

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**DENSIDAD OPTIMA DE SIEMBRA DE *Zea mays* (MAIZ) PARA LA PRODUCCIÓN  
DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

Para optar el Título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**MENDOZA PEREZ BIGVAI**

Tingo María – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
TINGO MARÍA  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA**  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra Independencia y, de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

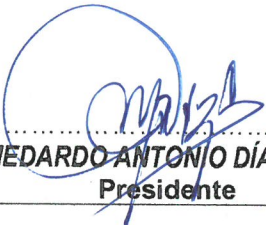




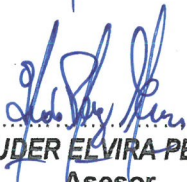
## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A las 07:00 p.m. del 09 de octubre de 2024, los que suscriben, Miembros del Jurado, se reunieron para calificar la Tesis titulada "DENSIDAD ÓPTIMA DE SIEMBRA DE *Zea mays* (MAÍZ) PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO", presentada por el Bachiller en Ciencias Pecuarias **BIGVAI MENDOZA PEREZ**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia, el sustentante queda capacitado para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para el otorgamiento del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 10 de octubre de 2024

 <b>Ph. D. MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES</b> Presidente	 <b>Ing. WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA</b> Miembro
 <b>Dr. JUAN CHOQUE TICACALA</b> Miembro	 <b>Ing. M. Sc. EBER CÁRDENAS RIVERA</b> Asesor
 <b>Ing. M. Sc. RAFAEL RENÉ ROBLES RODRÍGUEZ</b> Asesor	 <b>Ing. M. Sc. GUDER ELVIRA PÉREZ MENDOZA</b> Asesor

Copia : Archivo

MADC/WAPO/JChT/ECR/RRRR/GEPM/slcp



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 014 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Economía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DENSIDAD OPTIMA DE SIEMBRA DE Zea mayz (MAIZ) PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	MENDOZA PÉREZ BIGVAI	<b>19 %</b> <b>Diecinueve</b>

Tingo Maria, 21 de enero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Malizui  
JEFE

C.C. Archivo

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
OFICINA DE INVESTIGACION**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL  
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE  
Y TESISISTA**







(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

**I. Datos Generales de Pregrado**

<b>Universidad</b>	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<b>Facultad</b>	:	Facultad de Zootecnia
<b>Título de tesis</b>	:	Densidad optima de siembra de Zea mayz (maíz) para la producción de forraje verde hidropónico.
<b>Autor</b>	:	Mendoza Perez Bigvai
<b>Asesor de tesis</b>	:	Ing. M.Sc. Rafael R. Robles Rodríguez Ing. M.Sc. Eber Cárdenas Rivera Ing. M.Sc. Guder Elvira Pérez Mendoza
<b>Escuela Profesional</b>	:	Zootecnia.
<b>Programa de investigación</b>	:	Producción Animal Sostenible.
<b>Línea(s) de investigación</b>	:	Nutrición, Alimentación y Sanidad de Animales Domésticos, Silvestre y Acuícolas en Ecosistemas Sostenibles.
<b>Eje Temático</b>	:	Nutrición Animal y Pastos
<b>Lugar de ejecución</b>	:	Granja Zootécnica – Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<b>Duración</b>	:	Inicio : Julio 2020 Término : Septiembre 2020
<b>Financiamiento</b>	:	FEDU : S/0.00 Propio : S/ 5,000.00 Otros : S/.0.00

**Tingo María, Perú, enero 2025.**



 Ph. D. MEDARDO ANTONIO DIAZ CÉSPEDES Presidente	 Ing. WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA Miembro
 Dr. JUAN CHOQUE TICACALA Miembro	 Ing. M. Sc. EBER CÁRDENAS RIVERA Asesor
 Ing. M. Sc. RAFAEL RENÉ ROBLES RODRÍGUEZ Asesor	 Ing. M. Sc. GUDER ELVIRA PÉREZ MENDOZA Asesor

  
MENDOZA PEREZ BIGVAI  
Tesista

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me cuida, ilumina y orienta en mi camino hacia el logro de mis metas. Agradezco por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante en los momentos de dificultad y debilidad.

A mis queridos Padres al señor Francisco Mendoza Alfaro y la señora Aida Perez Cárdenas, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, que me formaron con buenos valores y hábitos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser el Alma Mater de mi formación Profesional.

Quiero expresar mi especial agradecimiento y reconocimiento a mis asesores, Ing. M.Sc. Rafael R. Robles Rodríguez, Ing. M.Sc. Eber Cárdenas Rivera y la Ing. M.Sc. Guder Elvira Pérez Mendoza, por su amistad, su valiosa sabiduría y, sobre todo, por el apoyo y la confianza que han depositado en mí durante el desarrollo de esta investigación.

A mis jurados: Ph. D. Medardo Antonio Díaz Céspedes, Dr. Juan Choque Ticacala, Ing. Walter Alberto Paredes Orellana y por el interés, motivación, apoyo y críticas necesarias para la realización de este trabajo.

A los docentes de la facultad de Zootecnia, por sus conocimientos y consejos impartidos durante los años de estudio.

# ÍNDICE

Página

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1.	Hidroponía.....	3
2.2.	Forraje verde hidropónico .....	3
2.2.1.	Densidad de siembra de semilla de maíz ( <i>zea mays</i> ) y su efecto en la producción de forraje verde hidropónico.....	4
2.2.2.	Composición nutricional del forraje verde hidropónico.....	6
2.2.3.	Importancia del forraje verde hidropónico .....	7
2.2.4.	Producción de forraje verde hidropónico. ....	8
2.2.5.	Ventajas de forraje verde hidropónico.....	8
2.2.6.	Desventajas del Forraje verde Hidropónico .....	10
2.2.7.	Manejo de forraje verde hidropónico .....	10
2.2.8.	Método de producción .....	11
2.3.	Costo de producción.....	14
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
3.1.	Lugar y fecha de ejecución.....	15
3.2.	Tipo de investigación .....	15
3.3.	Instalaciones .....	16
3.4.	Insumo de estudio.....	16
3.5.	Preparación del forraje verde hidropónico de maíz ( <i>Zea mays</i> ).....	16
3.6.	Variable independiente.....	17
3.7.	Tratamientos .....	17
3.8.	Distribución de tratamientos .....	18
3.9.	Variables dependientes.....	18
3.10.	Análisis estadístico .....	18
3.11.	Datos para registrar .....	19
3.11.1.	Altura de la planta.....	19
3.11.2.	Producción de forraje verde.....	19
3.11.3.	Producción de materia seca.....	20
3.11.4.	Determinación del contenido nutricional.....	20
3.11.5.	Energía .....	20
3.11.6.	Extracto etéreo .....	21
3.11.7.	Fibra de detergente acida y fibra detergente neutra. ....	21



3.11.8.	Fibra cruda .....	21
3.11.9.	Costos de producción.....	21
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
4.1.	Parámetros productivos del forraje verde hidropónico (FVH) en altura, producción en forraje verde y materia seca en las distintas densidades .....	22
4.1.1.	Altura (cm) .....	22
4.1.2.	Producción de forraje en materia verde (kg/m <sup>2</sup> ).....	23
4.1.3.	Producción de forraje en materia seca (kg/m <sup>2</sup> ).....	27
4.2.	Valor nutricional del FVH de maíz en las distintas densidades .....	29
4.3.	Costo de producción del FVH de maíz ( <i>zea mays</i> ) en distintas densidades.....	32
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>VI.</b>	<b>PROPUESTAS A FUTURO.....</b>	<b>35</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Alturas medias (cm) de plantas de maíz a 12 días de crecimiento bajo distintas densidades (media $\pm$ error estándar).....	22
Tabla 2. Producción de forraje verde (kg/m <sup>2</sup> ) por densidad evaluada (media $\pm$ error estándar) .....	23
Tabla 3. Producción de forraje verde (kg/m <sup>2</sup> ) y por kilo de siembra (media $\pm$ error estándar).....	26
Tabla 4. Producción de forraje en materia seca corregido (kg/m <sup>2</sup> ) y materia seca (%) por densidad evaluada (media $\pm$ error estándar).....	27
Tabla 5. Composición química y energía bruta del FVH en distintas densidades de siembra (media $\pm$ error estándar).....	30
Tabla 6. Costo de producción del FVH de maíz en cinco densidades de siembra en soles.....	33

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Mapa de ubicación del experimento. Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) .....	15
Figura 2. Repisas de las bandejas y su distribución por tratamientos .....	18
Figura 3. Altura media de las plantas de maíz a distintas densidades de siembra.....	23
Figura 4. Producción de forraje verde por densidad de siembra .....	24
Figura 5. Regresión lineal para la producción de forraje verde con la densidad de siembra como regresora. ....	25
Figura 6. Regresión lineal para la producción de FVH por kilo de semilla, con la densidad de siembra como regresora. ....	27
Figura 7. Porcentaje de materia seca entre las densidades evaluadas .....	28
Figura 8. Producción de forraje en materia seca ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) bajo distintas densidades de siembra .....	29

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la densidad óptima de siembra ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) de granos de maíz para obtener mayor producción de forraje verde hidropónico (FVH) a 12 días de establecido en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Huánuco, Perú. Para ello, se trabajó con cinco densidades de siembra: 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 y 6.5 kg de semilla de maíz por metro cuadrado en bandejas de plástico en un andamio vertical ajustado a un diseño de bloques completamente al azar. A los 12 días de establecido se evaluaron los resultados. Con respecto a la altura de planta no se encontraron diferencias estadísticas entre las densidades evaluadas; la producción de FVH estuvo influenciada por la densidad de siembra. Las mayores densidades de siembra (6.0 y 6.5  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) registraron mayor producción (12.34 y 12.36 kg de FVH respectivamente); sin embargo, analizado la producción de FVH por kilo de semilla sembrada se registró un resultado inverso, siendo la mayor densidad de siembra (6.5  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) la que produce menor FVH por kilo de semilla (1.90 kg FVH por kilo de semilla), observando una tendencia lineal negativa. La calidad del FVH no estuvo influenciada por las densidades de siembra, obteniendo niveles de proteína cruda entre 15.86 a 16.68 %, grasa entre 2.95 a 3.24%; asimismo, un FDN entre 29.60 a 30.99%, todas ellas a un 95% de confianza. El costo de producción estuvo entre 1.20 a 1.37 soles por kilo de FVH, demostrando que a mayor densidad de siembra se reducen los costos. La mejor densidad para la producción de FVH de alta calidad se obtuvo entre las densidades de 6 hasta 6.5  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

Palabras clave: Parámetros productivos, densidad, producción, calidad y costos

# **The Optimal Planting Density of *Zea mayz* (Corn) for the Production of Hydroponic Green Forage**

## **Abstract**

The objective of the research was to determine the optimal planting density ( $\text{kg/m}^2$ ) of grains of corn in order to obtain a greater production of hydroponic green forage (FVH – acronym in Spanish) at twelve days after planting at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo Maria, Huanuco, Peru. For this, five planting densities were used: 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 y 6.5 kg of corn seed per square meter, in plastic trays on a vertical scaffolding, fit to a completely randomized block design. At twelve days after planting the results were evaluated. With respect to the plant height, no statistical differences were found between the densities that were evaluated; the FVH production was influenced by the planting density. With the greatest planting densities (6.0 and 6.5  $\text{kg/m}^2$ ) the greatest production was recorded (12.34 and 12.36 kg of FVH, respectively); notwithstanding, [when the] FVH production was analyzed by kilogram of seed planted, an inverse result was recorded, with the greatest planting density (6.5  $\text{kg/m}^2$ ) being that which produced the least FVH per kilogram of seed (1.90 kg FVH per kilogram of seed), [where a] linear negative tendency was observed. The quality of the FVH was not influenced by the planting densities, [where] levels between 15.86 and 16.68 % of raw protein and between 2.95 and 3.24% of fat were obtained; as well as, an FDN between 29.60 and 30.99%, all of which were at a 95% confidence. The cost of production was between 1.20 and 1.37 soles per kilo of FVH, demonstrating that at a greater planting density, the costs were reduced. The best density for the production of high quality FVH was obtained between the densities of 6 and 6.5 $\text{kg/m}^2$ .

Keywords: productive parameters, density, production, quality, costs

## I. INTRODUCCIÓN

En los trópicos de Perú, las especies forrajeras son el alimento más popular y económico para el ganado vacuno. El forraje verde hidropónico (FVH) se presenta como una fuente de nutrientes para el crecimiento y la producción de animales durante la época seca, incluidos vacunos, ovinos, caprinos, porcinos y cuyes. Esta es una tecnología que utiliza semillas viables para producir biomasa vegetal durante el crecimiento y el crecimiento temprano de las plantas.

Para los sistemas modernos de ganadería intensiva y semiintensiva, el FVH es una fuente de alimento alternativa crucial. Por lo tanto, el FVH es el resultado de explotar la capacidad germinativa de los granos, como la cebada, el maíz, el trigo y otros, liberando todos los nutrientes contenidos en el grano, ayudando a la planta a crecer. Una vez que se liberen, los nutrientes estarán disponibles de inmediato. y es adecuado para el consumo de animales, proporcionando los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo ideal de las especies ganaderas.

