes, en la emergencia de espigas, hasta cuando inicia el llenado del grano, lo que, traería efectos graves en la producción (Rawson y Gómez; 2001).

Esta especie, ocupa el primer lugar en producción y superficie, a nivel mundial, seguido por arroz, maíz y cebada, tanto para alimentación humana y animal, ya que se adapta a distintas condiciones, es altamente consumido, y, si bien es cierto que es cosmopolita, mayor rendimiento es en climas templados a fríos (Andrade, 2003).

Ha hecho mención que, este cultivo trigo requiere suelos con buena profundidad y drenaje, para alcanzar un buen enraizamiento, porque si el suelo es arcilloso habría asfixia de las raíces y se limitará su funcionamiento; por el contrario, si es arenoso habrá deficiencias nutricionales, falta de agua para que el grano madure. Se ha dicho que esta gramínea tolera un pH entre 5 y 8, con un óptimo de 6 y 7; la salinidad afecta la producción pudiendo bajar más de 59% con 12 dS m⁻¹ (Mateo, 2005).

En otras regiones del mundo la planta se prefiere utilizarla como forraje (TDP), donde, la primera producción es forraje y luego para grano. Es una tendencia creciente, y se toma al trigo como especie potencialmente forrajera y se está procurando que sea un forraje de alto valor en nutrientes (Morant *et al.*, 2009).

Garza (2010), lo describe como un grano ovoide y su ranura típica en la parte ventral, bien protegido por su pericarpio, el color puede ser rojo o blanco, según las variedades, pero la mayor parte del grano es el endospermo.

Según INFOAGRO, (2012), crece, generalmente, de 60 y 120 cm; pero, hay los enanos

(25 a 30 cm), muy altos (120 a 150 cm), medio enanos (50 a 70 cm) que son los de más producción.

Zamora, et al (2016), cuando evaluaron trigos forrajeros, encontraron algunas líneas de buenas productoras de alta calidad forrajera, hasta que superaban a la avena y cebada; con rendimientos de materia seca de 13.32 t/ha, una proteína de 10%, donde sobresalían algunas con mayor peso seco de hojas, frente a la avena y cebada.

Información del Ministerio de agricultura (2019), reporta producciones en el 2018 de 1540 y en el 2019 de 1554 kg/ha.

1.2. La hidroponía (FVH)

1.2.1. Definiciones e importancia

La producción del FVH es una derivación práctica consistente en cultivar sin usar suelo, es muy antigua su evolución, y dice que ya en el siglo XVII, Robert Boyle inició estudios en medio acuático, luego, John Woodward llegó a germinar granos probando distintas aguas, midió distintos niveles de nutrientes, en el agua, y analizó la composición del forraje obtenido (Núñez, 1988; Izquierdo, 2001).

También se dice que el FVH es un alimento logrado de semillas de cereales (maíz, trigo, cebada, avena), que se les hace germinar en un ambiente líquido o sea sin suelo (Izquierdo, 2001). Para ello, se requiere un buen ambiente, semillas de buena calidad para su germinación, por ser la única manera de lograr un alimento para los animales, con buena calidad, pero también con reducido costo de producción; pudiendo alcanzarse producciones entre 10 a 12 veces el peso de la semilla que se siembra en cada recipiente (Hidalgo, 1985).

Alpi (1986), narra que, en Australia, que es propenso a sequías, como Australia, el concepto de “fábrica de pastos” era poco creíble, y sin embargo, ahora ya es una realidad. En ese país, hay ya una variedad de tamaños y capacidades, y lo consideran

como un mini invernadero, equipado, controlado climáticamente.

En forma práctica, el FVH es germinar granos (cereales o leguminosas) y que crecen bajo control en luz, temperatura y humedad), pero sin suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. La duración no es de 12 a 15 días, se realiza en fuentes planas, con riegos hasta lograr rebrotes de 3 a 4 cm; luego, debe continuarse con riegos que contengan elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y se podrá obtener una producción con buena palatabilidad, digestibilidad que pueda reemplazar al concentrado (Morales, 1987).

Lo describen que es un grupo de tecnologías, para producir sin suelo; en ambientes simples o complicados, plantas de tipo herbáceo, y que pueden ubicarse en azoteas, suelos infértiles, lugares escabrosos, climatizados, etc. Se han creado sustratos (medios que sostienen a la planta), o con sistemas de nutrientes estáticos o circulantes, pero siempre controlando la temperatura, humedad, agua y nutrientes; por ello, que se entiende que un cultivo hidropónico está separado y, que, gracias a la experiencia, los rendimientos por unidad de área son altos, gracias a la alta densidad, más producción/planta y lograr eficiencia en el empleo de agua, luz y nutrientes. Actualmente, esta técnica se basa en emplear poco espacio, mínimo consumo de agua y máximo rendimiento con calidad (Beltrano, s.f.).

Por la palabra, hidroponía viene del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo), ó sea trabajo en agua; por lo que, la hidroponía estudia los cultivos en ausencia de tierra, es muy antigua, tal que, dice que los jardines colgantes de Babilonia eran hidropónicos, y en una tecnología común en China, India, Egipto y la cultura Maya (Howard, 2001).

Agregan que, la producción de semillas en ausencia de suelo, en bandejas y da un forraje altamente nutritivo y consumible en un 100%, una digestibilidad de 85% a 90%, higiénico y sin contaminación; no necesita amplias áreas de suelo, ni periodos

largos para producir (Chang, et al, 2000). La germinación se da por diferentes cambios fisiológicos de la planta, tomando energía lumínica y generando una biomasa forrajera aprovechable por el animal (Valdivia, 1997). No se conoce de problemas digestivos y se recupera muy rápido la inversión (FAO, 2002; Müller *et al.*, 2005). Como se sabe, en la alimentación de vacunos se maximiza el componente forrajero, muy económico y poseedor de la mayoría de elementos nutritivos requeridos (Fumagalli y Kunts, 2002). Esta técnica permite producir alimentos de muy buen valor nutritivo y sano, en un periodo corto, todo el año, en cualquier lugar geográfico y adaptando las condiciones que se requieren. Se agrega que, el FVH se complementa a la producción forrajera convencional (Rodríguez, 2003), es beneficioso sanitariamente para los bovinos esto (Sneath y McIntosh, 2003, Rodríguez, 2003).

Castilla (2005), especifica que, que en el cultivo sin suelo la planta desarrolla su sistema radicular en el agua; con sustratos artificiales o en soluciones nutritivas bien aireadas.

Carrasco e Izquierdo., (2006), lo califican como una técnica ideal para la producción de alimentos en el área urbana y suburbana, es eficiente en el uso del agua de riego, pero necesita agua potable, permitiendo, adicionalmente, generar ingresos adicionales por la venta directa en microempresas familiares o comunitarias.

1.2.2. Ventajas y desventajas del FVH.

Se resumen las ventajas de los cultivos a través de la hidroponía (Lomelli, 2000; Garduño, 2011, Juárez et al., 2013):

Como desventajas, identificadas, en la producción de FVH serían la desinformación y sobrevaloración de esta tecnología (venta a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de

concentración de CO₂, etc.), lo que sería, en realidad, no se capacita (Marulanda e Izquierdo, 1993). También se señala al costode instalación elevado (Morales, 1987), aun cuando se ha demostrado que, utilizando estructuras simples.

La hidroponía es considerada como un sistema de producción agrícola. Presenta susventajas y desventajas, tanto desde el punto de vista técnico como el económico (Sánchez yEscalante, 1988). Citan lo siguiente:

- Balance ideal de aire, agua y nutrientes, ya que es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del rango óptimo requerido por los cultivos; los nutrimentos se proporcionan junto con el agua para ser asimilados en forma de solución balanceada.
- Humedad uniforme y controlada.
- Excelente drenaje, que da como resultado una excelente aireación para las raíces.
- Permite una alta densidad/unidad de área.
- Es fácil y rápido realizar correcciones por deficiencia o exceso de un nutrimento.
- Se controla muy bien el pH, ya que es un factor influyente en la asimilación de nutrimentos para el rendimiento de las plantas.
- Alta producción/unidad de superficie.
- Mayor calidad del producto, ya que el control sobre la nutrición y la aireación, permite que los productos sean más uniformes en tamaño, peso, color y de más alta calidad.
- Se alcanzan varias cosechas al año.
- Uniformidad en los cultivos, pues todas las plantas florecen y maduran al mismo tiempo.
- Se requiere mucho menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que en el suelo, por lo que es importante desde el punto de vista económico por

requerir de menor cantidad de terreno.

- Reducción de los costos de producción en la compra de fertilizantes, insecticidas, funguicidas, ya que no se requiere de barbechos, escardas y se ahorra tiempo y dinero.

1.2.3. La densidad de siembra y respuesta en los FVH

Valdivia (1997), en términos generales, explica que la cantidad de semilla para sembrar varía entre 1.4 y 1.7 kg/bandeja de 400 cm², y que una mayor densidad no da mayores conversiones.

También se menciona, que la cantidad siembra estaría entre 5 y 7.5 kg/m², pero dependería del tipo de grano a emplear (Arano, 1998).

Sánchez (2000), dice que, una densidad adecuada para siembra está entre 2.2 y 3.4 kg/m², y teniendo presente que las semillas no deben pasar 1.5 cm de altura en las bandejas. Castro (2006) sugiere, que en la producción de FVH de maíz debería utilizarse 1.5 kg de semilla en una bandeja de 0.47 x 0.60 m (0,28 m²) y que equivale a 5.3 kg/m². FAO (2001, 2002), recomiendan emplear una densidad de siembra de 2.4 a 3.4 kg/m², no superar el 1.5 cm de altura en la bandeja; realiza una cosecha entre los 10 a 15 días de haber sembrado y esperar producciones entre 12 a 18 kilos de forraje/ kilo de semilla sembrada.

Según resultados encontrados por Guzmán (2006), la dosis óptima para avena, Trigo, y Triticale es de 2.3 kg/m²; para maíz las dosis óptimas encontradas son de 3.8 a 4.7 kg/m². (De La Torre, 2005).

López (2010), refiere que la cebada alcanza más crecimiento con 20.6 cm con mayor producción de materia verde 6.27 kg/kg de semilla. También remarca que con la cebada se

logra producir mejor forraje hidropónico, en menos tiempo, pero tiene menos

producción en MS que la avena con 0.62 kg frente a 0.91 kg/kg. de semilla sembrada.

Al comparar tres densidades de semilla en dos especies (4.7, 5.2 y 5.7 kg/m² para trigo, y 3.5, 3.9 y 4.3 kg/m² para cebada), la mejor densidad para trigo fue 4.7 kg/m², con rendimiento de 30.2 kg/m² en peso fresco y una conversión, entre semilla sembrada y cosecha en fresco, de 1:6.4. En cebada fue de 3.5 kg/m², producción de 32.8 kg/m² y relación de conversión de 1:9.3 (Sánchez et. al., 2012).

Moyano (2012) al analizar la proteína de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz, de acuerdo al tiempo de cosecha, dice que su pico fue en el día décimo, donde baja poco hasta el 12 día, y de allí en adelante el descenso es vertiginoso; por lo que, no debe pasar del 12 día su germinación.

Hernández (2013), también estudió la densidad óptima de siembra para germinado hidropónico (GH) de maíz amarillo duro, en Lambayeque (2, 3, 4 y 5 Kg/m²) durante 15 días y halló que fue mejor con 2 Kg/m², cuando obtuvo producción de 5.71 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, y una composición química en PC (11.25%), FC (7.95%), EE (3.58%) y cenizas (1.02%), rendimientos 1.77 kg de MS en base fresca.

1.2.4. Principales pasos en el proceso del FVH.

1.2.4.1 Selección de la semilla.

Tener en cuenta la calidad, libre de malezas, plagas y enfermedades para un óptimo rendimiento en la producción, semillas tratadas con fungicidas no se deben utilizar (Pérez, 1999).

1.2.4.2 Germinado.

Esta ocurre en un periodo de 9 a 16 días (FAO, 2001), pudiendo emplear varios tipos de semillas si se tiene presente las condiciones ambientales de la zona y las necesidades del productor (Ceballos y García, 1992). Abarca desde que aparece la raíz y de las primeras hojas, para lo cual deberá activarse el embrión de la semilla (pasar de un estado de latencia a un estado activo) e inicie el desarrollo de la planta (Baskin y Mack, 1998).

1.2.4.3. Requerimientos ambientales.

Debe ser un lugar donde haya agua, y la cubierta, que garantizan la producción, (FAO, 2001), la cabina térmica va a balancear la temperatura, humedad (Duran's Consulting, 2010).

El agua, fundamental en el metabolismo de la semilla, y tener presente que al absorberla la semilla aumenta en tamaño, la corteza se ablanda y la reserva de nutrientes comienzan una serie de reacciones bioquímicas y hacen que el embrión se desarrolle (Pérez, 1999).

Tener presente que la solución nutritiva preparada, aporta los elementos requeridos para un buen desarrollo forrajero, que luego mostrará adecuada palatabilidad y digestibilidad (Hidalgo, 1985).

Los estantes y bandejas, son uno de los mayores costos de inversión; pudiendo usarse madera, hierro u otros disponibles en el medio; las bandejas serán de superficie plana y es donde se crea el colchón, ahí se absorberán los nutrientes y donde crecerán las semillas. Los estantes son verticales, ahí reposarán las bandejas, son verticales, y su altura estará en función al volumen de producción (FAO, 2001).

El riego podrá ser automática o manual; en el primer caso deberá contarse con una bomba para el tanque y su distribución; pero cuando sea manual, se podrá hacer mediante mangueras o baldes con agujeros en la base. En general, se riega con una frecuencia entre 5 y 8 veces/día (Pérez, 1999).

La luz, elemental en el proceso fotosintético y la síntesis de compuestos nutricionales complejos pero básicos en la alimentación (Urías, 1997; FAO, 2002). En la producción de FVH, ésta podría alterarse por el clima, de allí que será esencial la cabina térmica.

1.2.4.4. Producción.

Considerar donde se piensa llevar a cabo la producción, las condiciones ambientales predominantes, oferta y precio de las semillas, en ese aspecto ver semillas que flotan son (semillas vacías que no germinan) y habrá que retirarlas antes y no afecten la producción (Rosas, 1994).

Es muy recomendable desinfectar las semillas con hipoclorito de sodio al 1% y así eliminar patógenos, durante 30 segundos y hasta 3 minutos (Izquierdo, 2001). La hidratación de las semillas se alcanza sumergiéndolas en agua por 24 horas y así activar el estado de latencia (FAO, 2001).

En el pregerminado, se humedece la semilla durante 24 horas luego se escurre el agua y se deja en reposo durante 48 horas en los recipientes (Pérez, 1999).

En la inhibición las enzimas empiezan a funcionar el almidón es digerido, transformado en azúcares, los lípidos y proteínas se transforman en aminoácidos liberando energía (Rosas 1994). Luego se traslada a las bandejas para continuar con el proceso de producción (FAO, 2001).

Sumariamente, considerar la calidad de la semilla, la iluminación (sin luz la fotosíntesis se interrumpe) y no hay producción; la temperatura (variable más importante en el rendimiento de FVH), citándose, para maíz, una temperatura entre los 21 y 28°C, igual que la humedad relativa, que no debería estar por debajo de 70% (Juárez et al., 2013).

1.2.5. Rendimientos y composición química del FVH

El manual de FAO (2001), plantea una densidad de siembra de 2.2 a 3.4 kg/m², sin superar 1.5 cm de altura en la bandeja, y que, experiencias diversas dicen que por cada 1 – 1.2 Kg de semillas de avena sembradas en bandejas de 58.5 cm x 43 cm (0,25 m²), se obtienen aproximadamente 5 Kg de FVH a los 16 días desde el remojo inicial, la

densidadde siembra es de entre 4 y 4.8 kg/m²; mientras que Sánchez et al (2013), para trigo, recomiendan una densidad de 4.7 kg/m².

Tarrillo (2005), establece que en semillas de cebada, trigo y avena se pueden esperar producciones entre 6 y 8 kilos de FVH/kilo de semilla.

Miranda (2006) consultando a Rodríguez (1994), plantea cosechar a los 10 días y obtener 180g de forraje por 30g de semilla de cebada; o sea una proporción de 1:6.

Sinchiguano (2008), en Ecuador, evaluó la producción MS de FVH/kg de semilla, encinco especies de semilla y encontró valores de 1.7 kg para avena, 1.7 kg para cebada, 1.2

kg para trigo y 1.3 kg para vicia, a los 15 días de germinación; de 1.0 kg de MS para maízcon 17 días de germinación.

Estudios realizados en trigo, evaluaciones a los 7 10 y 15 días, muestran los siguientes resultados: Grasa cruda (2556' 3,97 2,69); Humedad (8,02 9,68 8,26); Cenizas (3,31 3,77

5,00); Fibra cruda (9,17 16,04 24,13); Proteína cruda (18,66 24,12 24,81) y Extracto libre de

nitrógeno 58,29 42,42 35,11, respectivamente (Cruz De la Peña, 2010).

López (2010) refiere una densidad, para cebada, de 20/gr/d/m² a una profundidad de 2/cm, y producciones entre 9 y 12 kilogramos de FVH/kg de semilla, bajo condiciones normales. Y en la cita a Falcones, (2000). Dice que la especie que se adapta mejor a la producción de FVH es la cebada, por tener mayor desarrollo (20.6 cm) y mayor rendimientode materia verde 6.27 kg/Kg. de semilla, en el menor tiempo necesario para su cosecha.

Andrade y Casanova (2010) investigaron en cebada varias densidades (1.0 kg/m²,

1.5kg/m², 2.0kg/m² y 2.5 kg/m²) y concluyen que la mayor producción fue con 2.5 Kg. de semilla de cebada/m², y una tasa de conversión de 5.76:1.

Compararon el valor proteico de FVH de avena y trigo, encontrando más proteína cruda en el FVH de trigo (17.8%), con densidad de siembra de 600g/bandeja y cosechado a los 12 días; mientras que, más proteína en avena (17%) fue con una densidad de 400g/bandeja y cosechado a los 10 días de edad (Soto, Reyes & Ahumada, 2012).

Para hallar el valor en nutrientes, producción y concentración de nitrato en FVH de trigo, en los tratamientos: T₀, sólo agua; del T₁ al T₄ soluciones nutritivas formuladas a partir del método Steiner (1961), modificando la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en mol·m⁻³ (T₁=12/0.4, T₂=7.3/0.7, T₃=7.0/1.4, T₄= 6.0/2.8), y el T₅, solución nutritiva propuesta por FAO, (relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de 3.2/0.4 en mol·m⁻³), sembrado a 3.2 kg/m², halló un contenido de proteína en T₂ (19.0 %), T₁ (18.5 %), T₃ (17.9 %) y T₄ (16.75 %), y, aun cuando al T₀ no se le aplicó nitrógeno, tuvo un porcentaje de proteína (15.3 %), que se considera bueno (Maldonado et al., 2013).

Quiñones (2012) citando a Vargas (2008), el que, comparó FVH en arroz, maíz y sorgo, y halló contenidos en MS de 15.82, 11.54 y 11.48%; 7.92, 9.96 y 10.47% en PB; 9.17, 2.41 y 6.54% de cenizas; 58.25, 43.13 y 66.66% en FDN; 38.54, 18.89 y 45.17% en FDA; 10.67, 7.67 y 14.28% de lignina, respectivamente; más producción fue en sorgo negroforrajero (bandeja de 720 cm²/21.65 kg de FVH; el maíz se ubicó en segundo lugar al producir 17.20 kg de biomasa, y luego el arroz, con producción de 14.35 kg. La relación semilla:material producido en sorgo fue 1:5.45; en maíz fue 1:4.3 y en arroz de 1:3.58. La composición química de forraje de cebada y maíz cosechado a los 11 días, Silva y Moreno (2004) citan en BS, contenidos de proteína 13.30 y 15.08%, grasa de 2.7 y 2.6%, fibra cruda de 12.0 y 12.76%, cenizas de 4.1 y 2.24% y Nifex de 67.72 y

67.32%, respectivamente.

Pérez (2013), al combinar 4 densidades de siembra (3.0, 2.5, 2.0 y 1.5 kg/m²) de maíz, con 4 periodos de cosecha (12, 15, 18 y 21 días), y determinó que, la mayor producción de proteína cruda (PC)/m² se logró con una densidad de 3.0 kg/m² y cosechado a los 18 días. La mayor producción de germinado hidropónico, TCO, por kg de semilla procesada lo alcanzó con 1.5 kg/m², cosechada a los 18 días

Han definido la producción de biomasa y el valor nutritivo en FVH de trigo y avena, y se hallaron; promedios; en ambos, con una producción (13.0 kg FVH/m²), proteína, BS, (15.6%, EM (2.5Mcal·kg/KG MS); mayor digestibilidad verdadera de la MO in vitro (78%) y de energía metabolizable (2.7Mcal EM/kg MS) del FVH de trigo respecto al de avena (72,8% DVIVMO y 2,2Mcal EM/kg MS, y concluyen que el FVH ofrece buena calidad nutritiva para rumiantes (Cerrillo et al, 2013).

Quispe (2017), en un FVH de maíz, densidad de 2 kg/m²; 3 kg/m²; 4 kg/m² y 5 kg/m², cosechados a los 15 días, definió que los mejores rendimientos de materia seca/kg de semilla procesada de maíz, kg de MS/m², kg de PC/m², Kg de EE/m² y FC/m² se lograron con una densidad de siembra de 3 kg/m².

En este estudio, se muestran los promedios obtenidos de dos de los cereales más frecuentemente empleados en la producción de FVH, habiendo hallado para cebada y trigo una materia seca de 20.23 y 14.05; PC de 17.27 y 18.49; cenizas de 5.28 y 3.25; E.E. con

4.41 y 2.60; FDN de 16.15 y 17.86; ELN de 58.08 y 57.80%, respectivamente (Alvarado, 2020): Compara la producción de avena y trigo, como FVH o el sistema a campo abierto (CA), hallaron alturas, para trigo (FVH), de 17.67 cm y en avena (CA) de 82.78 cm., para biomasa, el trigo (FVH) logró 23.57 kg/m² de MV o 3,10 kg/m² de MS; proteína, trigo fue más (19.90 %), luego la avena (CA), en tanto que el trigo y la

avena FVH tuvieron valores de alrededor del 10 % (Morales et al., 2020).