La producción de forraje es una alternativa a la alimentación de rumiantes, por lo que es importante el suministro de forraje durante todo el año en cualquier explotación ganadera, especialmente en los sistemas ganaderos intensivos en los que los animales se mantienen en establos durante la mayor parte del año para producir carne o leche. Además, se ofrece como un alimento rico en nutrientes que satisface en gran parte las exigencias nutricionales muy aparte de ser un alimento fresco y de muy buena inocuidad.

Frente a la ausencia de una propuesta de densidad de siembra recomendada en la zona para el cultivo de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) existe la problemática por el desperdicio de semilla y consecuentemente la baja de la producción, planteamos la siguiente hipótesis: La mayor densidad de siembra generará mayor producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz.



**Objetivo principal**

- Determinar la densidad optima de siembra de maíz (*Zea mays*) como forraje verde hidropónico.

**Objetivo específico**

1. Determinar los parámetros productivos en función de altura, producción de forraje verde y producción materia seca, de las distintas densidades.
2. Determinar el valor nutricional y energético, proteína bruta (%), energía bruta (Kcal), extracto etéreo (%), ceniza (%), fibra cruda (%), Fibra de Detergente Acida (FDA%) y, Fibra de Detergente Neutra (FDN%), de las densidades.
3. Calcular el costo de producción del forraje verde hidropónico del maíz (*Zea mays*) en diferentes densidades.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Hidroponía

Howard (1987) afirma que el campo de la hidroponía estudia cómo cultivar plantas sin usar suelo. En su lugar, se utiliza un medio inerte, como grava o arena, y se le agrega una solución de nutrientes que contiene todos los componentes necesarios para que la planta crezca y desarrolle normalmente.

La hidroponía es un método novedoso que permite cultivar plantas sin suelo. En este sistema, las plantas se cultivan en un entorno de suelo aislado, donde el agua y una solución nutritiva específica satisfacen sus necesidades de agua y nutrición (Beltrano y Giménez, 2015).

Según Izquierdo (2000), los cultivos hidropónicos son sistemas de producción agrícola en los que el suelo es reemplazado por un medio inerte, donde los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas son suministrados a través del agua de riego. Esta técnica permite cultivar una amplia variedad de especies vegetales, incluyendo hortalizas, flores, pastos forrajeros, plantas ornamentales y condimentos, sin la necesidad de utilizar suelo como sustrato.

### 2.2. Forraje verde hidropónico

El FVH se obtiene aprovechando la capacidad germinativa de semillas de cereales o leguminosas, como maíz, sorgo, cebada, trigo y alfalfa, en charolas. Este proceso, que dura entre 7 y 14 días, implica la absorción de energía solar y nutrientes de una solución nutritiva adecuada. Se utilizan semillas de forraje, charolas de forraje, una solución nutritiva específica y agua para producir forraje verde hidropónico. No se utilizan otros sustratos (Chavarría y Socorro, 2018).

En la práctica, el FVH consiste en hacer germinar las semillas y luego llevarlas a un estado de crecimiento en un sistema sin suelo, bajo condiciones ambientales controladas, como la luz, temperatura y humedad. Por lo general, las semillas de avena, cebada y maíz se utilizan para este propósito (Cuesta y Machado, 2009).

El forraje verde hidropónico es un método de producción de forraje que se destaca por su alto valor nutricional y beneficios para la salud. Este forraje se produce en un lapso de tiempo

corto, de 9 a 15 días, y siempre que se cumplan las condiciones básicas, puede producirse en cualquier momento del año. La tecnología de FVH se ve como una opción complementaria y no como una competencia frente a la producción tradicional de forraje, que utiliza especies forrajeras convencionales como la avena, las mezclas de trébol y gramíneas, y la alfalfa, entre otras (FAO, 2001).

#### 2.2.1. Densidad de siembra de semilla de maíz (*zea mays*) y su efecto en la producción de forraje verde hidropónico

En los sistemas de forraje verde hidropónico (FVH), la cebada muestra un crecimiento más rápido, alcanzando una altura de 20,6 cm, y produce un mayor rendimiento de materia verde, con 6,27 kg/m<sup>2</sup> de semilla, en el menor tiempo requerido para su cosecha (López, 2010). Por otro lado, aunque la avena es la especie que genera forraje hidropónico en el menor tiempo, la cebada presenta un rendimiento de materia seca inferior, alcanzando 0,62 kg por cada kg de semilla sembrada, en contraste con los 0,91 kg por kg de semilla que produce la avena.

Moyano y Sánchez (2012) sostienen que el contenido proteico del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) varía según el momento de la cosecha. El décimo día es cuando el contenido proteico alcanza su punto máximo, y a partir del décimo día comienza a bajar ligeramente hasta el doce. Posteriormente, el contenido proteico disminuye más. Como resultado, los autores sugieren que para obtener el mayor contenido proteico de las plántulas de maíz FVH, La germinación no debe durar más de doce días.

Según Hernández (2013), se llevaron a cabo investigaciones en Lambayeque sobre cuatro niveles de siembra (2, 3, 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>) durante un periodo de 15 días para identificar la densidad de siembra óptima para la producción de germinado hidropónico (GH) de maíz amarillo (*Zea mays*). Los resultados indicaron que la densidad de siembra más efectiva fue de 2 kg/m<sup>2</sup>, lo que generó un rendimiento de 5,71 kg de GH por cada kg de semilla utilizada. Además, con esta densidad, se produjo GH que tenía la siguiente composición química: El 11,25% de proteína cruda, el 7,95% de fibra cruda, el 3,58% de extracto etéreo y el 1,02% de cenizas son los componentes principales.

Según Herrera y Núñez (2007), la siembra de forraje verde hidropónico (FVH) en maíz amarillo realizada con riego sin la utilización de solución nutritiva, con solución nutritiva química u orgánica, se utilizó 1 kg de semilla por banda (6 kg/m<sup>2</sup>), lo que resultó en

una producción de 2.27, 2.39 y 2.34 kg/banda, respectivamente, lo que equivale a 13.6, 14.3 y 14.04 kg/m<sup>2</sup> yEl análisis bromatológico mostró que el forraje hidropónico de maíz amarillo SSN, SNQ y SNO presentó un porcentaje de extracto etéreo del 5% en los tres casos. El FVH de maíz amarillo SSN superó al cultivo de FVH de maíz amarillo con SNO con un 31.4 % en materia seca.

En un estudio realizado en Ecuador por Sinchiguano (2008), se analizó la productividad del Forraje Verde Hidropónico (FVH) en función del rendimiento de kilogramos de materia seca (MS) por kilogramo de semilla, abarcando cinco especies distintas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes para: avena: 1,7 kg de MS/kg de semilla, cebada: 1,7 kg de MS/kg de semilla, trigo: 1,2 kg de MS/kg de semilla y finalmente para vicia: 1,3 kg de MS/kg de semilla. Todas estas especies tuvieron un período de producción de 15 días. Por otro lado, el maíz mostró una producción de 1,0 kg de materia seca (MS) por kilogramo de semilla, a la edad de 17 días.

TITO (2016) menciona que durante un trabajo de investigación realizada sobre la influencia en la producción y altura de FVH a una densidad de 3.5kg/m<sup>2</sup> y fertilizadas con cuatro tipos de abonos orgánicos, Biol, Bokashi, Jiracha, Humus líquido y agua como testigo, se obtuvo en producción de FVH dos grupos; 26.12kg/m<sup>2</sup>, 25.73kg/m<sup>2</sup>, 25.39kg/m<sup>2</sup> y 25.35kg/m<sup>2</sup>, y el segundo grupo conformado por el testigo 21.68kg/m<sup>2</sup> y con respecto a la altura media de las plantas 25.74cm, 25.63cm, 25.11cm y 24.29cm respectivamente, y el grupo testigo presento una media de 22.26cm.

Según Quispe (2017) en un trabajo realizado sobre el comportamiento productivo del FVH en las densidades de; 2kg/m<sup>2</sup>, 3kg/m<sup>2</sup>, 4kg/m<sup>2</sup>, y 5 kg/m<sup>2</sup>, reporta los siguientes valores; 9.558kg/m<sup>2</sup>, 12.134kg/m<sup>2</sup>, 15.246kg/m<sup>2</sup> y 17.538kg/m<sup>2</sup> todos cosechado a los 15 días de edad respectivamente, obteniendo el mejor rendimiento en la densidad de 5kg/m<sup>2</sup>, donde además menciona que la producción esta influenciada por la densidad de siembra.

Según Lazo (2023) en un trabajo de investigación realizado sobre el comportamiento del FVH en diferente edad de cosecha determino la altura a los 12, 16, 20, 24 y 28 días de edad, los cuales presentaron una altura media de:12.17cm, 17.20cm, 17.54cm, 20.20cm y 20.18cm respectivamente.

### 2.2.2. Composición nutricional del forraje verde hidropónico

Según Chavarría y Socorro (2018) durante un experimento ejecutado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua determinaron los siguientes valores nutricionales en el FVH del Maíz, para proteína cruda 16.0%, grasa 5.4% fibra cruda 12.9%, E.L.N 62.6%, ceniza 3.0 % NDT 80.1%.

Según lo reportado por Salas-Pérez (2010). Menciona que durante el estudio sobre el rendimiento y la calidad de FVH del maíz bajo fertilización orgánica con Te de compost, solución nutritiva y agua potable, los resultados de laboratorio determino para proteína cruda 13.00 %, FDA 13.18 %, FDN 41.92 % y grasa 2.77 %, fertilizadas con te de compost, del mismo modo aquellos que fueron fertilizadas con solución nutritiva los valores encontrados fueron para proteína cruda 18.82%, FDA 11.88%, FDN 42.13%, y grasa 2.81% y para los que se aplicó solo agua potable encontramos los contenidos de proteína cruda 12.23%, FDA 11.45%, FDN 39.07% y grasa 2.09%, además todos ellos cosechados a una edad de 12 días se obtuvo una media para proteína cruda 15.04%, FDA 10.08%, FDN 38.26% y grasa 3.36%.

Según Mora (2009), en un estudio realizado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, se evaluó el uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVH) y su influencia en la producción de leche en vacas al pastoreo, determino la composición bromatológica, obteniendo los siguientes resultados para materia seca 12.32%, proteína cruda 16.53%, ceniza 6.40%, estrato etéreo 3.70%, fibra detergente ácida 21.10% y Fibra detergente neutra 43.16 %, además menciona que se observó un incremento en la producción de leche y sus constituyente en aquellos animales suplementados con FVH.

Lazo(2023) menciona que durante el trabajo realizado se observa el comportamiento nutricional del FVH en diferentes edades: 12 días, 16 días , 20 días , 24 días y 28 días, se observa un comportamiento para materia seca de 26.84% a 30.47%, y la proteína cruda en 28 días, posee un nivel proteico de 18.60 %, a diferencia de los que fueron cosechados a la edad de 16, 20 y 24 días con un nivel proteico 16.6%, 17.39% y 17.51 % respectivamente y para el de 12 días de edad con un nivel de proteína de 14.23%, así también se observa los siguientes valores para energía bruta a los 12 días presenta 4311.21kcal/kg, con respecto a los sujetos evaluados a 16, 20 y 28 días de edad con una media de nivel energético 4255.53kcal/kg, 4264.76kcal/kg y 4273.62 kcal/kg y como ultimo a los 24 días de edad en cual presenta nivel energético de 4177.59 kcal/kg.

Tarazona (2006) afirmó que el momento óptimo para cosechar FVH de *Zea mays* (maíz) es entre 12 y 16 días de edad porque contienen la mayor cantidad de nutrientes y el máximo rendimiento de alimento, tiene un contenido de materia seca de 26.36 a 20.91%, tiene un contenido de proteínas del 14.82-16.04%, con un valor calórico total de 4.643 a 4.660 kcal/kg y contenido de fibra cruda de 8.99 a 11.21%.

Herrera y Núñez (2007) menciona que durante un trabajo realizado donde se evalúa el comportamiento nutricional del FVH de maíz amarillo sin solución nutritiva (SSN), con solución nutritiva orgánica (SON), solución nutritiva química (SNQ), se observa para ceniza 1.70 %, 1.70%, 1.80% respectivamente, y para extracto etéreo se muestran los siguientes valores 5% para los tres casos, en el caso de fibra cruda 12.20%, 11.90%, 12.40 respectivamente.

Quispe (2017) en un trabajo realizado reporta a ver determinado el comportamiento nutricional de FVH evaluado en diferentes densidad siendo esta las siguientes; 2kg/m<sup>2</sup>, 3kg/m<sup>2</sup>, 4kg/m<sup>2</sup> y 5kg/m<sup>2</sup> obteniendo los valores para materia seca 1.563kg/m<sup>2</sup>, 2.463kg/m<sup>2</sup>, 2.875kg/m<sup>2</sup>, 3.057kg/m<sup>2</sup> proteína cruda (%); 13.03, 13.35, 12.73 y 12.51, respectivamente, así mismo para estrato etéreo (%), 3.12, 3.20, 3.23, 2.75 para cada densidad y para fibra cruda fc(%) 12.97, 13.15, 10.76, 11.47, y por último los valores encontrados para ceniza(%) fueron; 4.59, 4.93, 4.51, 4.59 respectivamente.

La FAO (2001), ha evaluado el contenido nutricional de los germinados de maíz en materia seca. El 8,87% de fibra cruda, el 12,26% de proteína, el 4,25% de grasas y el 72,78% de nifex. Después de 10 días de germinación en base seca, se obtuvo el 5,01% de grasa, el 13,47% de proteína, el 2,71% de ceniza y el 9,03% de fibra. Después de 20 días de germinación en base seca, se obtuvo el 3,84% de ceniza, el 13,23% de fibra, el 14,75% de proteína y el 6,39% de grasa.