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Lugar de ejecución y duración del experimento

El presente estudio se llevó a cabo en el distrito y provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Su ubicación geográfica está localizada en la sierra norte del país, a una alturade 2649 m.s.n.m., 78°50'56'' longitud oeste, 06°21'y 54'' latitud sur.

La fase de campo, preparación de instalaciones y equipos, acondicionamiento de la semilla y la fase experimental desde la siembra hasta la evaluación del FVH tuvo una duración de tres meses; habiéndose iniciado en enero del 2019 y concluido en marzo del mismo año. Luego se continuó con el traslado de las muestras recolectadas hacia el Laboratorio de Nutrición animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en la ciudad de Lambayeque, sede central de la citada instituciónuniversitaria.

2.2. Materiales y equipos experimentales

2.2.1. Tratamientos experimentales

Se han evaluado los siguientes tratamientos, en función a la densidad de siembrade la semilla de trigo para obtener el FVH

T₁: G.H. de trigo con densidad de siembra:

1Kg/m² T₂: G.H. de trigo con densidad de

siembra: 2Kg/m² T₃: G.H. de trigo con

densidad de siembra: 3kg/m² T₄: G.H. de trigo

con densidad de siembra: 4kg/m²

2.2.2. Del material en evaluación

La especie determinada para ser evaluada fue el trigo (*Triticum aestivum*), representa uno de los cereales, a nivel mundial, de mayor área cultivada y de mayor consumo, principalmente a través de su uso como harina en la industria de la panificación y, en menor cuantía como alimento directo en la humanidad y eventualmente en la alimentación animal. Fue adquirido en el mercado local y con características adecuadas para su uso, con una evaluación previa de 90% de valor cultural.

2.2.3. Equipos e instalaciones para el experimento

En las diferentes etapas del experimento se emplearon los siguientes:

- ✓ 4 torres de hidroponía.
- ✓ 32 bandejas plásticas para hidroponía de 0.50 cm x 36 cm. (0.180 m²)
- ✓ 04 baldes para lavado y remojo de semilla.
- ✓ 04 baldes de para oreo de semilla.
- ✓ Equipo de riego por aspersión manual
- ✓ 1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.
- ✓ 1 termo higrómetro.
- ✓ Equipos y reactivos de laboratorio
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Hipoclorito de sodio
- ✓ Agua y soluciones hidropónicas A y B

2.3. Metodología experimental

2.3.1. Fase de preparación de la semilla

A continuación, se detalla, cronológicamente, la primera fase, fundamental para garantizar la obtención del producto final.

Día 1:

- ✓ Limpieza de impurezas con la técnica del “venteo”.
- ✓ 1er lavado de semilla
- ✓ Desinfección con hipoclorito de sodio al 1% durante 1 hora.
- ✓ 2do Lavado de semilla.
- ✓ Remojo durante 24 horas.

Día 2:

- ✓ Oreo de la semilla al aire libre por dos horas.

Día 3:

- ✓ Siembra de semillas germinadas en las bandejas de acuerdo a cada tratamiento.
- ✓ Ingreso al área sombreada y riego tres veces por día hasta la cosecha.

Proceso de siembra de bandeja por tratamiento: después del oreo, se procedió a pesar la semilla neta de cada bandeja y según tratamiento y se realizó una siembra homogénea de semilla oreada por bandeja de cada tratamiento.

Cada bandeja, previamente identificada en cada tratamiento, luego de distribuida la cantidad de semilla y según densidad de siembra se trasladó a las cámaras de germinación provistas de una manta oscura, donde permanecieron por un periodo de 5 días. Diariamente se regaron 3 veces al día: 7:00 am; 1:00 pm, y 7pm con ayuda de un

aspersor manual.

Día 14:

- ✓ Cosecha.
- ✓ Peso y otras evaluaciones de cada bandeja por cada tratamiento.
- ✓ Cálculo del rendimiento de biomasa por tratamiento evaluado.
- ✓ Toma de muestras para su remisión al laboratorio de nutrición animal

El sexto día después de la siembra se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos, dando inicio a la etapa de producción donde permanecieron hasta la cosecha.

Todos los tratamientos se cosecharon a 14 días de edad, procediendo a pesar cada bandeja de cada tratamiento, tomando la información y muestras para el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para el análisis respectivo.

2.3.2. Control del medio ambiente interno

Durante la fase de germinado y producción del FVH de trigo, se llevó registros de temperatura y humedad relativa, tal como se muestra a continuación.

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa, durante la fase experimental

Día	Mañanas		Medio día		Tardes	
20/12	13.6	78	14.5	78	15.1	75
21/12	14.2	79	14.9	79	15.1	75
22/12	13.7	81	14.2	79	12.7	86
23/12	14.1	82	13.7	78	12.0	78
24/12	17.0	77	18.2	60	13.1	67
25/12	15.2	79	14.9	82	14.3	81
26/12	16.1	79	15.9	77	14.3	82
27/12	15.4	81	16.8	70	13.5	82
28/12	13.6	86	17.2	79	17.9	71
29/12	13.1	85	16.4	78	16.8	69
30/12	19.7	80	17.9	82	16.8	71
31/12	14.4	77	16.2	78	16.3	68
01/01	16.6	73	14.5	78	16.2	72
02/01	16.6	75	18.2	71	15.9	75
Promedio	15.2	79.4	16.0	76.4	15.0	75.1
	(1.7)	(3.4)	(1.5)	(5.6)	(1.7)	(5.7)

2.3.3. Diseño de contrastación de las hipótesis

Se realizó el siguiente planteamiento de Hipótesis:

$$H_0: \Gamma_i = \Gamma_j = \Gamma_k = \Gamma_l$$

H_a : Al menos uno de ellos será diferente

2.3.4. Datos recolectados y evaluados

Se han registrado y analizado los siguientes:

- ✓ Peso de hojas, g
- ✓ Peso de raíces, g
- ✓ Peso de tallos, g
- ✓ Peso de FVH/bandeja, g
- ✓ % de materia seca
- ✓ MS, PC, F.C., E.E., CENIZAS, ENERGÍA BRUTA
- ✓ Rendimiento de materia verde y materia seca, kg/m²

2.3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El ensayo se condujo bajo el Diseño Irrestricto al Azar, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones por cada tratamiento y cuyo modelo lineal aditivo se muestra seguidamente (Padrón, 2009):

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

Donde:

Y_{ij} : Es la variable a evaluar, densidad optima de siembra.

μ : El efecto medio

t_i : Efecto del i-esimo tratamiento

E_{ij} : Efecto de la j-esima unidad experimental sujeta a los efectos del i-esimo tratamiento.

Se asumirá una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I.

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc
Tratamiento	3	$\sum X_{i.}^2 / r - FC$	$(\sum X_{i.}^2 / r - FC) / Glt$	CMt/CMee
Error Experimental	28	diferencia	SC error/GL error	
TOTAL	31	$\sum X_{ij}^2 - FC$		

En los casos donde el análisis de varianza resultó significativo, se procedió a aplicarla Prueba de Rango Múltiple de Duncan a fin de establecer las diferencias entre las medias de tratamientos.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

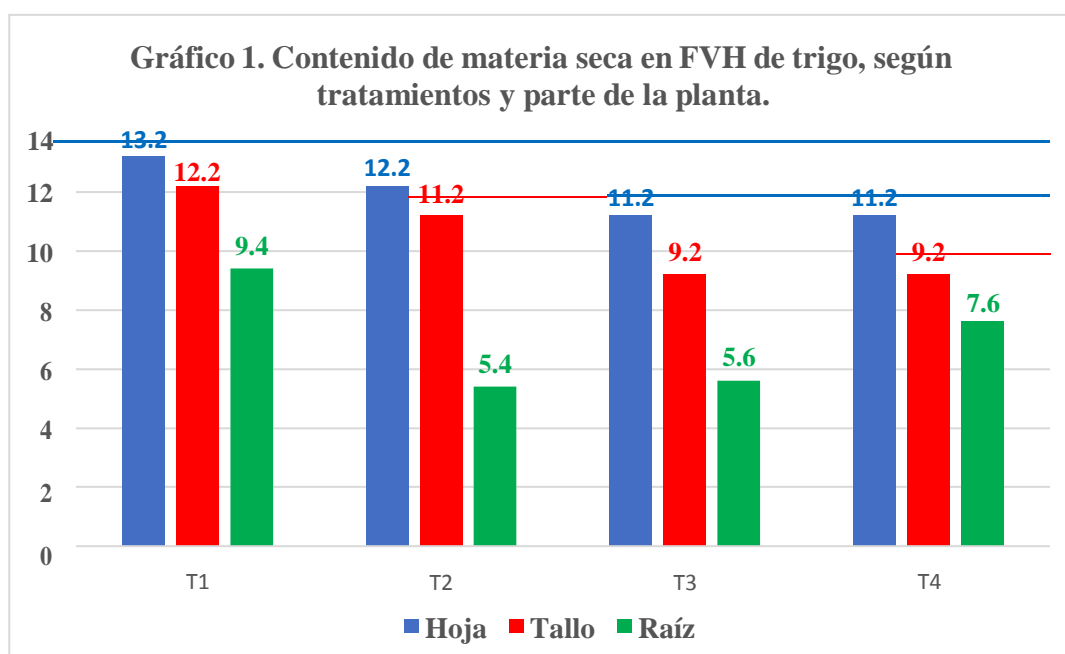
3.1. Contenido de materia seca del FVH de trigo

La información, promedios, y parte de la planta, se expone en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido de materia seca en FVH de trigo, según densidad de siembra. %

Partes de la planta	T1	T2	T3	T4	Promedios
Hoja	13.20	12.20	11.20	11.20	11.95
Tallo	12.20	11.20	09.20	09.20	10.45
Raíz	09.40	05.40	05.60	07.60	07.00
Promedio	11.60	09.60	08.67	09.33	

De los datos mostrados, se observa que, en hojas, mayor materia seca se presentó en T₁ (13.20) y en T₂ (12.2), igual que en tallos (12.2 y 11.2%) para T₁ y T₂, respectivamente. En raíces, sigue mostrando un mayor contenido de materia seca en T₁ (9.40) y más distanciados los tratamientos T₂ (5.40), T₃ (5.60) y T₄ (7.60%). Gráfico 1.



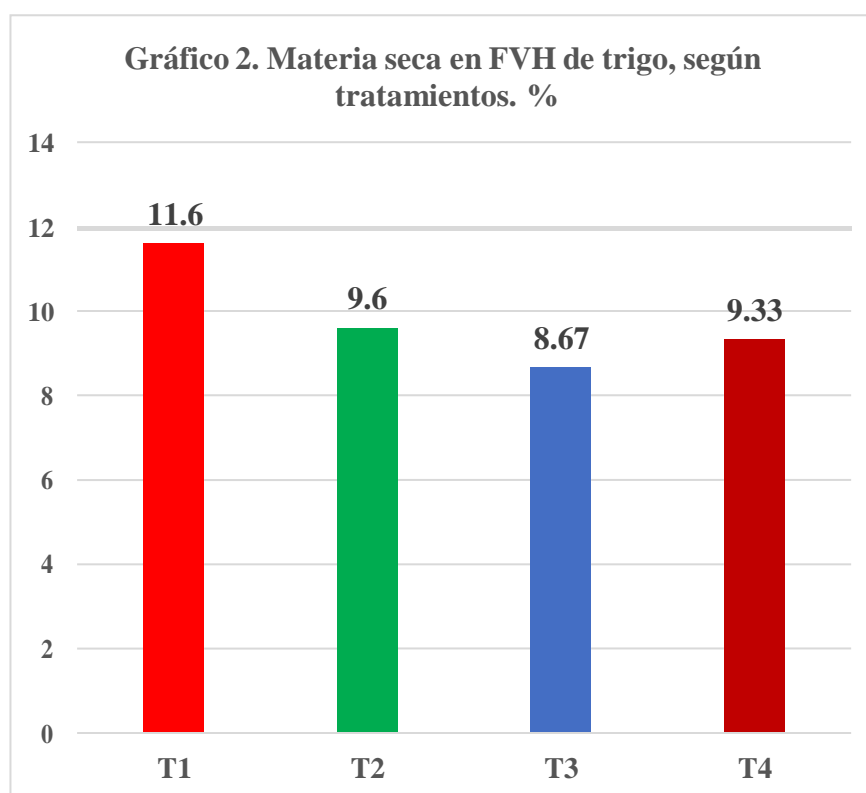
Los análisis de varianza realizados para cada parte de la planta, muestran que hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) para hojas, tallos y raíces (Cuadros 1A, 2A y 3A).

A través de la Prueba de Duncan, para porcentaje de materia seca en hojas, se determinó que no difieren T_1 y T_2 ; que T_1 difiere de T_3 y T_4 ; que no difieren T_2 , T_3 y T_4 .

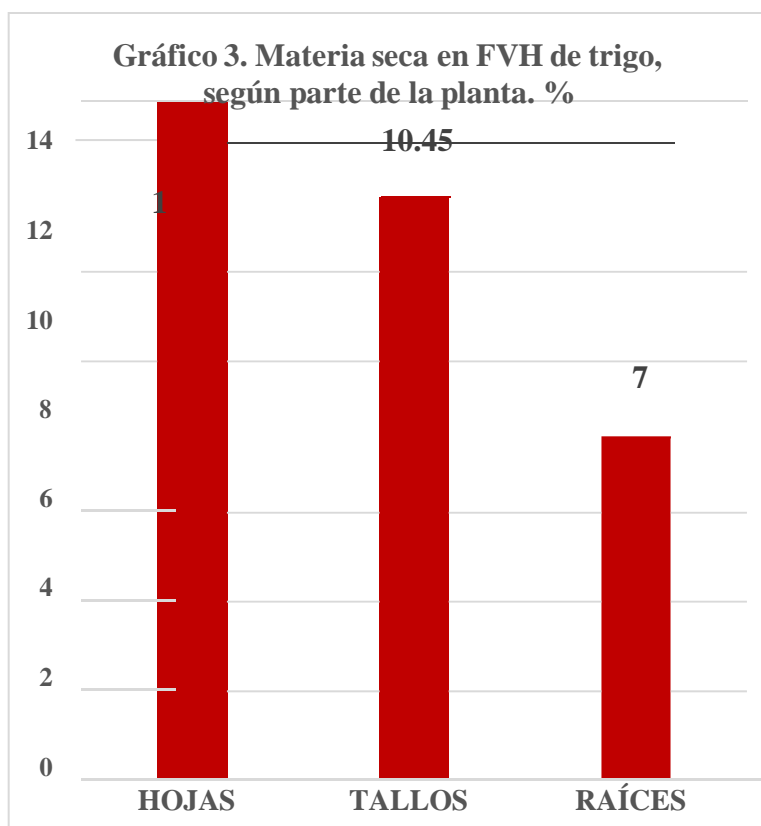
La Prueba de Duncan, para tallos, mostró que T_1 difiere de los demás tratamientos; que T_2 difiere de T_3 y T_4 ; que no difieren entre T_3 y T_4 .

Y, finalmente, la misma prueba corroboró, para raíces, lo citado en el caso de tallos.

Al evaluar la materia seca, promedios de las partes (hoja + tallo + raíz), se observó que, mayor contenido correspondió a T_1 (11.6), luego T_2 (9.6), le sigue T_4 (9.33) y finalmente T_3 (8.67%). Gráfico 2.



Los cálculos para materia seca, según parte de la planta, independiente del tratamiento evaluado, muestran un mayor contenido en hojas (11.95%), luego en tallos (10.45%) y menos en raíces (7.00%). Gráfico 3.



3.2. Rendimiento de FVH en trigo (M.V. y M.S.).

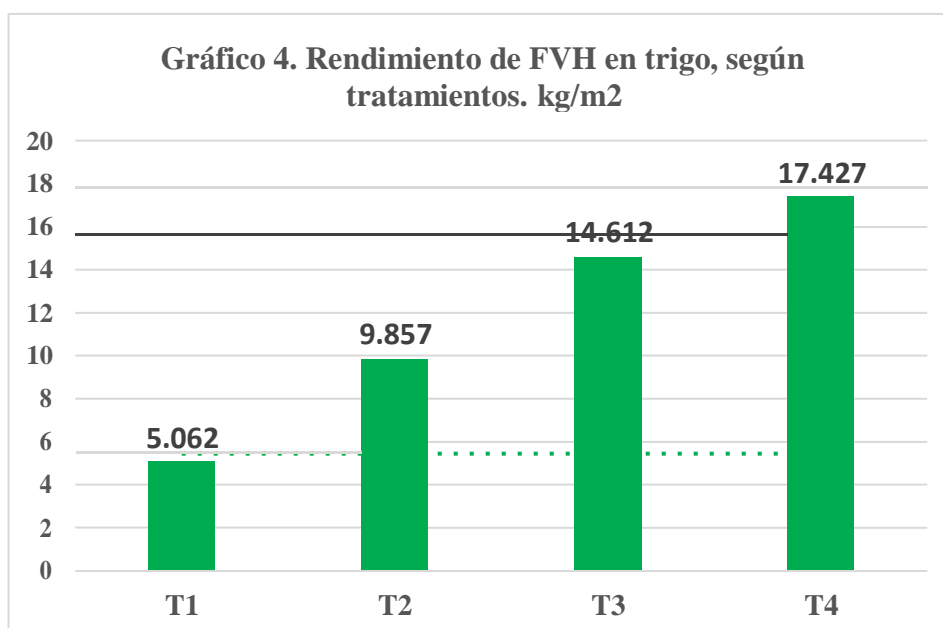
3.2.1. Producción de FVH del trigo por unidad de área.

En base al peso registrado en cada bandeja y el área de cada una de ellas (0.180m²), se realizó la extrapolación para calcular el rendimiento de materia verde por metro cuadrado (m²), que se indican en el Cuadro 4.

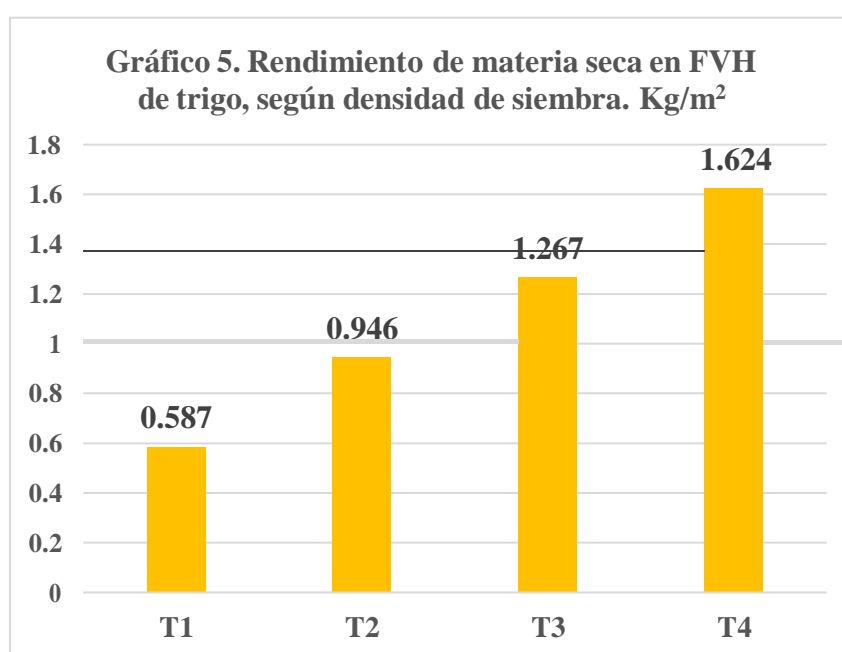
Cuadro 4. Producción de FVH de trigo (MF) por metro cuadrado (Kg/m²)

Bandeja	T1	T2	T3	T4
B1	4.317	10.689	14.894	17.717
B2	4.450	9.772	15.372	14.450
B3	5.772	9.261	13.272	19.528
B4	6.044	9.628	15.544	11.400
B5	5.600	9.494	14.261	14.933
B6	4.667	10.728	15.300	18.378
B7	4.328	9.689	15.239	18.589
B8	5.317	9.617	13.011	18.889
Promedio	5.062	9.857	14.612	17.427
Ventaja, con T ₁ , %	----	+94.7	+188.7	+232.6
Producción de M.S.	0.587	0.946	1.267	1.624
Conversión a M.F.	5.021	4.929	4.871	4.357
Ventaja, con T ₁ , %	----	+61.2	+115.8	+179.4

El primer análisis que se hace, es que existe un creciente rendimiento, o producción, de FVH de trigo, de materia fresca o de materia seca a medida que se incrementó la densidad de semilla a la siembra. Estas diferencias, expresadas porcentualmente, implican que con la duplicación de la densidad (T₂), la producción aumentó en 94.7%, frente al testigo; que aumentó en 188.7% cuando se triplicó la densidad (T₃) y que se incrementó en 232.6% cuando se cuadruplicó la densidad de siembra (T₄). Al expresar, el rendimiento de materia seca, estos incrementos fueron del 61.2 (T₂), 115.8% (T₃) y 179.4% (T₄) Gráfico 4.



Del mismo modo, estos rendimientos al expresarlos en materia seca, muestran la misma tendencia a lo señalado para materia fresca. Gráfico 5.



El análisis de varianza, para el rendimiento de FVH, expresado en materia verde o suequivalente en materia seca (Cuadro 4A), demostró que hubo diferencias estadísticassignificativas ($p < 0.01$) entre tratamientos.