### 2.2.3. Importancia del forraje verde hidropónico

Tarrillo (2007) afirma que en un sistema de producción de forraje verde hidropónico (FVH), el agua puede ser recirculada para reducir las pérdidas porque la única pérdida es la evapotranspiración de la planta. Esto se debe a que el FVH se produce dentro de invernaderos, lo que evita que los cultivos estén expuestos directamente al sol, lo que reduce las pérdidas por evaporación. De esta manera, el sistema de producción FVH permite el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico.



El forraje verde hidropónico (FVH) es un método de cultivo que produce biomasa vegetal con un valor nutricional elevado y sanidad. Dependiendo de la especie cultivada, este sistema permite obtener dicha biomasa de manera muy rápida, en un período de 9 a 20 días. Si se cumplen las condiciones mínimas necesarias, esta tecnología puede aplicarse en cualquier época del año y en cualquier lugar. El Forraje Verde Hidropónico (FVH) se presenta como una opción complementaria, sin competir con la producción tradicional de forraje a partir de cultivos como avena, maíz y cebada. (Sánchez, 2000).

#### 2.2.4. Producción de forraje verde hidropónico.

El forraje verde hidropónico (FVH), que se obtiene aprovechando el poder germinativo de semillas o granos, es una alternativa que puede usarse para alimentación animal. La producción de este brinda a los animales alimentos frescos, palatables y con alto porcentaje de proteína de forma continua (Rojas, 2009).

Dado que los animales monogástricos y poligástricos consumen todo el colchón de forraje verde hidropónico, incluyendo raíces, semillas no germinadas y la parte verde de la planta, obtienen nutrientes como vitaminas, enzimas, coenzimas y aminoácidos libres (Rodríguez, 2002).

Se considera una opción viable para atender las crecientes necesidades de la producción agropecuaria, teniendo en cuenta los importantes desafíos que enfrenta la ganadería convencional, como la escasez de nuevas tierras cultivables, el cambio climático y la degradación del suelo (Juárez, 2011).

#### 2.2.5. Ventajas de forraje verde hidropónico

El sistema de producción de forraje verde hidropónico ofrece varias ventajas, como su alto valor nutritivo y proteico, así como su alta digestibilidad, lo que permite que los animales lo procesen rápidamente por ser un forraje tierno y apetecible. Además, permite la producción con diversos cereales y leguminosas, facilita una producción programada y regular, puede realizarse durante todo el año en espacios reducidos, y requiere poca materia prima y agua. Sin embargo, para la producción de forraje verde hidropónico (FVH) es fundamental disponer de una capacitación adecuada, una infraestructura específica, un manejo meticuloso de las condiciones de cultivo y una supervisión continua, dado que este producto es vulnerable a ataques de hongos y bacterias (FAO, 2001).

**a. Ahorro de agua**

El sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) disminuye significativamente el desperdicio de agua en comparación con los métodos tradicionales de cultivo de forraje, minimizando la evapotranspiración, el escurrimiento superficial y la infiltración. Según la FAO (2001), los sistemas convencionales de producción de forraje utilizan entre 270 y 635 litros de agua por kilogramo de materia seca, mientras que el sistema de Forraje Verde Hidropónico (FVH) presenta pérdidas de agua mucho menores.

**b. Calidad del forraje**

El forraje verde hidropónico (FVH) es un alimento fresco y jugoso que puede crecer entre 20 y 30 cm, según el tiempo de cultivo, y es ideal para la alimentación animal. Su elevado valor nutricional se debe al proceso de germinación de las semillas, el cual libera todos los nutrientes del grano para favorecer el desarrollo de la planta. El FVH contiene entre 250 y 350 mg de carotenoides por kilogramo de materia seca (MS) y es rico en vitaminas A y E. Además, contiene una gran cantidad de fósforo, calcio y hierro. Debido a la escasez de lignina y celulosa, el FVH es muy digestible para los animales (Juarez et al.,2013).

**c. Eficiencia en el uso del espacio**

El sistema de producción de forraje verde hidropónico (FVH) se caracteriza por ser versátil y eficiente en el uso del espacio. Este sistema ofrece una gran ventaja al poder ser instalado de manera modular en sentido vertical, lo que permite optimizar el uso del espacio disponible. Además, se pueden apilar múltiples niveles o módulos uno sobre otro para maximizar la superficie de cultivo en un área más pequeña (FAO, 2001).

**d. Eficiencia en el tiempo de producción**

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) se cultiva en un periodo de 10 a 14 días. No obstante, algunos módulos de producción, como parte de su estrategia de manejo, optan por cosechar después de los 14 días. Sin embargo, diversos estudios han señalado que lo ideal es no prolongar la cosecha más de 12 días de eda, ya que, a partir de ese punto el valor nutricional del FVH comienza a disminuir de manera significativa con cada día adicional. (Juárez et al., 2023).

### **e. Inocuidad**

El forraje verde hidropónico (FVH) es un alimento seguro y libre de contaminantes, sin la presencia de hongos ni insectos, lo que asegura el consumo de un producto conocido por su alto valor nutricional y excelente calidad sanitaria. Al utilizar FVH, los animales evitarán ingerir malezas o pastos indeseables que podrían perjudicar su metabolismo y la absorción de nutrientes. En el caso de las vacas lecheras, es común que ingieran malezas que se trasladan a la leche, lo que puede provocar sabores indeseables para el consumidor final o que no son aceptables en la producción de quesos, especialmente los artesanales (Sánchez, 2000).

#### **2.2.6. Desventajas del Forraje verde Hidropónico**

De acuerdo con la FAO (2001), la falta de conocimiento y la sobreestimación de la tecnología utilizada en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) constituyen una desventaja, ya que existe una carencia de conocimientos e información clara y accesible sobre este sistema. Como una alternativa más económica y accesible, varios productores agropecuarios en Brasil han decidido cultivar FH directamente en el suelo, empleando plástico negro y micro túneles. Esta técnica de cultivo en el suelo y bajo túnel ha demostrado ser altamente efectiva, constituyendo posiblemente la opción más viable para aquellos que enfrentan restricciones de recursos. (López, 2005).

Según Juárez et al. (2013) menciona como desventaja el bajo contenido de materia seca, a pesar de que el FVH presenta un bajo nivel de materia seca, lo cual podría considerarse una desventaja, esta situación puede ser manejada de forma efectiva a través de la incorporación de otros recursos forrajeros o suplementos alimenticios a la dieta de los Animales. De esta manera, se logra complementar los requerimientos nutricionales del ganado, al tiempo que se aprovechan las ventajas que ofrece el FVH como alimento.

#### **2.2.7. Manejo de forraje verde hidropónico**

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) requiere la consideración de factores ambientales importantes y la realización de una selección adecuada de semillas o granos para garantizar una germinación óptima y la obtención de un producto de alta calidad a un precio razonable para su uso en la alimentación animal (Rojas, 2009). La regulación de las condiciones ambientales y la elección de semillas apropiadas son fundamentales para asegurar una producción eficiente y lucrativa. Es fundamental preservar la calidad de las semillas y garantizar que el porcentaje de germinación sea al menos del 75% para prevenir una reducción en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) (López et al., 2013).

La productividad agrícola depende del estado ideal de las semillas. Una semilla de baja aptitud reduce la eficiencia del trabajo del agricultor y condiciona el potencial de rendimiento. La calidad de las semillas se basa en cuatro factores principales: la calidad física, que se refiere a las características físicas del lote de semillas; La calidad fisiológica se relaciona con el rendimiento de la semilla; la calidad genética se refiere a las características particulares de la variedad; y la sanidad de las semillas abarca la presencia o ausencia de enfermedades y plagas en el lote. (FAO, 2001). Estos cuatro parámetros son fundamentales para asegurar una producción agrícola eficiente y sostenible.

#### 2.2.8. Método de producción

Según la FAO (2001) menciona el procedimiento a realizar para una óptima producción de FVH, debe tener en cuenta los siguientes elementos y etapas. De acuerdo con la FAO (2001), el proceso para lograr una producción óptima de FVH debe considerar los siguientes elementos y etapas.

##### **Selección de las especies de granos utilizados en FVH**

Se fundamenta principalmente en la utilización de diferentes tipos de granos como materia prima, siendo la cebada, la avena, el maíz, el trigo y el sorgo los más habituales. La elección del grano a emplear se basa principalmente en la disponibilidad y los precios de compra del grano en la región. En comparación, la producción de FVH con semillas de alfalfa no resulta tan eficiente como la de granos de gramíneas, ya que su manejo es más complejo y los volúmenes de producción son similares a los de los sistemas convencionales de forraje.

##### **Selección de la Semilla**

Es recomendable utilizar semillas de alta calidad, con un origen confiable, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y con comprobada capacidad de germinación y rendimiento. No obstante, siempre que se mantenga un porcentaje adecuado de germinación, el productor puede decidir usar semillas de menor calidad para optimizar costos y eficiencia. Se deben priorizar las semillas de los cultivos de grano ya presentes en la región siempre que los costos lo permitan.

##### **Lavado de la semilla**

Para producir forraje verde hidropónico (FVH), es necesario lavar y desinfectar las semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (conocida como "solución de lejía") antes de sembrarlas. Esta solución se obtiene diluyendo 10 mililitros de hipoclorito de sodio en

un litro de agua. La desinfección con hipoclorito es efectiva para eliminar microorganismos patógenos que podrían afectar el cultivo de FVH. Dado que un tiempo de inmersión prolongado podría comprometer la viabilidad de las semillas y generar pérdidas de tiempo y dinero, se recomienda sumergir las semillas en la solución durante treinta segundos a tres minutos. Finalmente, es importante enjuagar las semillas con agua.

### **Remojo y germinación de las semillas**

Después de llevar a cabo la desinfección, las semillas se introducen en una bolsa de tela y se sumergen por completo en agua limpia, manteniéndolas en este estado durante un tiempo que no exceda las 24 horas. Este proceso de imbibición se divide en dos etapas de 12 horas cada una. Transcurridas las primeras 12 horas de inmersión, las semillas se retiran y se dejan orear (escurrir) durante 1 hora.

Después de sumergir las semillas durante 12 horas, realizamos el último proceso de oreado. Es crucial, durante esta fase previa a la germinación, colocar las semillas dentro de bolsas fabricadas con materiales como arpillera o plastillera y sumergirlas completamente en recipientes hechos de plástico. Evitamos el uso de recipientes metálicos, ya que podrían liberar sustancias tóxicas para las semillas en germinación. Además, es crucial asegurarse de que las semillas estén completamente cubiertas con agua, utilizando al menos 0,8 a 1 litro de agua por cada kilogramo de semillas.

### **Dosis de Siembra**

La cantidad recomendada de semillas para sembrar por metro cuadrado oscila entre 2,2 y 3,4 kilogramos. Es crucial que la capa de semillas en la bandeja no exceda los 1,5 centímetros de altura.

### **Siembra en las bandejas e inicio de los riegos**

Una vez completados los pasos anteriores, procedemos a la siembra final de las semillas en las bandejas de producción. Se distribuye una capa delgada de semillas pregerminadas, asegurándose de que no supere los 1,5 cm de altura. Luego humedecemos las semillas con papel (diarios o revistas). Finalmente, cubrimos todo con plástico negro, manteniendo las semillas semioscuras desde el momento de la siembra hasta el momento de la germinación o brotación.

Este proceso de imbibición proporciona a las semillas las condiciones óptimas de alta humedad y temperatura, favoreciendo una germinación completa y un crecimiento inicial óptimo. Cabe destacar que el FVH es una biomasa que será consumida en un corto plazo. Se retira el plástico negro y el papel una vez que las semillas han germinado completamente.

### **Riego de las bandejas**

Las bandejas de cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) deben regarse utilizando nebulizadores, microaspersores o una pulverizadora manual, como una "mochila". Durante los primeros cuatro días, se debe aplicar un máximo de 0,5 litros de agua por metro cuadrado al día. Posteriormente, la cantidad debe incrementarse gradualmente hasta alcanzar un promedio de entre 0,9 y 1,5 litros por metro cuadrado. La cantidad de agua requerida para el riego varía según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones ambientales del área de producción de FVH. Es esencial distribuir el volumen diario de agua en 6 a 9 riegos a lo largo del día, asegurando que cada riego no exceda los 2 minutos de duración.

Es importante dividir las cantidades de agua de riego en varias aplicaciones a lo largo del día. Se recomienda distribuir el volumen total diario en 6 a 9 aplicaciones, con una duración de no más de 2 minutos cada una (Juárez et al., 2013).

### **Riego con Solución Nutritiva**

Alrededor del cuarto o quinto día después de que surjan las primeras hojas del forraje verde hidropónico (FVH), se debe comenzar a regar con una solución nutritiva. Sin embargo, es importante tener en cuenta que en los últimos días de desarrollo (12 y 13), el riego solo debe llevarse a cabo con agua para eliminar cualquier resto de sales minerales que se encuentre en las hojas o raíces. Por ejemplo, Si se aplicaba 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado al día, durante los días 12 y 13 se deberían aplicar 2 litros de agua por metro cuadrado.