Su Prueba de Rango múltiple corroboró que T_4 y T_3 no difieren en sus promedios de rendimientos, pero si difieren con los demás tratamientos; también se determinó que T_2 y T_1 difieren estadísticamente.

La densidad evaluada es concordante con Valdivia (1997), el mismo que establece que la cantidad de semilla/ m^2 oscila alrededor de 3.875 kg; también hay coincidencias con la fuente que, afirma una relación de siembra entre 5 a 7.5 kg/ m^2 (Arano, 1998). De manerasimilar opinan otras fuentes (Sánchez, 2000; Castro, 2006; FAO, 2001, FAO, 2002).

Resultados menores han sido encontrados por Guzmán (2006), quien refiere que paraavena, Trigo, y Triticale es de 2.3 kg/ m^2 .

Estos resultados son inferiores a la cita de Sinchiguano (2008), quien al evaluar la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla halló 1.2 kg para trigo y que es muy superior a los 0.587 kg del presente estudio.

Al establecer comparaciones con Sánchez et. al. (2012), para trigo, la fuente señala que la mejor densidad para trigo fue 4.7 kg· m^2 , con rendimiento de 30.2 kg· m^2 en peso fresco y relación deconversión de peso de semilla a peso de forraje fresco de 1:6.4, mientras que, en este estudio, con 4kg de semilla/ m^2 , se obtuvo 17.427 kg de materia fresca y una conversión de 1:4.357. Nuestros resultados, resultan ser inferiores a lo citado por Tarrillo (2005), al decir que, se esperaría rendimientos de 6 a 8 kilos de FVH por cada kilo de semilla.

Sinchiguano (2008), en Ecuador, al evaluar la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla en cinco especies de semilla fueron: 1.7 kg para avena, 1.7 kg para cebada, 1.2 kg para trigo y 1.3 kg para vicia, todas con 15 días de periodode producción y 1.0 kg de MS para maíz con 17 días de periodo de producción.

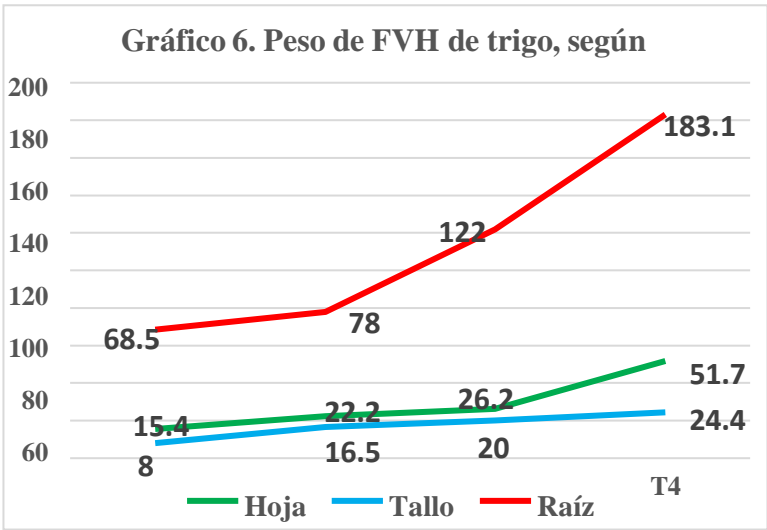
Con la finalidad de conocer cuáles son los pesos de cada parte de la planta en el FVH de trigo, y comprender como cada una de dichas partes tendrá incidencia en el rendimiento, es que se ha evaluado en forma aislada los pesos en hojas, tallos y raíces,es que se muestran en

el Cuadro 5. Los pesos han sido calculados en función al contenido de materia seca (%), expuesta en el Cuadro 3.

Cuadro 5. Producción de FVH en trigo, según parte de la planta. g/bandeja.

Parte de la planta	Tratamientos				Promedio	
	T1	T2	T3	T4	M.V.	M.S.
Hoja	15.4	22.2	26.2	51.7	28.9	3.45
Tallo	8.00	16.5	20.0	24.4	17.2	1.80
Raíz	68.5	78.0	122.0	183.1	112.9	7.90
Promedio	30.6	38.9	56.1	86.4		

Se destaca que, en hojas, tallos y raíces, los pesos aumentan progresivamente en función a la densidad de semilla a la siembra (tratamientos); así mismo, se resalta que, en promedio y ajustados a la materia seca de cada parte, el mayor peso, y consecuentemente el que influirá en el rendimiento serán las raíces, en segundo lugar, las hojas y en menor proporción el tallo. Gráfico 6.

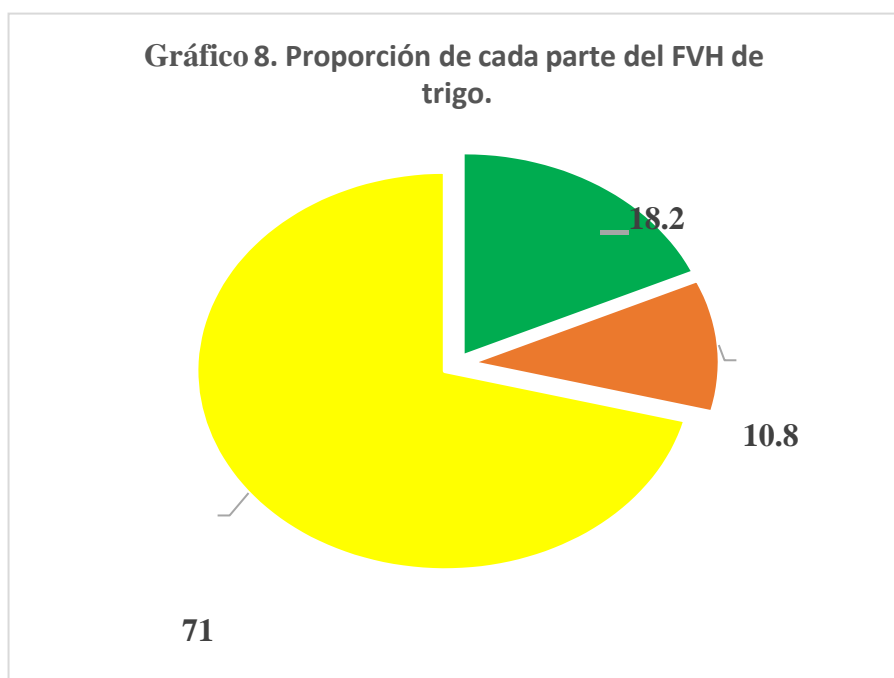
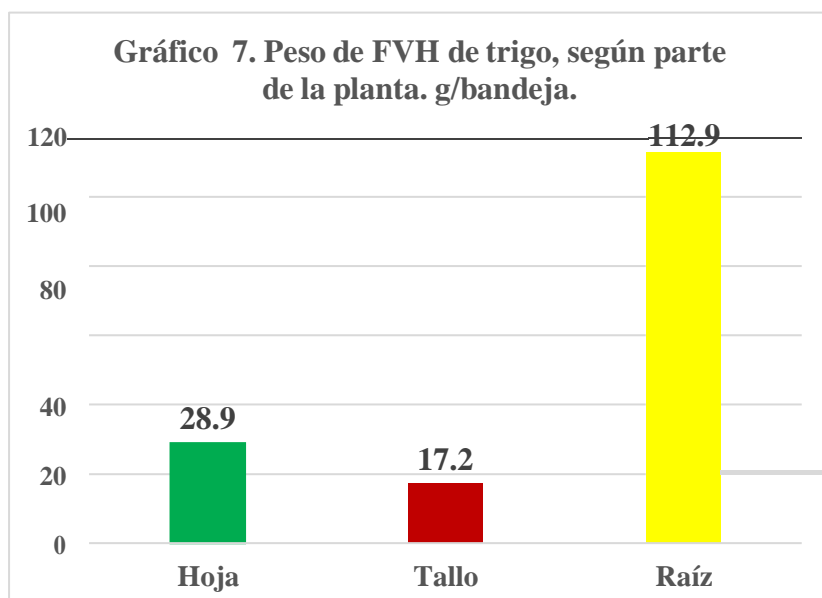


Los promedios, para los cuatro tratamientos, del peso de cada parte de la planta, se pueden apreciar que guardan la misma proporcionalidad de importancia que cada una de ellas dentro

de su respectivo tratamiento. Gráfico 7.

Los promedios de cada parte fueron de 28.9 g (hoja), 17.2 g (tallo) y 112.9 g/bandeja (raíz) y que, cada uno de ellos, representan el 18.2, 10.8 y 71.0%, respectivamente.

Gráfico 8.



Los análisis de varianza para peso de hojas (5A), peso de tallos (6A) y peso de raíces (7A),

indican diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Las Pruebas de Rango Múltiple de Duncan, en términos generales muestran que el peso de hojas es diferente, estadísticamente, entre los cuatro tratamientos; en peso de tallos se determinó que T₄ y T₃ no difieren entre ellos, pero sí de los demás, que T₂ y T₁ sí difieren; mientras que en peso de tallos, difieren entre sí los cuatro tratamientos.

3.2.2. Atributos agronómicos de la planta de FVH del trigo.

En muestras representativas, dentro de cada tratamiento, se tomaron distintas medidas en las tres partes de la planta, las mismas que se encuentran resumidas en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Atributos agronómicos en plantas de FVH de trigo

Observaciones	Tratamientos				Promedio
	T1	T2	T3	T4	
Raíces, N°/planta	5.20	4.60	5.20	4.40	4.85
Largo de tallo, cm	5.80	4.30	5.40	5.20	5.20
Ancho de tallo, cm	0.60	0.50	0.55	0.52	0.54
Largo de hoja, cm	15.22	12.74	15.18	13.27	14.10
Ancho de hoja, cm	0.40	0.43	0.48	0.44	0.44

La información mostrada, para todos los parámetros, no guarda relación alguna con los tratamientos aplicados, y no explica que sean dependientes de la densidad de semilla de trigo sembrada según los tratamientos establecidos.

En número de raíces, se diría que es mayor en T₁ y T₃ (5.20 raíces/planta) y menor en T₂ y T₄ (4.60 raíces/planta).

En largo de tallo, éste fue mayor en T₁ (5.80 cm) y, menor en T₂ (4.3 cm)

Para ancho de tallo, se destaca un valor mayor en T₁ (0.60 cm), seguido muy cerca en T₃ (0.55) y el menor diámetro fue para T₂ (0.50 cm).

Para el largo de hoja se nota dos valores muy cercanos en T₁ (15.22 cm) y T₃ (15.18 cm), con bajo largo de hoja en T₂ (12.74 cm).

Mientras que, para ancho de hoja, fue mayor en T₃ (0.48 cm) y un menor ancho en T₁ (0.40 cm).

El análisis de varianza para número de raíces/planta (8A), no alcanzó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sí hubo diferencias ($p < 0.05$) para largo de tallo (9A), y en ancho de tallo (10A), largo de hoja (11A) y ancho de hoja (12A).

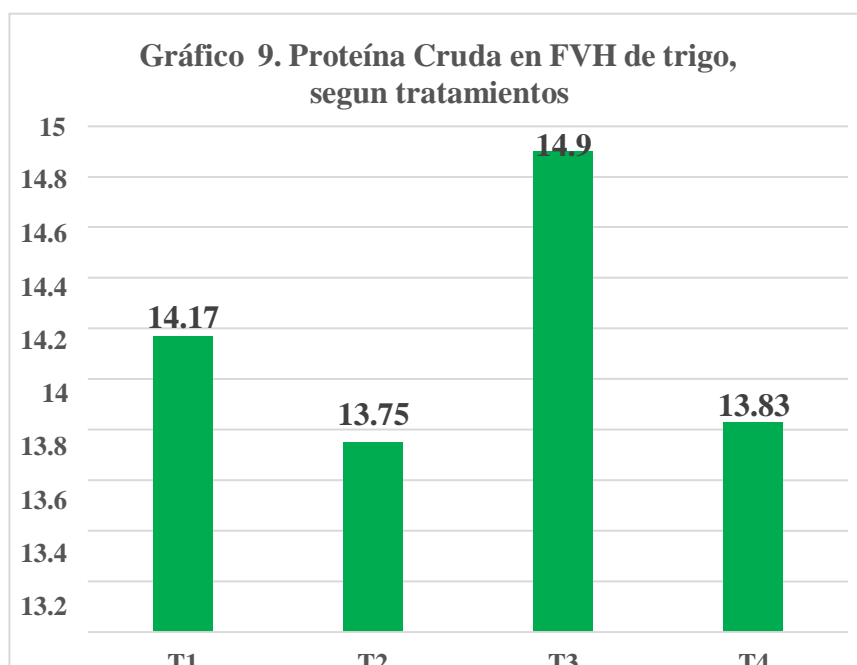
Las Pruebas de Rango Múltiple de Duncan para número de raíces indica que T₁ y T₃ no difieren, y que tampoco difieren entre T₃, T₄ y T₂; en el caso de largo de tallo, no difieren entre T₁, T₃ y T₄, y tampoco entre T₃, T₄ y T₂; para ancho de tallo, no difieren entre T₁ y T₃ entre T₃, T₄ y T₂; en largo de hoja no difieren los promedios de T₁, T₃ y T₄; y para ancho de hoja hay diferencias entre todos los promedios.

3.3. Composición química del FVH de trigo.

Los análisis realizados en muestras de los tratamientos aplicados, se muestran en el Cuadro 6.

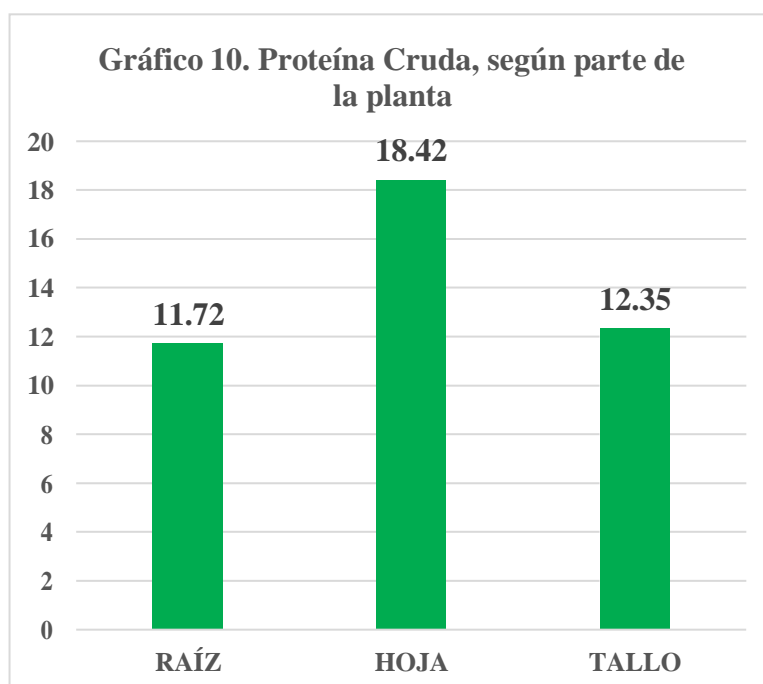
3.3.1. Contenido de proteína cruda (PC).

La proteína cruda, analizada para cada parte de la planta, en sus promedios, se observa que no estaría sujeta a la densidad de semilla/kg aplicado para obtener el FVH, ya que no existe una tendencia en función a la densidad de siembra. Se alcanzaron promedios de 14.17, 13.75, 14.90 y 13.83% en T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente. Gráfico 9.



Del mismo modo, se ha determinado promedios, para cada parte de la planta, independiente del nivel de densidad a la siembra: encontrándose contenidos en proteína de 11.72 (raíces), 18.42 (hojas) y 12.35% (tallos), con clara ventaja de las hojas en comparación con las otras partes.

Gráfico 10



Cuadro 7. Composición química del FVH de trigo, según tratamientos.

R.: Raíces H.: Hojas T.: Tallos

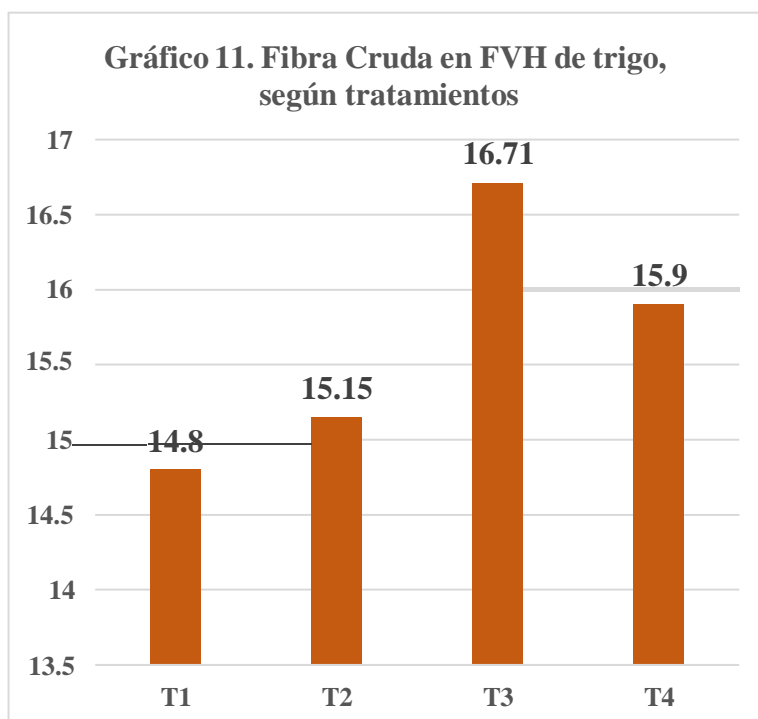
Tratam.	T1			T2			T3			T4		
Parte	R	H	T	R	H	T	R	H	T	R	H	T
P.C., %	11.15	19.12	12.23	11.08	18.19	11.98	12.45	19.25	13.01	12.21	17.11	12.18
×	14.17			13.75			14.90			13.83		
	R: 11.72 H: 18.42 T: 12.35											
F.C., %	10.01	14.22	20.18	10.09	14.13	21.22	11.12	16.01	23.01	10.35	15.32	22.02
	14.80			15.15			16.71			15.90		
	R: 10.39 H: 14.92 T: 21.61											
CEN., %	2.45	2.22	3.01	2.30	2.18	2.75	3.00	2.34	3.11	2.75	2.19	3.03
	2.56			2.41			2.82			2.66		

	R: 2.63 H: 2.23 T: 2.98											
E.E., %	3.34	2.21	2.75	3.36	2.25	2.84	4.29	2.44	3.37	4.26	2.35	3.33
	2.77			2.80			3.37			3.31		
	R: 3.34 H: 2.31 T: 3.07											
EB, Mcal/kg	2.767	2.333	2.222	2.777	2.442	2.331	2.798	2.563	2.452	2.692	2.459	2.348
	2.441			2.517			2.604			2.500		
	R: 2.759 H: 2.422 T: 2.338											

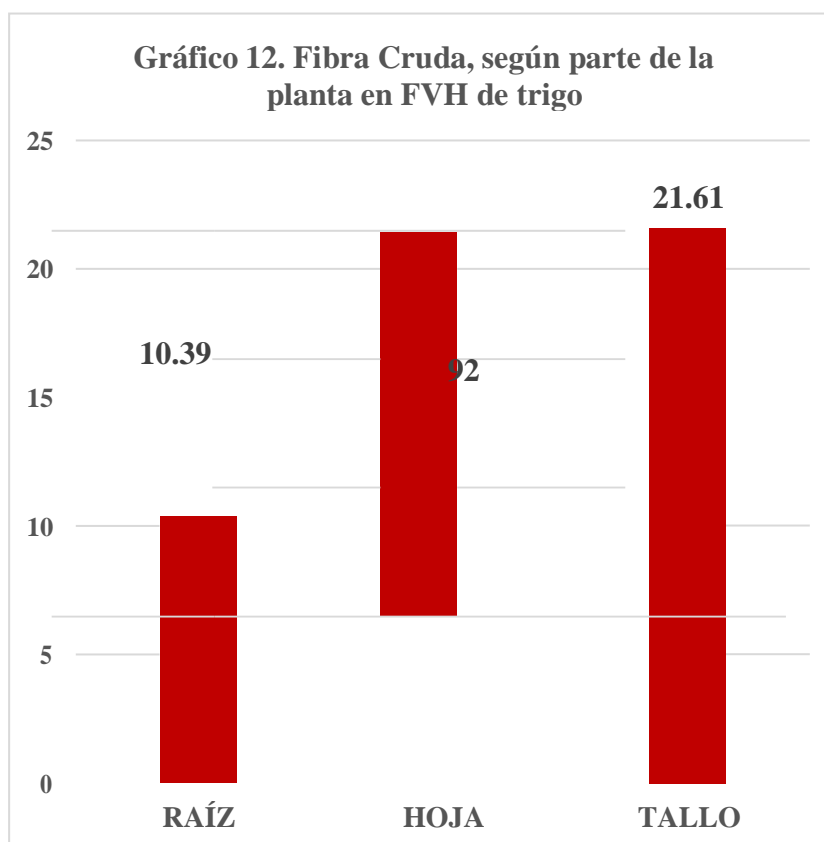
3.3.2. Contenido de fibra cruda (FC)

La fibra cruda, como una aproximación del contenido de pared celular, también se ha calculado en función a partes de la planta y sus promedios. Según tratamientos, se encontraron valores de 14.80, 15.15, 16.71 y 15.90% en T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente.

Gráfico 11.



Según parte de la planta, independiente de la densidad de semilla de trigo a la siembra, se ha calculado contenidos de 10.39 (raíces), 14.92 (hojas) y 21.61% (tallos) y que, como es de esperarse, los tallos poseen un mayor contenido por corresponder a la estructura de las paredes celulares de las plantas. Gráfico 12.