Después del cuarto día, López y Ruales (2007) sugieren regar las plantas con una solución nutritiva y aumentar la cantidad de agua utilizada. La cantidad diaria de nutrientes en sistemas automatizados puede aplicarse en intervalos de seis a nueve veces durante las horas de luz, utilizando aspersores de corto alcance.

### **Cosecha**

En resumen, la cosecha del FVH generalmente ocurre entre los días 12 y 14. Sin embargo, si necesitamos forraje, podemos cosechar anticipadamente a los 8 o 9 días. Es



fundamental tener en cuenta que la mayor riqueza nutricional se alcanza entre el séptimo y octavo día, por lo que es necesario equilibrar un mayor volumen y peso de la cosecha con la calidad. En ciclos más largos, la disminución de materia seca y calidad del FVH podría comprometer la eficiencia de la producción.

### 2.3. Costo de producción

Tarrillo (2007) sostiene que dos factores clave, el costo de la semilla por kilogramo y el rendimiento, influyen directamente en el costo de producción de cada kilogramo de forraje verde hidropónico de cebada. Se ha estimado un rendimiento de 1,6 kg y un costo de semilla de 0,8 céntimos por kilogramo para producir 480 kg de FVH al día.

El forraje verde hidropónico (FVH) tiene un costo de producción considerablemente más bajo que el forraje cultivado al aire libre. Aprovechando el uso del espacio por metro cuadrado, este sistema de cultivo puede implementarse de manera modular en estructuras verticales. Se ha calculado que 170 metros cuadrados de bandejas modulares de FVH de cuatro niveles pueden producir una producción equivalente a la convencional en cinco hectáreas de la misma especie de avena (Juárez et al., 2013).

Marín et al. (2016) afirman que existen diferencias notables entre el uso de semillas certificadas y semillas normales al hacer estimaciones previas de costos utilizando un período de cosecha de 15 días y tomando en cuenta costos como el costo de la semilla (el resto son costos fijos). La biomasa fresca cuesta 2,13 céntimos por kilogramo para semillas certificadas y 0,80 céntimos por kilogramo para semillas convencionales. Según estos estudios, en comparación con el uso de grano certificado, el uso de maíz autóctono puede reducir el costo por kilogramo de materia seca de FVH.

En un estudio realizado en el trópico peruano, Lazo (2023) indicó que el costo de producción de FVH por kilogramo varía según la edad de cosecha. Por ejemplo, a los 12 días de cosecha, el costo de FVH es de 1.79 soles/kg, a los 16 días es de 1.86 soles/kg, a los 20 días cuesta 2.59 soles/kg, a los 24 días cuesta 2.70 soles/kg y a los 24 días cuesta 3.73 soles/kg.

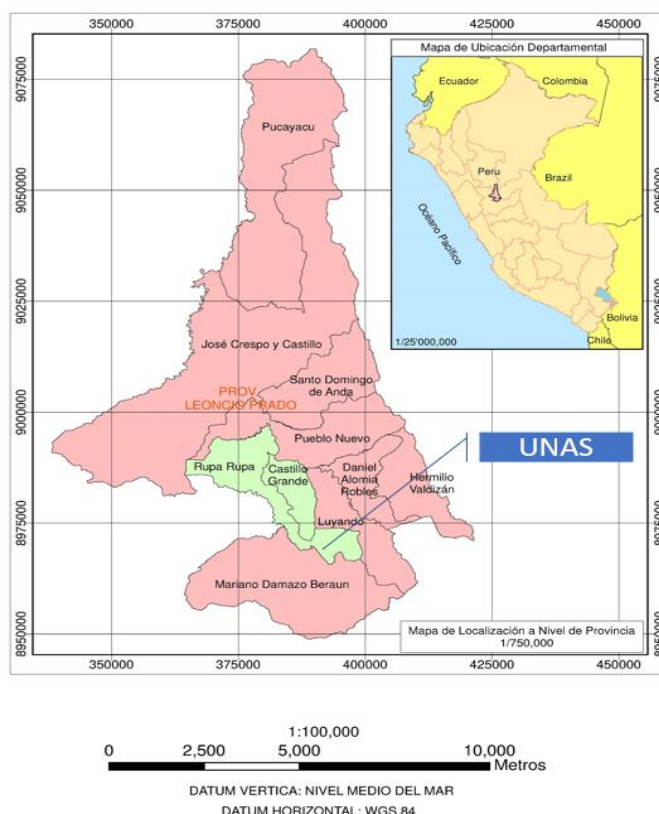
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar y fecha de ejecución

El estudio se realizó en los ambientes del Centro de Investigación Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia y en los Laboratorios de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, perteneciente al Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Situada a 660 metros sobre el nivel del mar, se encuentra a 09° 08' 17" de latitud sur y 75° 59' 52" de longitud oeste. Su temperatura media anual es de 24.5°C, con una precipitación media anual de 3 200 mm y una humedad relativa del 83.6% (Figura 1).

La zona de estudio se encuentra dentro de la zona ecológica según la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Holdrige: El bosque es muy húmedo y se conoce como Premontano tropical.

El trabajo experimental se realizó durante tres meses correspondiendo entre julio a septiembre del 2020.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del experimento. Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

#### 3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo desarrollado corresponde a una investigación del tipo experimental.

### 3.3. Instalaciones

El estudio se realizó en el tercer piso del Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El edificio tiene una altura de 4.5 metros, un ancho de 10.5 metros y una longitud de 16.5 metros. Cuenta con un piso de cemento, paredes cerradas con ventanas de vidrio no herméticas, y un techo de Aluzinc.

En el tercer piso se instaló un andamio de fierro con medidas de 2.00 metros de altura, 1.50 metros de largo y 1.10 metros de ancho. Tenía cuatro pisos con distancias de 40 centímetros entre sí y 40 bandejas germinadoras, cada una con medidas de 52 centímetros de largo, 28 centímetros de ancho y 3 centímetros de altura. La bandeja tenía un área total de 0.1456 metros cuadrados con capacidad para 1.5 kilogramos de semillas de maíz.

### 3.4. Insumo de estudio

El insumo en estudio fue el grano de maíz amarillo duro, la cual fue obtenida del Fundo Mendoza, en el Distrito de Puerto Inca, de la Provincia de Puerto Inca, la cantidad de 32 kilos de maíz. El cual se encuentra en la parte Este y Nor-Este de la Región de Huánuco; en la margen izquierda de la Cordillera “El Sira”. Geográficamente está ubicado a 09° 21’ 55” de latitud sur y 74° 58’ 30” de longitud oeste y una altitud de 330 m.s.n.m humedad relativa promedio de 83.9%, temperatura promedio de 32°C, precipitación pluvial media de 2500 mm.

### 3.5. Preparación del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*)

#### **a. Manejo de las semillas para el proceso de hidroponía**

Los 32 kilogramos de semilla de maíz se mezclaron con 20 litros de agua y hipoclorito (10 mililitros por cada litro de agua) durante tres minutos para eliminar hongos y bacterias. Luego se enjuagó dos veces con agua limpia para eliminar el hipoclorito. Las semillas que salieron a flote se retiraron (descarto).

#### **b. Pre – Germinado**

El maíz que no flotaba se remojava con agua limpia durante un día, cambiando el agua cada doce horas.

#### **c. Siembra y densidad**

Fueron distribuidos en una delgada capa de semillas pre-germinadas en cada bandeja previamente desinfectada y lavada con agua limpia. Fueron asignadas las semillas a densidades de 4.5kg/m<sup>2</sup>, 5kg/m<sup>2</sup>, 5.5kg/m<sup>2</sup>, 6kg/m<sup>2</sup> y 6.5kg/m<sup>2</sup> correspondientes a las densidades

evaluadas. Se consideró que las semillas queden recostadas, pero nunca una encima de otra ya que se pudiesen pudrir las semillas de abajo.

**d. Germinación (fase oscura)**

Durante tres días permanecieron en la oscuridad, cubiertas con papel periódico, pero con algunos agujeros para respirar. Las semillas solo se regaron con agua cinco veces al día.

**e. Crecimiento y desarrollo**

Después de tres días en oscuridad, las bandejas se colocaron al aire libre sin luz solar directa. El forraje verde hidropónico se regó cinco veces al día con una solución nutritiva utilizando una mochila fumigadora. La fumigación continuó hasta los diez días, deteniéndose dos días antes de la cosecha para eliminar los nutrientes excesivos y regándose únicamente con agua.

**f. Cosecha**

Siguiendo las recomendaciones de estudios previos de diversos autores, la cosecha se llevó a cabo a los 12 días de edad del cultivo. Esto se hizo para prevenir la proliferación de hongos en las raíces del forraje verde hidropónico. En ese momento, se retiraron las bandejas para proceder con las evaluaciones.

3.6. Variable independiente

Diferentes densidades de siembra del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*).

3.7. Tratamientos

T1: 0.655kg de maíz por bandeja que representa a 4.5kg/m<sup>2</sup>.

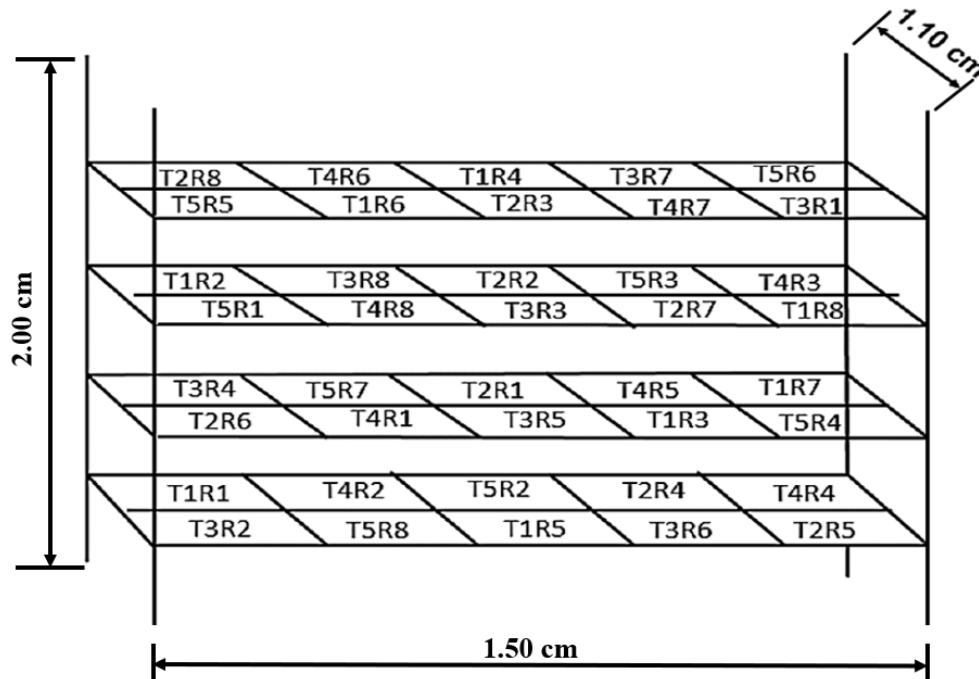
T2: 0.728kg de maíz por bandeja que representa a 5kg/m<sup>2</sup>.

T3: 0.800kg de maíz por bandeja que representa a 5.5kg/m<sup>2</sup>.

T4: 0.873kg de maíz por bandeja que representa a 6kg/m<sup>2</sup>.

T5: 0.946kg de maíz por bandeja que representa a 6.5kg/m<sup>2</sup>.

### 3.8. Distribución de tratamientos



**Figura 2.** Repisas de las bandejas y su distribución por tratamientos

Los tratamientos (densidades de siembra) fueron distribuidas según de detalla en la Figura 2.

### 3.9. Variables dependientes

- Altura y producción de forraje verde por metro cuadrado.
- Producción de Materia Seca por metro cuadrado.
- Valor nutricional: Proteína cruda, fibra cruda, grasa, ceniza, energía.
- Fibra de detergente acida
- Fibra de detergente neutra
- Variables económicas: Costo de producción.

### 3.10. Análisis estadístico

Los tratamientos fueron distribuidos a través de un diseño bloque completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos, 4 bloques (pisos), 2 repeticiones por bloque haciendo 8 repeticiones por cada tratamiento.

El modelo aditivo lineal utilizado fue:

$$Y_{ij} = u + B_i + T_j + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = producción del FVH del maíz en la J-ésima piso bajo la i-ésima densidad.

$U$  = Media poblacional.

$T_i$  = Efecto de la i-ésima densidad ( $i = 1, 2, 3, 4$  y  $5$ ).

$B_j$  = Efecto de la J-ésimo piso o bloque ( $i = 1, 2, 3$  y  $4$ )

$E_{ijk}$  = Error experimental del J-ésimo piso en el i-ésima densidad de siembra.

Se realizó prueba de media con el estimador DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) para determinar diferencias significativas entre las distintas densidades de siembra evaluadas (tratamientos). Este comparador de medias aplica un agrupamiento mediante la técnica multivariada, evitando que un tratamiento pertenezca a dos grupos simultáneamente. Para corregir el peso de las semillas como factor de influencia sobre la producción de materia verde, se restó el peso de la semilla de la producción total de materia verde.

El software empleado fue el Infostat Versión 2020 (Di Rienzo et ál. 2020).

### 3.11. Datos para registrar

#### 3.11.1. Altura de la planta

Se tomo de cada tratamiento y repetición la medida de dos de las plantas de mayor tamaño seguido por las dos medidas de las plantas medianas y ultima una sola medida de la más pequeña, se sumó la totalidad de las medidas y se sacó un promedio.