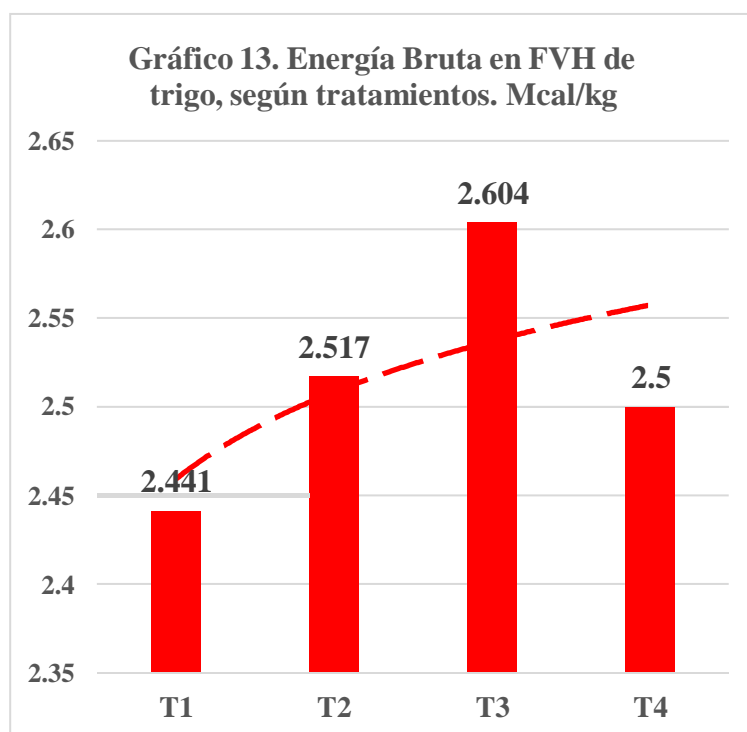
3.3.3. Contenido de cenizas y extracto etéreo

Las cenizas (fracción inorgánica del vegetal) y el extracto etéreo (principalmente triglicéridos), no representan nutrientes importantes, por su bajo aporte, y corresponden a valores típicos de los vegetales, principalmente en los cereales como el maíz, cebada, etc.

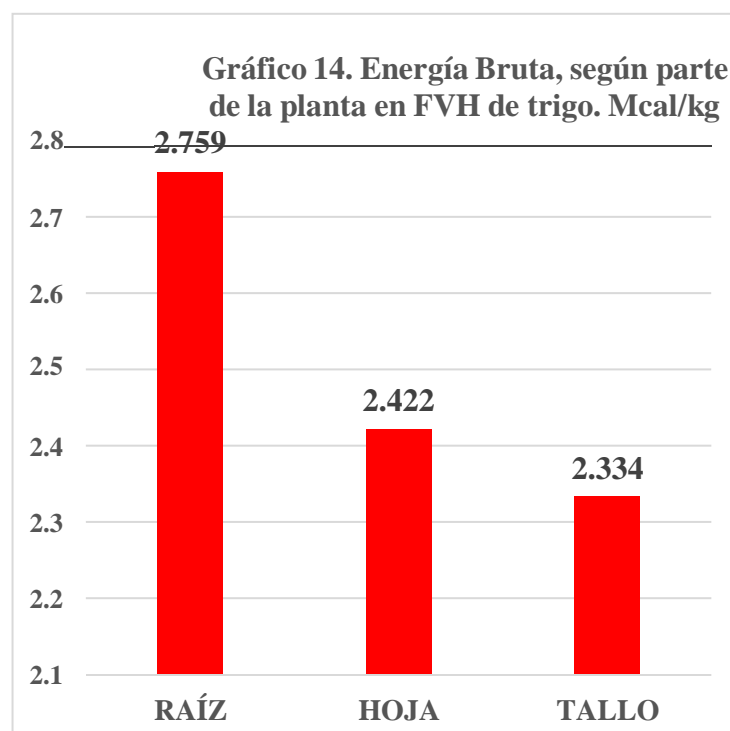
3.3.4. Contenido de energía bruta (EB)

En base a los análisis realizados, expuestos anteriormente, se han determinado la energía bruta (EB) en cada fracción de la planta y los promedios según parte de la planta.

Los promedios encontrados, han sido de 2.441, 2.517, 2.604 y 2.500 Mcal/kg en T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente. Gráfico 13.



Según parte de la planta, promedios independientes del tratamiento aplicado, se halló 2.759 (raíces), 2.422 (hojas) y 2.338 (tallos). Gráfico 14.



Los análisis de laboratorio, para proteína cruda, son inferiores a lo citado por Cruz De la Peña (2010), en cuyo trabajo, para trigo, muestra un valor de 24.12%, informa valores muy similares para fibra cruda (16.04%), para grasa (3.97%), cenizas (3.77%). La proteína cruda, sigue inferior a otro estudio (Soto, Reyes & Ahumada, 2012), en cuyo trabajo encontró 17.8% pero cosechado a los 12 días de edad.

También, la materia seca del FVH de trigo (8.67 a 11.60%), es menor a la referenciada Alvarado (2020), donde halló 14.05%, y también es menor en proteína (18.49%).

IV. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y de los resultados encontrados, se concluye:

1. El contenido de materia seca del FVH de trigo, varía según parte de la planta y densidad de siembra; siendo mayor en hojas y con 1.0 kg. de semilla/m².
2. La producción de materia verde y materia seca aumentan conforme es mayor la densidad de semilla a la siembra para la obtención del FVH.
3. Según parte de la planta, la mayor producción está en las raíces, seguida por las hojas y luego en el tallo.
4. El número de raíces/planta no depende de la densidad de siembra; el largo y ancho de tallo es mayor con la densidad de 1 kg de semilla/m² a la siembra; mientras que el largo y ancho de hoja es mayor con 3.0 kg de semilla/m² a la siembra.
5. Se alcanza mayor contenido proteico con 3.0 kg de semilla/m² a la siembra, y, es mayor en hojas que en las otras partes de la planta
6. La fibra cruda es mayor conforme se aumenta la densidad de semilla/m² a la siembra, y, es mayor en tallos
7. El tenor de cenizas y extracto etéreo es bajo en el FVH de trigo y propio de las plantas de cereales.
8. La energía bruta (EB) es mayor conforme se aumenta la densidad de semilla/m² a la siembra, resultando más alta con 3.0 kg/m² y, es mayor en raíces

V. RECOMENDACIONES

De los resultados encontrados, las conclusiones obtenidas, recomendamos:

1. Emplear la dosis de 1.0 kg de semilla de trigo/m², a la siembra de FVH al permitir una mejor conversión de la semilla a FVH/m².
2. Evaluar la producción de FVH de trigo, usando otras soluciones no comerciales y de disponibilidad en todas las crianzas, como soluciones de excretas de aves, cuyes u otras.

BIBLIOGRAFÍA

- ALPI, A. (1986). Cultivos en invernadero. 2a. ed. Edit. Mundi prensa Madrid España.5.6.8. pp
- ALVARADO, E. (2020). Evaluación del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con forraje verde hidropónico de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa. Tesis Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 57 pp
- ANDRADE, C. (2003). Efecto de la densidad de siembra eb la producción de forraje verde hidropónico en cebada, trigo y triticales. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- ARANO, C. (1976). Cultivos hidropónicos. Buenos Aires, AR., Albatros. 262 p.
- AYALA, F; R. SÁNCHEZ, L. PARTIDA, G. YÁÑEZ, H. RUIZ, T. VELÁZQUEZ, M. VALENZUELA, M. PARRA. (2015). Producción de pimienta morrón con mallas sombra de colores <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/38-1/10a.pdf>
- BASKIN, C.& J. MACK. (1998). Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Evaluación de los Parámetros de Producción y Calidad Nutricional de Forraje Verde Hidropónico de Avena y Trigo Producidos de Manera Artesanal en el Zoológico de Buin, Chile. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/638e.pdf?>
- BELTRANO, J. (s.f). Introducción al cultivo hidropónico. In Cultivos en Hidroponía, Libros de Cátedra, Universidad Nacional de la Plata, 181 pp.
- BENACCHIO, S. (1981). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. FONAIAP-CINA. Maracay, Venezuela, 202-203p.
- CARRASCO, e IZQUIERDO, (2006). Características del forraje verde hidropónico. 54 pp

- CASTILLA, N. (2005). Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Madrid, ES. Mundi prensa. 462 p.
- CEBALLOS, C. and E. GARCIA. (1992). Hydroponics. 'tNew techniques production. Oxford University Press. Madrid. P. 176-178.
- CERRILLO, M. A. JUÁREZ, J. RIVERA, M. GUERRERO, R. LOZANO y H. BERNAL. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Interciencia, vol. 37, núm. 12, 906-913 pp.
- CHANG, M., M HOYOS y A. RODRÍGUEZ. (2000). Producción de Forraje Verde Hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú. <http://ri.ues.edu.sv/490/1/10136470.pdf>
- CRUZ DE LA PEÑA MORALES. (2010). Evaluación de Productos Químicos para el Control de Micotoxinas en el Sistema Productivo de Forraje Verde Hidropónico. título de Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México. 76 pp
- CUESTA, A. 2007. Control genético de la floración en cebada: caracterización de los principales loci y relación de patrones de espigado con el rendimiento. Tesis Doctoral,.Universitat de Lleida. Zaragoza. España.
- DE LA TORRE, F. (2005). Determinación de fertilización óptima e influencia de laradiación solar para la producción de forraje verde hidropónico de trigo (*Triticum aestivum*) en invernadero tipo túnel. Tesis, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- DURAN'S CONSULTORING. (2010). Guía Virtual de Producción Forraje Verde Hidropónico.
- EVANS, L., I. WARDLAW, R. FISCHER. (1975). Wheat. En L.T. Evans (Ed), Crop Physiology. Cambridge University Press. USA.

- FAO. (2002). Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile, Chile. <http://www.scielo.org>.
- FAO. (2001). Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.
- FUMAGALLI, A. y C. KUNTS. (2002). Cómo Mejorar la Oferta Forrajera de los Sistemas de Cría. Cadena de la Carne Vacuna. Tecnologías Para Nuevos Escenarios. Revista IDIAXXI: N°2.
- GARDUÑO, F. (2011). Modelo de producción de forraje verde mediante hidroponía. Tesis que para obtener el grado de maestro en ciencias en Ingeniería de Sistemas. Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería. México D.F. 128 pp.
- GARZA. A. (2010). introducción al trigo clasificación generalidades pág. 55,63. México, D.F.
- GUZMÁN, Y. (2006). Tesis Determinación de la Densidad de Siembra y Dosis de Fertilización para la Producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (X *Triticosecale* f'Y) Bajo Dos Condiciones de Luz. Tesis de Licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- HERNÁNDEZ, J. (2013). Densidad optima de siembra para el Germinado Hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en cuatro niveles de siembra. Tesis Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. 51 p.
- HIDALGO, L. (1985). Producción de Forrajes en Condiciones de Hidroponía, Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Chillan, Chile. <http://repositorio.espe.edu>.
- HOWARD, R. (2001). Enciclopedia Practica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial Océano. Barcelona- España. <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/>
- HUTERWAL, G. (1992). Hidroponía. Edit. Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- INFOAGRO. (2011). Ciclo vegetativo del trigo. Consultado 19 de diciembre del 2011, disponible: <http://www.infoagro.com/>

- IZQUIERDO, J. (2001). Manual Técnico "Forraje Verde Hidropónico" de FAO Para América Latina y el Caribe. Ediciones FAO Santiago-Chile. en: <http://dspace.pucesi.edu>.
- JUÁREZ, P., J. HÉCTOR, M. MORALES, M. RODRÍGUEZ, A. SANDOVAL, D. GÓMEZ, E. CRUZ, C. CRESPO, J. JUÁREZ, G. AGUIRRE, S. GELACIO y M. ORTIZ. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. Revista Fuente nueva época Año 4, No. 13.
- LOMELÍ, H. (2000). Agrocultura. México, D.F.
- LOPEZ, E. (2010). Hidroponía. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/CAPITULO%20II.pdf>
46
- LOPEZ, F. (2010). Comparación de forraje verde hidropónico deshidratado de cebada con alimento balanceado en conejos de engorda de la FMVZ. Tesis. Michoacán, México. S/Pp.125.
- MALDONADO, R., E. ÁLVAREZ, D. ACEVEDO. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.19 no.2
- MANGELSDORF, P. (1993). "Los alimentos en cuestiones de bromatología" Madrid. Pag 77-78.
- MANUAL AGROPECUARIO. (2002). Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Limerin. S, A. Guayaquil, Ecuador. 927 pp.
- MANUAL AGROPECUARIO. (2002). Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Limerin. S, A. Guayaquil-Ecuador 927 pp.
- MARULANDA, C; y J. IZQUIERDO. (1993). Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAOPNUD.
- MATEO J. M. (2005). Prontuario de agricultura. Cultivos Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. España.