#### 3.11.2. Producción de forraje verde

Se pesó todo el material vegetal presente en cada bandeja de área conocida, considerando las distintas densidades evaluadas (tratamientos), para determinar la producción de biomasa vegetal. Posteriormente, se calculó la producción de forraje por  $m^2$ .



### 3.11.3. Producción de materia seca

Cada muestra (bandeja), se pesó una submuestra de forraje verde de aproximadamente 100 g, que fueron colocadas en bolsas de papel, previamente pesadas y registradas (repetición y tratamiento) para después colocarlas en una estufa a temperatura de 70 °C mínimo a 72 horas o hasta conseguir peso constante.

El porcentaje de la materia seca (%MS) se determinó aplicando la fórmula:

$$\%MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde:

%MS = Porcentaje de materia seca.

PF = Peso de la submuestra en forraje verde.

PS = Peso submuestra seca.

Con el valor del porcentaje de la materia seca la determinación de la producción de materia seca por metro cuadrado resultó de multiplicar la producción de forraje verde por metro cuadrado con el porcentaje de materia seca hallada.

### 3.11.4. Determinación del contenido nutricional

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de nutrición animal y espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para determinar el contenido nutricional de FVH a los 12 días de edad. Allí, los análisis fueron realizados.

#### **a. Composición química nutricional**

Análisis químico fueron determinados en el laboratorio de nutrición animal y espectrofotometría-Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) las siguientes fracciones: contenido de materia seca (MS) (AOAC, 2006, método 930,15), Ceniza (Cz) (AOAC, 2006, método, 942,05), proteína cruda (PC) a través del método de semi microKjeldahl (AOAC, 2006, método, 920,87).

### 3.11.5. Energía

La energía bruta se calculó utilizando una bomba adiabática calorimétrica en el laboratorio de Nutrición Animal y Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Parr Instrument Company 6300, Illinois, EE.UU) empleando el método ASTM-D-2015-66(ASTM 1974).

#### 3.11.6. Extracto etéreo

Se determinó mediante el método soxhlet en el laboratorio de Nutrición Animal y de Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

#### 3.11.7. Fibra de detergente acida y fibra detergente neutra.

Los componentes celulares fueron enviados al laboratorio de nutrición animal y espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para analizar su contenido, el contenido de FDA y FDN de acuerdo con el método de Mertens (2002) y Van Soest y Technology Corporation, Fairport, N.Y.) a partir de muestras digeridas en solución de detergente en bolsas de filtro (F57- Ankom®) durante 40 min en una autoclave a 110°C y 0.5 atm (Senger et al. 2008).

#### 3.11.8. Fibra cruda

Debido a que la fibra cruda está compuesta por glúcidos estructurales vegetales (celulosa y hemicelulosa), así como una pequeña cantidad de lignina, se utilizó una muestra previamente desengrasada para determinar la fibra cruda. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal y Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando el método de digestión acida y alcalina.

#### 3.11.9. Costos de producción

Para determinar los costos en la producción del FVH del (*Zea mays*) se tomaron en cuenta todos los gastos registrados desde el inicio hasta el final de la evaluación para luego determinar el costo por kilogramo de FVH. Para el cálculo de los costos se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = CF + CV$$

Donde: CT= Costo total; CF= Costo fijo; CV=Costo variable

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros productivos del forraje verde hidropónico (FVH) en altura, producción en forraje verde y materia seca en las distintas densidades

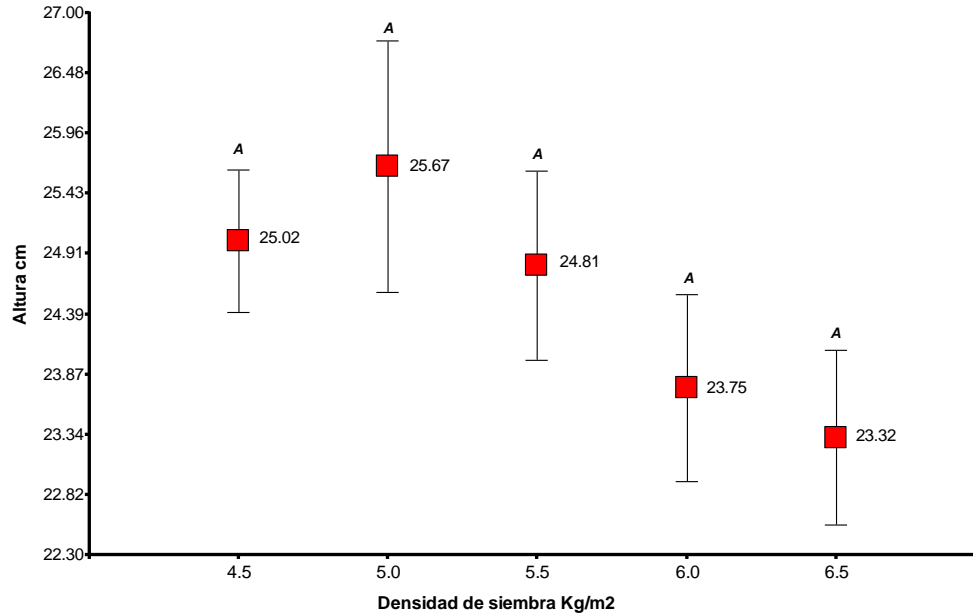
#### 4.1.1. Altura (cm)

Los resultados de la evaluación de la altura de las plantas del FVH fueron evaluados a los 12 días de crecimiento. La Tabla 1, describe las alturas medias logradas por densidad evaluada, del cual se determina que no existen diferencias estadísticas ( $p$ -valor  $>0.05$ ) entre las densidades evaluadas con respecto a la altura. En otras palabras, la densidad de siembra no influye a la altura de las plantas de maíz a los 12 días de crecimiento; situación contraria a lo encontrado por López (2010) donde reporta mayor altura a mayor densidad de siembra; caso muy distinto lo encontrado por Lazo (2023) donde indica que la altura obtenida a los 12 días de edad fue de 12.17cm el cual es mucho menor a los resultados encontrados en nuestro trabajo, así mismo siguiendo las recomendaciones de Moyano y Sánchez (2012) de no excederse de 12 días para la cosecha de los FVH. A esa edad, es posible, según Juárez et al. (2013) producir un alimento succulento entre 20 a 30 cm de altura, por lo que lo obtenido de altura, están dentro de lo reportado en otros trabajos.

**Tabla 1.** Alturas medias (cm) de plantas de maíz a 12 días de crecimiento bajo distintas densidades (media  $\pm$  error estándar)

Tratamientos	densidad de siembra (Kg/m <sup>2</sup> )C	Altura de planta (cm)
T1	4.5	25.02 $\pm$ 0.62
T2	5.0	25.67 $\pm$ 1.09
T3	5.5	24.81 $\pm$ 0.82
T4	6.0	23.75 $\pm$ 0.81
T5	6.5	23.32 $\pm$ 0.76
	p-valor	0.1619

La Figura 3, describe el comportamiento de las distintas alturas logradas por densidad evaluada, aunque tiene una tendencia de a mayor densidad menor altura, no son suficiente para demostrar significancia.



**Figura 3.** Altura media de las plantas de maíz a distintas densidades de siembra

#### 4.1.2. Producción de forraje en materia verde (kg/m<sup>2</sup>)

A los 12 días de crecimiento se procedió a la evaluación de toda la producción de forraje verde. Los resultados se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Producción de forraje verde (kg/m<sup>2</sup>) por densidad evaluada (media  $\pm$  error estándar)

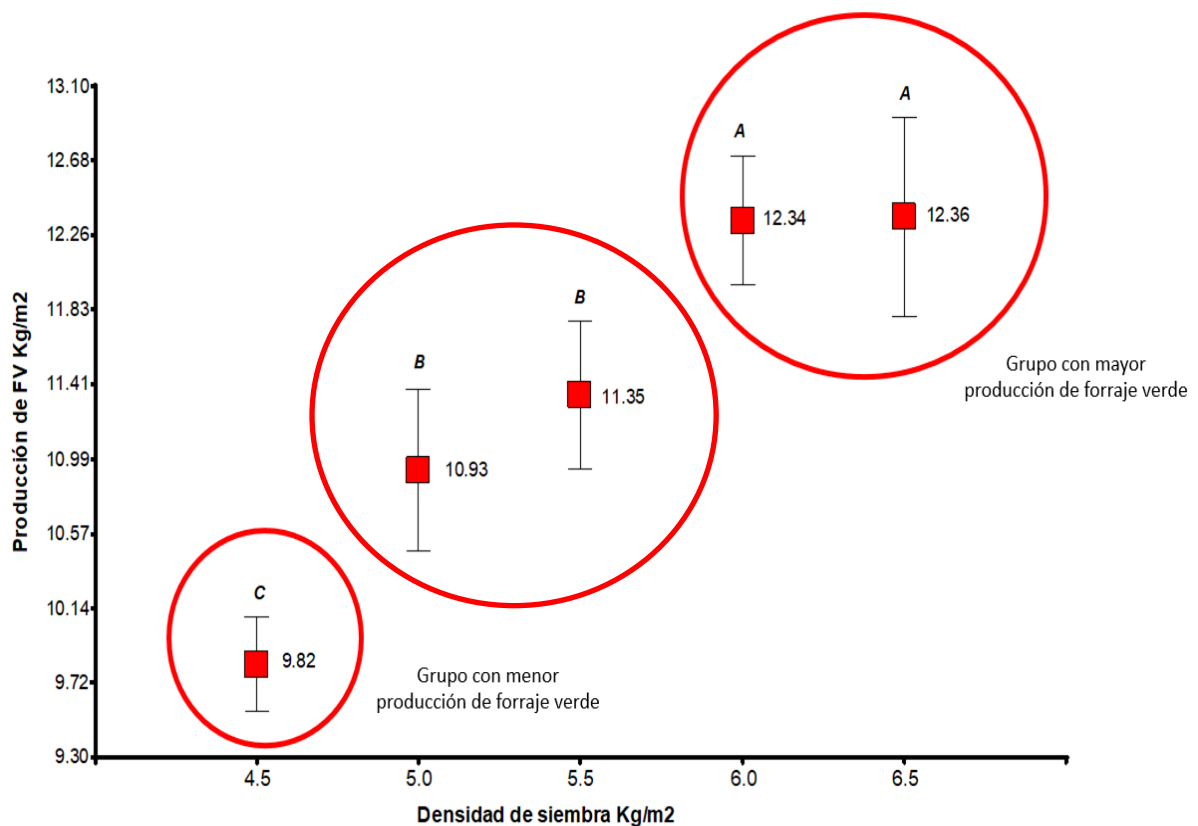
Tratamientos	densidad de siembra (Kg/m <sup>2</sup> )	Peso bruto de FVH (kg/m <sup>2</sup> )	Producción de forraje verde corregido (kg/m <sup>2</sup> )
T1	4.5	14.32	9.82 $\pm$ 0.26 C
T2	5.0	15.93	10.93 $\pm$ 0.46 B
T3	5.5	16.85	11.35 $\pm$ 0.42 B
T4	6.0	18.34	12.34 $\pm$ 0.36 A
T5	6.5	18.86	12.36 $\pm$ 0.56 A
p-valor		<0.0001	<0.0001

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas, de acuerdo con la prueba de medias DGC, con un nivel de significancia del 5%.

A la producción de forraje verde hidropónico (FVH) se procedió a restar el peso de la semilla que correspondía a las densidades evaluadas, para reducir el efecto del peso de la semilla (granos de maíz) sobre la producción de forraje verde.

De acuerdo con la Tabla 2, se describe una clara evidencia estadística ( $p$ -valor $<0.05$ ) para afirmar que la producción de FVH está condicionada a la densidad empleada. Se forman tres grupos de acuerdo con su producción, el grupo con mayor producción se encuentra entre 12,34 y 12.36kg/m<sup>2</sup> corresponde a las dos mayores densidades de siembra (6.0 y 6.5 kg/m<sup>2</sup>), y el grupo intermedio con una producción de 10.93 y 11.35kg/m<sup>2</sup> que lo conforma las densidades de (5.0 y 5.5kg/m<sup>2</sup>), mientras que el grupo con menor producción corresponde a solo la menor densidad de siembra (4.5 kg/m<sup>2</sup>), valores inferiores a lo reportado por Quispe (2017), el cual obtuvo una producción de FVH de 9.558 a 17.538kg/m<sup>2</sup>, similar a lo mencionado por TITO(2016) que reporta valores aun mayor que los encontrados por nuestro trabajo, además el cual menciona que esta producción de FVH se debe al mayor uso de solución nutritiva.