- MINAGRI-DGESEP (DEA). (2019). Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras”..
<http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/file>
- MORALES, A. (1987). Forraje Hidropónico y su Utilización en la Alimentación de Corderos
- MORALES, D., L. JIMÉNEZ J. BURNEO, E. CAPA. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional, Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Vol. 21, Núm. 3.
- MORANT, A., H. MERCHÁN y E. LUTZ. (2009). Identificación de características forrajeras deseables para un ideotipo de trigo doble propósito. Revista Argentina de Producción Animal. 29, pp. 111-117.
- MORENO, I. y. A. RAMÍREZ. (2001). EL cultivo del trigo. algunos resultados de su producción en Cuba. Cultivos Tropicales. 22 (4): pp. 55-67.
- MOYANO. L.; H. SÁNCHEZ. (2012). Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha.
<http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/>
- MULLER, H. & G. TOBIN. (1999). Nutrición y Ciencia de los Alimentos" Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. 1999. Pag 75.
- MÜLLER, L. P. MANFRON, O. SANTOS, S. ME DEI ROS, V. HAUT, D. DOURADO, E. BINOTTO, y A. BANDEIRA, A. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. Zootecnia Tropical 23(2): 105-119.
- NAVARRETE, R. (2008). Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa (*Vicia* sp) para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Ibarra, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 89 p.

- ÑIGUEZ, M. (1988). Producción de forrajes en condiciones de hidroponía II. Selección de especies y evaluación de la cebada y trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.
- PADRON, E. (2009). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.
- PÉREZ, J. (1999). Manual de Cultivos Hidropónicos. Ediciones Culturales LTDA, Santa Fe de Bogotá-Colombia.
<http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/253/1/T72017.pdf>
- QUIÑONES, E. (2012). Producción de Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mays*) y Arroz (*Oriza sativa*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis. (Ing. Zoot). Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 61 p.
- QUISPE, J. (2017). Densidad optima de siembra para el germinado hidropónico (G.H.) de maíz amarillo duro (*zea mays*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo, tesis Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 54 pp.
- RAWSON M. y M. GÓMEZ. 2001. Trigo regado: Manejo del cultivo. Editorial: FAO. Roma, Italia.
- RODRÍGUEZ, S. (2003) Apuntes del Curso Hidroponía básica impartido en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- RODRÍGUEZ, S. (2003). Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana. México, D. F. 113 p.
- ROSAS, N. (1994). Cultivos Hidropónicos Montaje, Cultivo, Manejo. ICFES. Santa fe de Bogotá. Fundación Universitaria Agraria de Colombia.
<http://repository.lasalle.edu.co/bit>
- RUIZ, R. (1981). Cultivo del Trigo y la Cebada. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. ISBN 0049-3333 pp.9-12.

- SÁNCHEZ, F., E. MORENO, E. CONTRERAS y J. MORALES. (2012). Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. Revista Chapingo Serie Horticultura 19 (4): 35-43, Edición Especial.
- SÁNCHEZ, A. (2000). Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. Boletín informativo de la Red de Hidroponía No. 7. Lima. Perú.
- SÁNCHEZ DEL C. F. y R. ESCALANTE. (1988). Un Sistema de Producción de Plantas. Hidroponía Principios y Métodos de Cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. 3^a Edición.
- SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. Tesis Ingeniero Zootecnista. Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 108 p.
- TARRILLO, H. (2005). Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.
- URÍAS, E. (1997). Hidroponía. Como Cultivar Sin Tierra. Red de Hidroponía. Lima, Perú. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0798-
- VALDIVIA, B. (1997). Producción de Forraje Verde Hidropónico, Conferencia Internacional en hidroponía comercial 6 - 8 agosto Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 57 pp.
- ZAMORA, V., M. VILLA, M. RICO1, A. TORRES, A. TAPIA, A. RODRÍGUEZ GARCÍA y M. JARAMILLO. (2016). Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.2 15 de febrero - 31 de marzo, 2016 p. 291-300

ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de varianza para contenido de materia seca en hojas de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	13.75	3	4.58	6.54	* *
Error experimental	11.20	16	0.70		
TOTAL	24.95	19			

C.V. = 7.00%

DUNCAN:

T₁ T₂^b T₃^b T₄^b

Cuadro 2A. Análisis de varianza para contenido de materia seca en tallos de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	33.75	3	11.25	56.25	* *
Error experimental	3.20	16	0.20		
TOTAL	36.95	19			

C.V. = 4.25%

DUNCAN:

T₁^a T₂^b T₃^c T₄^c -

Cuadro 3A. Análisis de varianza para contenido de materia seca en raíces de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	53.20	3	17.73	8.00	* *
Error experimental	34.80	16	2.18		
TOTAL	88.00	19			

C.V. = 21.1%

DUNCAN:

\bar{T}_1 \bar{T}_4 \bar{T}_3 \bar{T}_2^c

Cuadro 4A. Análisis de varianza para rendimiento de FVH de trigo. Kg/m².

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	22997237.4	3	7665745,8	53.8	* *
Error experimental	2280077.1	16	142504.8		
TOTAL	25277314.5	19			

C.V. = 17.86%

DUNCAN:

\bar{T}_4^a \bar{T}_3^a \bar{T}_2^b \bar{T}_1^c

Cuadro 5A. Análisis de varianza para peso en hojas de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	538435.63	3	179478.5	8.60	* *
Error experimental	332942.25	16	20808.9		
TOTAL	871377.88	19			

C.V. = 58.03%

DUNCAN:

4^a 2^a 2^a 1^a

Cuadro 6A. Análisis de varianza para peso en tallos de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	181844.5	3	60614.8	14.6	* *
Error experimental	66517.5	16	4157.3		
TOTAL	248362.00	19			

C.V. = 37.10%

DUNCAN:

T₄^a T₃^{ab} T₂^b T₁^c
—————

Cuadro 7A. Análisis de varianza para peso en raíces de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	13931898.10	3	4643966.0	42.6	* *
Error experimental	1744337.13	16	109046		
TOTAL	15676635.22	19			

C.V. = 19.53%

DUNCAN:

1^a 2^a 3^a 4^a

Cuadro 8A. Análisis de varianza para número de raíces/planta de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	6.0	3	2.0	6.54	* *
Error experimental	27.1	36	0.75		
TOTAL	33.1	39			

C.V. = 26.8%

DUNCAN:

T₁^a T₃^{ab} T₄^b T₂^b

Cuadro 9A. Análisis de varianza para largo de tallo de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	13.074	3	4.36	3.96	*
Error experimental	39.650	36	1.1		
TOTAL	52.724	39			

C.V. = 20.3%

DUNCAN:

T₁^a T₂^{ab} T₃^{ab} T₄^b

Cuadro 10A. Análisis de varianza para ancho de tallo de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	0.057	3	0.019	9.5	* *
Error experimental	0.061	36	0.002		
TOTAL	0.118	39			

C.V. = 8.28%

DUNCAN:

T₁^a T₃^{ab} T₄^b T₂^b

Cuadro 11A. Análisis de varianza para largo de hoja de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	49.593	3	16.53	5.64	* *
Error experimental	105.37	36	2.93		
TOTAL	155.130	99			

C.V. = 12.14%

DUNCAN:

T₁^a T₃^a T₄^{ab} T₂^b

Cuadro 12A. Análisis de varianza para ancho de hoja de FVH de trigo

Fuentes de variación	S.C.	G.L.	C.M	F.C.	Significancia
Tratamientos	13.75	3	4.58	6.54	* *
Error experimental	11.20	16	0.70		
TOTAL	24.95	19			

C.V. = 7.00%

DUNCAN:

T₁^a T₂^{ab} T₃^b T₄^b

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Ing. Benito Bautista Espinoza M. Sc.** Docente/Asesor de tesis/Revisor del trabajo de investigación de la estudiante: **Bach. Altamirano Molina, Willan**

Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo (*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de **17 %** 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 saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 06 de junio de 2023



Ing. Benito Bautista Espinoza M. Sc.
Asesor
DNI: 25417586

Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de trigo (*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Cutervo

Por Willan Altamirano Molina

Nombre del archivo: TESIS_MOLINA_a_turnitin.docx

Total de palabras; : 11,318

Total de caracteres : 58,104

Fecha de entrega :28-nov.-2021 10:45am (UTC-0500)

Identificador de la entrega:1714169604



Ing. Benito Bautista Espinoza (0000-0002-0510-5042)

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: Willan Altamirano Molina
Título del ejercicio: TESIS FVH-ALTAMIRANO MOLINA
Título de la entrega: TESIS FVH-TRIGO
Nombre del archivo: TESIS_MOLINA_a_turnitin.docx
Tamaño del archivo: 252.61K
Total páginas: 66
Total de palabras: 11,318
Total de caracteres: 58,104
Fecha de entrega: 28-nov.-2021 10:45a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1714169604



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE ZOOTECNIA

Densidad óptima de siembra para el germinado hidroponico (g.h.) de trigo
(*Triticum aestivum*) en cuatro niveles de siembra en Catern

TESIS

Para optar por el título profesional de Ingeniero Zootecnista

AUTOR

Dr. Altamirano Molina Willan

ASESOR:

M. Sc. Benito Bautista Espinoza (ORCID id: 0000-0002-0510-5042)
Lambayeque, noviembre del 2021

TESIS FVH-TRIGO

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

3%

2

repository.unad.edu.co

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

1%

5

www.someve.com.ar

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

8

revistacta.agrosavia.co

Fuente de Internet

1%

9

produccion-animal.com.ar

Fuente de Internet



Ing. Benito Bautista Espinoza M.Sc.
Asesor