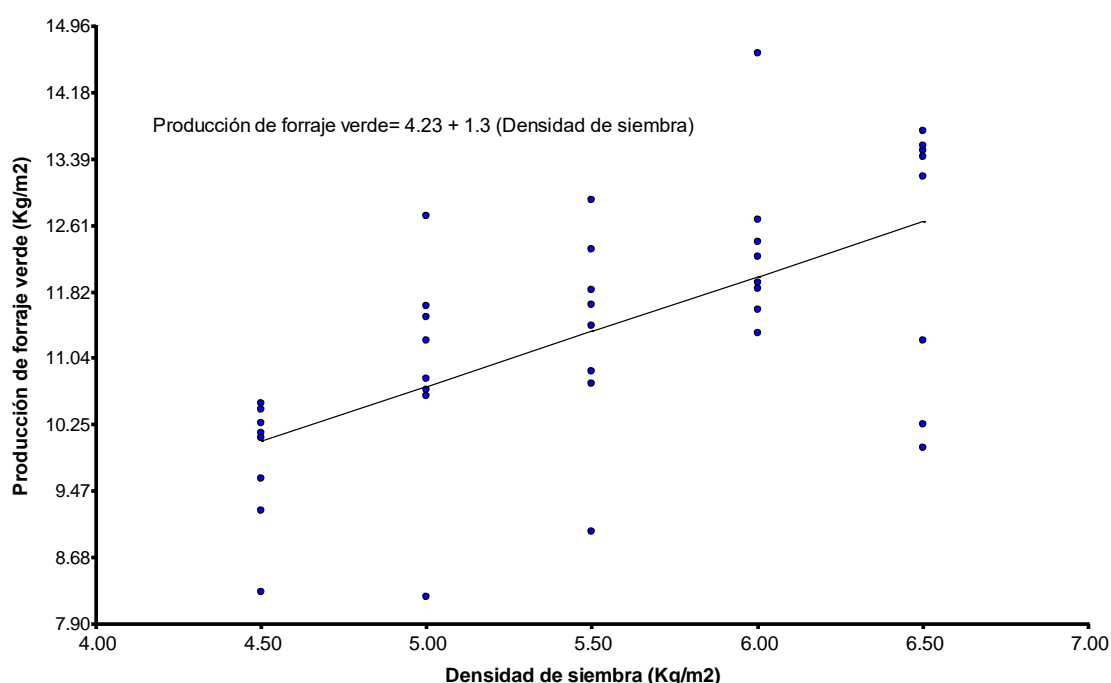
La Figura 4 describe dicho comportamiento de los grupos de acuerdo a su producción, diferenciados entre sí.



**Figura 4.** Producción de forraje verde por densidad de siembra

Se realizó los contrastes ortogonales para estimar la tendencia sea lineal o cuadrática de la producción de forraje verde y mediante el cual se pudo determinar que la tendencia es lineal debido a su valor encontrado ( $p$ -valor=0.0001), con respecto a la tendencia cuadrática con un ( $p$ -valor 0.3222) y por tanto se rechaza la tendencia cuadrática.

De acuerdo con los resultados de contrastes ortogonales se realizó un análisis de regresión lineal para determinar predecir la producción de forraje verde con una regresor como la densidad de siembra a través de una ecuación lineal. La Figura 5, describe la ecuación predictor en función de la densidad de siembra enmarcada en el rango de 4.5 hasta 6.5  $\text{kg/m}^2$ , el cual presenta un  $R^2$  de 0.67% de ajuste de los datos a esta tendencia.



**Figura 5.** Regresión lineal para la producción de forraje verde con la densidad de siembra como regresora.

Los trabajos de investigación sobre producción de FVH tienen además en cuenta la producción con base a un kilo de semilla sembrada, que se describe en la Tabla 4. Como puede verse, los resultados son significativos, es decir, la densidad influye en la producción de FVH, pero resulta a la inversa de lo demostrado en la Tabla 3. La mayor densidad de siembra (6.5 kilos/ $\text{m}^2$ ) tiene la menor producción de FVH, a razón por kilo de semilla sembrada, resultando una producción de 1.90 kilos de FVH por kilo de semilla; mientras que las menores densidades logran una mayor producción, resultando estadísticamente similares. Se muestra en la siguiente página.

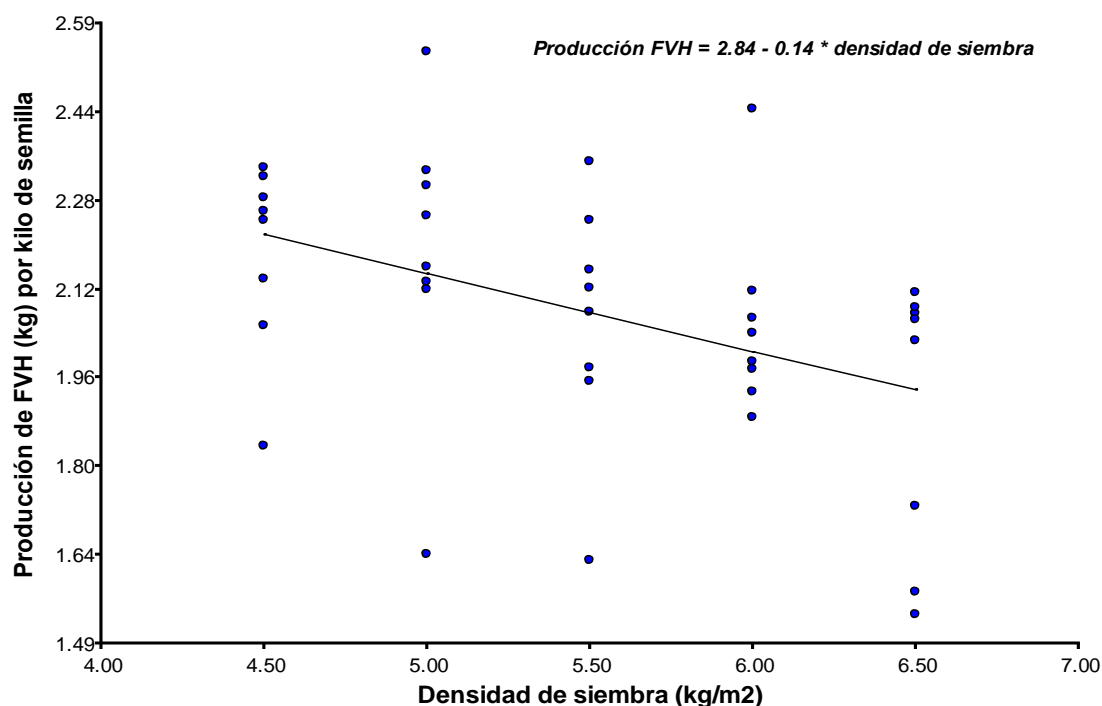
**Tabla 3.** Producción de forraje verde ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) y por kilo de semilla sembrada (media  $\pm$  error estándar).

Tratamientos	densidad de siembra ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )	Producción de forraje verde corregido ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )	Producción de FVH por kilo de semilla
T1	4.5	9.82 $\pm$ 0.26 C	2.18 $\pm$ 0.06 A
T2	5	10.93 $\pm$ 0.46 B	2.19 $\pm$ 0.09 A
T3	5.5	11.35 $\pm$ 0.42 B	2.06 $\pm$ 0.08 A
T4	6	12.34 $\pm$ 0.36 A	2.06 $\pm$ 0.06 A
T5	6.5	12.36 $\pm$ 0.56 A	1.90 $\pm$ 0.09 B
p-valor		<0.0001	0.0087

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

Los resultados son inferiores a lo reportado por Herrera y Núñez (2007) que logra obtener de 2.27 kg de FVH sin solución nutritiva y 2.39 kg de FVH con solución nutritiva por kilo de semilla. Por lo tanto, la densidad influye en la producción de FVH, coincidiendo con Hernández (2013) quien indica a ver obtenido un rendimiento de 5,71 kg de GH por cada kg de semilla utilizada trabajada bajo una densidad de 2kg de semilla por metro cuadrado. Los trabajos reportados para otras semillas obtienen menores rendimientos por kilo de semilla sembrada, tal como lo reporta Sinchiguano (2008), por ejemplo, para avena y cebada, un rendimiento de 1.7 kg de FVH; mientras que, para trigo, reporta 1.2 kg de FVH.

Se comprueba que a mayor densidad de siembra ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) se reduce la eficiencia productiva de FVH, debido a la competencia de nutrientes, espacio y luz (FAO, 2001; Elizondo y Boschini, 2002). La tendencia es descendente, por lo que se realizó una regresión lineal para la densidad como regresora y la producción de FVH por kilo de semilla. No se logra identificar una tendencia cuadrática, tal como se muestra en la Figura 6. Esta regresión demuestra que la eficiencia productiva de FVH tiende a disminuir conforme se incrementa la densidad de siembra, evaluada desde 4.5 a 6.5  $\text{kg}/\text{m}^2$ .



**Figura 6.** Regresión lineal para la producción de FVH por kilo de semilla, con la densidad de siembra como regresora.

#### 4.1.3. Producción de forraje en materia seca (kg/m<sup>2</sup>)

La Tabla 4 y la Figura 7 describen los resultados de la producción de forraje corregido en materia seca, del cual también se muestran los resultados.

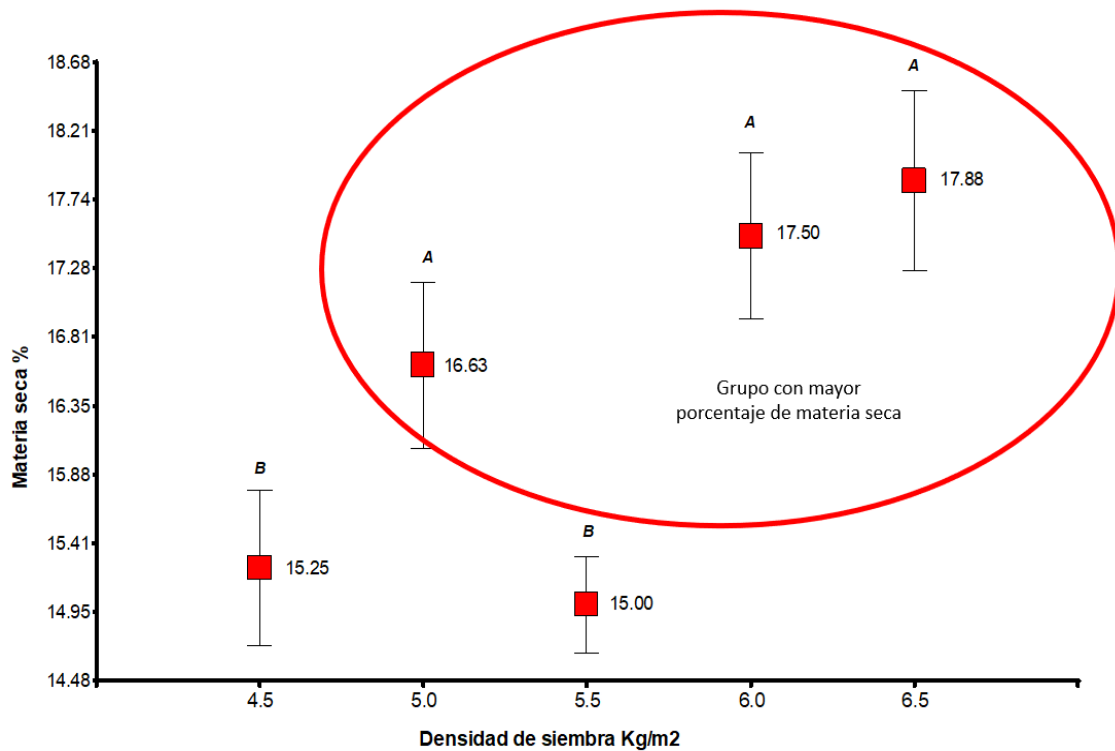
**Tabla 4.** Producción de forraje en materia seca corregido (kg/m<sup>2</sup>) y materia seca (%) por densidad evaluada (media  $\pm$  error estándar).

Tratamientos	Densidad de siembra (kg/m <sup>2</sup> )	Materia seca (%)	Producción de Materia Seca (kg/m <sup>2</sup> )
T1	4.5	15.25 $\pm$ 0.53 B	1.49 $\pm$ 0.05 C
T2	5	16.63 $\pm$ 0.33 A	1.81 $\pm$ 0.08 B
T3	5.5	15.00 $\pm$ 0.56 B	1.70 $\pm$ 0.06 B
T4	6	17.50 $\pm$ 0.57 A	2.16 $\pm$ 0.10 A
T5	6.5	17.88 $\pm$ 0.61 A	2.20 $\pm$ 0.09 A
<b>p-valor</b>		<0.0003	<0.0001

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

Tal como se describe en la Tabla 4, con respecto al porcentaje de la materia seca entre las densidades evaluadas existe diferencias significativas (p-valor 0.003) entre las densidades. Dicho comportamiento se observa mejor en la figura 7.





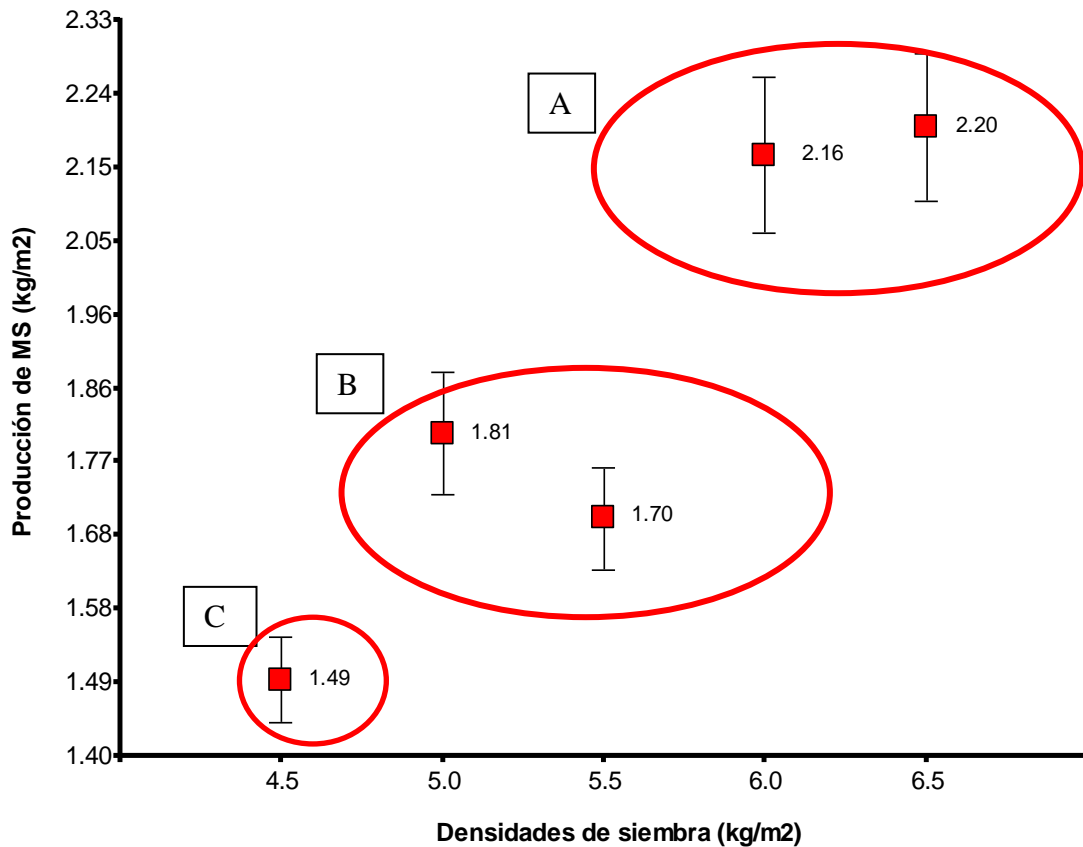
**Figura 7.** Porcentaje de materia seca entre las densidades evaluadas

Estas densidades muestran dos grupos estadísticamente diferenciados, el primer grupo con mayor porcentaje de materia seca que van desde 16.63 a 17.88 % conformada por las densidades de 5,6 y 6.5 kg/m<sup>2</sup>; mientras que el grupo con menor porcentaje de materia seca (15 y 15.25%) están conformadas por las densidades de 4.5 y 5.5 kg/m<sup>2</sup>.

Los resultados de porcentaje de materia seca en las densidades evaluadas coinciden con los reportados por otros autores, en el caso de Salas-Pérez et al. (2010) los rangos de materia seca reportan desde 15 hasta 18%. Caso muy distinto a lo reportado por Lazo (2023) el cual obtuvo valores de 26.84% a 30.47% de materia seca, el mismo que menciona que el porcentaje de materia seca está ligada a edad de cosecha del FVH, similar a otros autores que mencionan que los factores determinantes de esta variabilidad se incluyen la edad de cosecha (Chavarría y socorro, 2018), la oferta de luz temperatura y humedad (Cuesta y Machado, 2009) y la estacionalidad (FAO 2001). Sin embargo, los porcentajes de materia seca del FVH, estuvieron influenciados por la densidad de siembra.

Con respecto a la producción de FVH en materia seca se registran diferencias significativas (Tabla 5) entre las densidades de siembra (p-valor<0.0001). Resultando con menor producción en materia seca por metro cuadrado la menor densidad utilizada (4.5 kg/m<sup>2</sup>) con 1.49 kg de MS/m<sup>2</sup>. Las mayores densidades de siembra (6.5 y 6.0 kg/m<sup>2</sup>) logran las mayores

producciones (2.20 y 2.16 kg MS/m<sup>2</sup>) estadísticamente similares. Asimismo, las densidades de 5.0 y 5.5 kg/m<sup>2</sup> logran producciones estadísticamente similares. Los datos obtenidos son ligeramente inferiores a lo mencionado por (Quispe, 2017), el cual reporta valores de 1.563 a 3.057kg/m<sup>2</sup> de materia seca. La Figura 8 describe mejor comportamiento de materia seca obtenida en el trabajo.



**Figura 8.** Producción de forraje en materia seca (Kg/m<sup>2</sup>) bajo distintas densidades de siembra.

Por lo tanto, el experimento hace de evidencia que la producción de forraje hidropónico tanto en condición verde y en materia seca, está influenciada por la densidad de siembra utilizada. Por lo que se determinó que los mayores parámetros de producción de MS se registran en condiciones de una mayor densidad de siembra (entre 6.0 y 6.5 kg semilla /m<sup>2</sup>). Se observa una tendencia creciente de la producción de MS conforme se incrementa la densidad de siembra.

#### 4.2. Valor nutricional del FVH de maíz en las distintas densidades

La Tabla 5 describe el valor nutricional en cuanto al contenido de proteína cruda (%), energía bruta (kcal), ceniza (%) y grasa (%) del forraje verde hidropónico en las cinco densidades evaluadas (tratamientos).

**Tabla 5.** Composición química y energía bruta del FVH en distintas densidades de siembra (media  $\pm$  error estándar).

<b>Tratamiento</b>	<b>Proteína bruta (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Ceniza (%)</b>	<b>Fibra cruda (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>Energía bruta (Kcal/kg)</b>
T1	15.98 $\pm$ 0.69	3.34 $\pm$ 0.19	3.1 $\pm$ 0.13	10.19 $\pm$ 0.55	30.37 $\pm$ 0.81	12.23 $\pm$ 0.58	4.15 $\pm$ 0.02
T2	16.53 $\pm$ 0.41	3.08 $\pm$ 0.18	3.07 $\pm$ 0.12	10.1 $\pm$ 0.36	30.08 $\pm$ 0.72	12.35 $\pm$ 0.39	4.15 $\pm$ 0.02
T3	16.72 $\pm$ 0.32	3.08 $\pm$ 0.18	3.21 $\pm$ 0.11	10.58 $\pm$ 0.10	30.83 $\pm$ 0.29	12.68 $\pm$ 0.27	4.16 $\pm$ 0.02
T4	16.19 $\pm$ 0.46	2.95 $\pm$ 0.07	2.88 $\pm$ 0.14	10.00 $\pm$ 0.32	29.10 $\pm$ 0.79	11.96 $\pm$ 0.41	4.15 $\pm$ 0.02
T5	15.96 $\pm$ 0.34	3.03 $\pm$ 0.16	2.91 $\pm$ 0.14	10.30 $\pm$ 0.53	31.08 $\pm$ 0.90	12.36 $\pm$ 0.42	4.15 $\pm$ 0.01
<b>p-valor</b>	0.5945	0.1165	0.4294	0.6207	0.0549	0.6382	0.616

T1:4.5kg/m<sup>2</sup> T2:5kg/m<sup>2</sup> T3:5.5kg/m<sup>2</sup> T4:6kg/m<sup>2</sup> T5:6.5kg/m<sup>2</sup>.

La calidad del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz, concerniente al contenido de proteína, no se ve alterada por la densidad de siembra ( $p$ -valor $>0.05$ ), es decir el contenido de proteína cruda (%) del FVH de maíz a los 12 días de establecido, independientemente de la densidad de siembra, contiene entre 15.96% a 16.72% de proteína cruda. Los valores encontrados para la proteína coinciden con lo reportado por Chavarría y Socorro (2018), que reportan contenidos de 16% de proteína; del mismo modo Mora (2009) reporta un contenido de proteína de 16.53%; similar a lo mencionado por Lazo (2023) que muestra un valor proteico de 14.23% a los 12 días de edad, pero además menciona que el comportamiento de la proteína está relacionada directamente con la edad de la planta demostrando así a ver encontrado un nivel proteico de 18.60% a los 28 días de edad. sin embargo, también se reportan menores valores de contenido proteico (Salas-Pérez et al., 2010) que van desde 10 hasta 13%. De todos modos, el contenido proteico del FVH es alto comparado con la proteína del grano, por lo que este alimento tiene un alto valor nutritivo (Rojas, 2009).

La Tabla 6 además nos muestra los valores encontrados de grasa (%) del FVH de maíz a 12 días de establecido. Como puede verse, la densidad de establecimiento no influyó ( $p$ -valor  $>0.05$ ) con el contenido de grasa del FVH. Las cantidades de grasa (%) coinciden con lo reportado por Salas-Pérez et al. (2010) que presenta valores de 2.09 % a 2.81%, aunque Mora (2009) reporta valores mayores hasta 3.70 %, similar a Herrera y Núñez (2007) que reporta un 5% de grasa en FVH regados con solución nutritiva química y orgánica demostrando así también que no existe ninguna influencia alguna por parte de las soluciones nutritivas sobre el comportamiento de la grasa. Reforzando lo afirmado por la FAO (2001) el cual menciona que la grasa está influenciada por la edad de cosecha.

En la Tabla 6 nos muestra los valores encontrados para ceniza del FVH a los 12 días de establecido. Como se puede observar la densidad de establecimiento no influyó ( $p$ -valor $>0.05$ ) en el comportamiento de ceniza. El contenido de ceniza es mayor a lo reportado por Hernández (2013), que muestra un valor de 1.02%, mientras que nuestros resultados fueron de 2.88% a 3.21%, coincidiendo con los resultados obtenidos por Chavarri y Socorro (2018) que reportan un 3% de ceniza. Sin embargo, es menor a lo reportado por Mora (2009) que llega a un 6.4%, mucho mayor a lo reportado por FAO (2001), el cual menciona que el comportamiento de ceniza se ve influenciada por la edad de cosecha.

Como se puede observar la Tabla 6 describe además las características de la calidad de fibra cruda del FVH de maíz a los 12 días de establecido no se ve afectada en su contenido por la densidad de siembra ( $p$ -valor $>0.05$ ), por lo que el FVH establecidas a distintas densidades presentan un similar contenido de fibra.

Los valores encontrados de fibra cruda son similares a lo reportado por Hernández (2007), para FC 7.95% a la edad de 15 días de establecido con una densidad de 2kg/m<sup>2</sup>. Sin embargo, hay reportes mucho mayores como lo encontrado por Chavarría y Socorro (2018), que menciona a ver encortado un valor de 12.9% de fibra cruda, similar a lo reportado por Herrera y Núñez (2007), este comportamiento se ve influenciado por la edad de cosecha según la (FAO 2001).

La Tabla 6 describe las características de la calidad de fibra del FVH de maíz a los 12 días de establecido. Como puede verse la fibra detergente ácida (FDA) y la fibra detergente neutra (FDN) no se ven afectada en su contenido por la densidad de siembra (p-valor>0.05), por lo que el FVH establecidas a distintas densidades presentan un similar contenido pared celular.

Los valores reportados de FDN son menores (menor parte celular) a los reportados por Mora (2019) y Salas-Pérez et al. (2010) que llegan a un 43.16%. Esta diferencia se debe a la edad de cosecha, mientras más tiempo transcurre mayor será la los contenidos de FDN según (FAO 2001). El mismo panorama es para la FDA, que son reportados con valores de 21.1% (Mora, 2009); sin embargo, Salas-Pérez et al. (2010), reportan valores similares a los hallados en el trabajo.

La energía bruta como se puede observar en la Tabla 6, no se observa diferencia estadística (p-valor>0.05, por tanto, podemos afirmar que el contenido de energía de FVH a los 12 días de establecido no se ve influenciada por la densidad de siembra, el valor energético se contiene entre 4.15 a 4.16kcal/kg. Los valores encontrados para energía bruta coinciden con lo reportado por (Tarazona, 2006), el cual además afirma que el momento óptimo para la cosecha se encuentra entre el día 12 a 16 de edad porque contienen la mayor cantidad de nutrientes y energía, caso distinto a lo mencionado por (Lazo, 2023), quien reporta valores de 4311.21kcal/kg para Energía bruta de FVH a los 12 días de edad.

#### 4.3. Costo de producción del FVH de maíz (*zea mays*) en distintas densidades.

El costo total de producción del FVH de maíz en cinco densidades se muestra en la Tabla 6. Como puede apreciarse, el costo fijo es de S/. 12.86 para cada densidad evaluada, resultando el costo variable de acuerdo con la cantidad de semillas de maíz (kg) utilizados por metro cuadrado.

**Tabla 6.** Costo de producción del FVH de maíz en cinco densidades de siembra en soles.

TRATAMIENTO	CF	CV	CT	Px bruta de FVH	Costo x kg de FVH	
T1	S/ 12.86	S/ 6.75	S/ 19.61	14.32	S/ 1.37	A
T2	S/ 12.86	S/ 7.50	S/ 20.36	15.93	S/ 1.28	B
T3	S/ 12.86	S/ 8.25	S/ 21.11	16.85	S/ 1.25	B
T4	S/ 12.86	S/ 9.00	S/ 21.86	18.34	S/ 1.19	C
T5	S/ 12.86	S/ 9.75	S/ 22.61	18.86	S/ 1.20	C

T1:4.5kg/m<sup>2</sup> T2:5kg/m<sup>2</sup> T3:5.5kg/m<sup>2</sup> T4:6kg/m<sup>2</sup> T5:6.5kg/m<sup>2</sup>

CF = Costo fijo

CV = Costo variable

CT = Costo total

Px bruta de FVH = Producción bruta de forraje verde hidropónico

Costo x kg de FVH = Costo de producción por kilogramo de forraje verde hidropónico

De acuerdo con el costo total de producción del FVH de maíz determinado en la Tabla 6, se calculó el costo por kilo de FVH de maíz en las cinco densidades de siembra evaluados, con base a la producción de FVH en kilos por metro cuadrado. Los resultados muestran que tiene un menor costo de producción aquellas evaluaciones con mayor densidad de siembra empleadas (6 y 6.5 kilos /m<sup>2</sup>), mientras que la menor densidad de siembra (4.5 kg/m<sup>2</sup>) presenta el mayor costo por kilo de FVH de maíz. Estos resultados son inferiores a lo reportado por (Lazo, 2023), quien señala que los costos se incrementan por el costo de los materiales como el andamio y las bandejas. Estos resultados también coinciden con lo reportado por Tarrillo (2005), quien señala, además, que los costos están sujetos al costo de la semilla y al rendimiento, sin embargo, reporta un costo de S/. 0.8 soles por kilo de FVH utilizando avena. Asimismo, se debe tener en cuenta no solo la cantidad producida, si no también, la calidad del FVH, tal como lo afirma Sánchez (2000), que es una biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, pues ahí se justifican los costos de producción. Cabe mencionar que el costo de producción que se obtuvo en el trabajo es mayor por motivo de que se realizó un análisis económico a pequeña escala y de carácter investigativo.

## V. CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis planteada en la presente investigación, demostrando que a mayor densidad de siembra se incrementa la producción de forraje verde hidropónico, tanto en materia verde como en materia seca por metro cuadrado, caso opuesto donde la altura no se ve afectada por la densidad de siembra en el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz a los 12 días de establecido, logrando registrar entre 23.32 a 25.67 cm de altura.

Cuando se hace el análisis de rendimiento por kilo de semilla, la mayor producción de forraje verde hidropónico (FVH) se logra a menores densidades de siembra (4.5.0 a 6.0 kg/m<sup>2</sup>) registrándose entre 2.06 a 2.18 kg de FVH por kilo de semilla utilizada. La densidad de 6.5 kg/m<sup>2</sup> (mayor densidad de siembra) logra registrar la menor producción de FVH de maíz por kilo de semilla (1.90 kg de FVH por kilo de semilla).

El porcentaje de materia seca del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz a 12 días de establecido, está influenciada por la densidad de siembra, registrándose entre 16.63 a 17.88% de materia seca en las densidades de 5, 6 y 6.5 kg de semilla/m<sup>2</sup> de siembra. La menor densidad de siembra registra el menor porcentaje de materia seca (15.25%), Caso contrario a la calidad nutricional no es afectada por la densidad de siembra, logrando determinarse: un contenido de proteína cruda en un intervalo entre 15.86 a 16.68%; la energía bruta entre 4.14 y 4.17 kcal/kg MS, y la FDN entre 29.60 y 30.99 %, expresadas en un intervalo del 95% de confianza.

Se demuestra que en un corto periodo de tiempo (12 días) se puede lograr una producción de FVH entre 18.34 a 18.86 kg/m<sup>2</sup>, con un costo de producción de S/. 1.20 por kg de FVH. Mientras que a una menor densidad de siembra (4.5 kg/m<sup>2</sup>) logra un costo de S/. 1.37 soles por kilo, demostrándose que el costo se reduce al incrementar la densidad de siembra hasta 6.5 kg/m<sup>2</sup>.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Trabajar sobre la densidad de 4.5 a 6.0 kg/m<sup>2</sup> de siembra en futuros trabajos de producción de forraje verde hidropónico por demostrar la mayor capacidad productiva estadísticamente similares.
2. Realizar trabajos adicionales incorporando distintos niveles de sustancias nutricionales nitrogenadas que mejoran la producción y la calidad del forraje verde hidropónico.
3. Realizar trabajos de alimentación y nutrición de animales menores (cuyes) con forraje verde hidropónico para evaluar el valor nutricional sobre los animales.



## VII. REFERENCIAS

- Beltrano, J., Giménez, D. 2015. Cultivo en Hidroponía. [En línea]: consultado enero 2024. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Cuesta, T., Machado, R. 2009. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación ambiental Tutunendo, Choco, Colombia
- Chavarría, A.; Socorro, S. 2018. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. [En línea]: consultado enero 2024. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, <https://www.researchgate.net/publication/329438039> El forraje verde hidropónico FVH de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja.
- Di Rienzo, J.A; Casanoves, F.; Balzarini, M.G; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.W. 2020. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado: 12 marzo 2024. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Elizondo, J., Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. Agronomía mesoamericana.
- FAO, 2001. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Manual técnico: Forraje Verde Hidropónico. Vol. 1. Santiago, Chile.
- Gómez, H. 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. [Tesis de Licenciatura]. Escuela superior politécnica de chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba, Ecuador.

- 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. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 51 p.
- Herrera y Núñez, (2007). Producción y uso de forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociado en el engorde de cuyes. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú; 135 p
- Howard, M. 1987, Cultivos hidropónicos, Ediciones Mundi – Prensa, Madrid - España. p150.
- Izquierdo, J. 2000. Hidroponía escolar. [En línea]: consultado enero 2024. <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidrop/pdf/hidro>.
- Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Cruz, E., Juárez, C., Aguirre, J., Alejo, G., Ortiz, M. 2013. Producción de forraje verde hidropónico. [En línea]: consultado enero 2024. [https://www.researchgate.net/publication/275715557\\_PRODUCION\\_DE\\_FORRAJE\\_VERDE\\_HIDROPONICO](https://www.researchgate.net/publication/275715557_PRODUCION_DE_FORRAJE_VERDE_HIDROPONICO)
- Juárez, L. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente. 3 (8).
- López, B. 2010. Hidroponía. Documento en línea s/f. consultado el 11 julio 2015. [En línea]: consultado enero 2024. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPI\\_TULO%20II.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPI_TULO%20II.pdf)
- López, D., Ruales, J. 2007. Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (*Oryctolagus cuniculus*) raza neozelandes. Tesis Lic.Ing. Agr. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra - Ecuador. 80 p.
- López, Rodríguez, Hector, Villa, Danés, Crespo, Cecilia, Rosete, Aguirre, Santiago, Ortiz (2013). Producción de forraje verde hidropónico; 4 (13). 16-26 p; México.
- Lazo, P. (2023). *producción de biomasa y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico del zea mays (maíz) a diferentes edades de cosecha, en tingo maría* [Tesis bachiller,

Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/items/ac3ee4d7-6bbf-4bb2-9936-7125133a8d9f>

López, M. 2005. *Producción de forraje verde hidropónico*. [Tesis para optar el grado de especialización en química aplicada]. Repositorio institucional Mexico.  
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>

Quispe, A 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 bachiller Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio UNPRG.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1421>

Mora, C. 2009. Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVH) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. [En línea]: consultado enero 2024.  
<http://infolactea.com/wp-content/uploads/2017/04/Evaluaci%C3%B3n-del-uso-de-forraje-verde-hidroponico-de-ma%C3%ADz-FVHM-sobre-la-producci%C3%B3n-de-leche-de-vacas-en-pastoreo.pdf>.

Moyano L., Sánchez, H. 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. [En Línea]: consultado enero 2024.  
<http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/Comportamientodelaproteinadeforrajeverd ehidroponicoenfunciondeltiempodecosecha.pdf>

Panduro, J. (2008). *Contenido Nutricional, Coeficientes de Digestibilidad y Energía Digestible del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (Zea mays L.) en Cobayos (Cavia porcellus L.)*. Tesis Ing. Zootecnista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva .55p. repositorio UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/34f8f833-f2b7-483e-8cb8-bddcc95dff1e/content>.

Rojas, M. 2009. 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

Rodríguez, L. 2002. Hidroponía agricultura y bienestar, Doble Hélice Universidad Autónoma de Chihuahua- México.

- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., Álvarez-Reyna, V. D. P., Palomogil, A., Rodríguez-Dimas, N., & Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360.
- Sánchez, A. 2000. Boletín Informativo Experiencias de forraje verde en el Uruguay. Red Hidroponía. UNALM; Lima – Perú.
- Sinchiguano, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes [En línea]: consultado enero 2024. (<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>,
- Tarrillo, H. (2007). Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal (en línea). Arequipa, Perú. Consultado el 15 jun.
- Tito (2016). *evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (zea mays l.), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia murillo del departamento de la paz* [Tesis de bachiller, Universidad Mayor De San Andrés]. Repositorio institucional. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10505>
- Tarazona, C. (2006). *Contenido nutricional del germinado del grano de maíz (Zea mays) a diferentes edades de cosecha en el trópico*. [Tesis Ing. Zootecnista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.55pp]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/100c3c92-80bb-4317-9782-83457485b0ca/content>

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1:** Medidas de resumen de FVH

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>E.E.</b>
T1	HUMEDAD (%)	4	7.46	0.4
T1	MATERIA SECA(%)	4	92.55	0.4
T1	CENIZA (%)	4	3.1	0.13
T1	PROTEINA TOTAL (%)	4	15.98	0.69
T1	GRASA (%)	4	3.34	0.19
T1	FIBRA CRUDA(%)	4	10.19	0.55
T1	FDA (%)	4	12.23	0.58
T1	FDN(%)	4	30.37	0.81
T1	ENERGIA TOTAL (Cal/g)	4	4163.53	20.99
T2	HUMEDAD (%)	4	7.24	0.4
T2	MATERIA SECA(%)	4	92.77	0.4
T2	CENIZA (%)	4	3.07	0.12
T2	PROTEINA TOTAL (%)	4	16.53	0.41
T2	GRASA (%)	4	3.08	0.18
T2	FIBRA CRUDA(%)	4	10.1	0.36
T2	FDA (%)	4	12.35	0.39
T2	FDN(%)	4	30.08	0.72
T2	ENERGIA TOTAL (Cal/g)	4	4151.4	19.55
T3	HUMEDAD (%)	4	7.22	0.28
T3	MATERIA SECA(%)	4	92.79	0.28
T3	CENIZA (%)	4	3.21	0.11
T3	PROTEINA TOTAL (%)	4	16.72	0.32
T3	GRASA (%)	4	3.08	0.18
T3	FIBRA CRUDA(%)	4	10.58	0.1
T3	FDA (%)	4	12.68	0.27
T3	FDN(%)	4	30.83	0.29
T3	ENERGIA TOTAL (Cal/g)	4	4164.05	18.42
T4	HUMEDAD (%)	4	7.23	0.32
T4	MATERIA SECA(%)	4	92.77	0.32
T4	CENIZA (%)	4	2.88	0.14
T4	PROTEINA TOTAL (%)	4	16.19	0.46
T4	GRASA (%)	4	2.95	0.07
T4	FIBRA CRUDA(%)	4	10	0.32
T4	FDA (%)	4	11.96	0.41
T4	FDN(%)	4	29.1	0.79
T4	ENERGIA TOTAL (Cal/g)	4	4150.78	18.56
T5	HUMEDAD (%)	4	7.69	0.33
T5	MATERIA SECA(%)	4	92.31	0.33
T5	CENIZA (%)	4	2.91	0.14
T5	PROTEINA TOTAL (%)	4	15.96	0.34
T5	GRASA (%)	4	3.03	0.16
T5	FIBRA CRUDA(%)	4	10.3	0.13
T5	FDA (%)	4	12.36	0.42
T5	FDN(%)	4	31.08	0.9
T5	ENERGIA TOTAL (Cal/g)	4	4147.13	5.44

**Anexo 2:** Contrastes ortogonales para determinar la tendencia de la producción de forraje verde

<b>Tendencia</b>	<b>p-valor</b>	<b>Observación</b>
Lineal	<0.0001	Altamente significativa
cuadrática	0.3222	No significativa

**Anexo 3:** Análisis de varianza de la producción de FVH

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
BLOQUE	24.15	3	8.05	9.75	0.0001
TRAT	107.82	4	26.95	32.64	<0.0001
Error	26.43	32	0.83		
Total	158.4	39			

**Anexo 4:** Análisis de varianza de materia seca (%)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
TRAT	53.65	4	13.41	7.18	0.0003
BLOQUE	18.5	3	6.17	3.3	0.0326
Error	59.75	32	1.87		
Total	131.9	39			

**Anexo 5:** Análisis de varianza de proteína total

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
TRAT	1.81	4	0.45	0.72	0.5945
BLOQUE	5.29	3	1.76	2.81	0.0843
Error	7.52	12	0.63		
Total	14.62	19			

**Anexo 6:** Análisis de varianza de energía

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
TRAT	986.8	4	246.7	0.68	0.616
BLOQUE	14110.46	3	4703.49	13.06	0.0004
Error	4323.1	12	360.26		
Total	19420.36	19			

**Anexo 7:** Análisis de varianza de FDA

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
TRAT	1.1	4	0.28	0.65	0.6382
BLOQUE	5.68	3	1.89	4.45	0.0253
Error	5.1	12	0.42		
Total	11.88	19			

**Anexo 8:** Análisis de varianza de FDN

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
TRAT	9.55	4	2.39	3.15	0.0549
BLOQUE	23.23	3	7.74	10.21	0.0013
Error	9.1	12	0.76		
Total	41.87	19			

**Anexo 10:** Intervalos de confianza al 95% de Proteína cruda (%), energía bruta (%), ceniza (%), Grasa (%), Fibra cruda (%), FDA (%) y FDN (%) del FVH de maíz a 12 días de establecido

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Límite inferior (95%)</b>	<b>Límite superior (95%)</b>
Proteína cruda (%)	16.27	0.2	15.86	16.68
Energía bruta (kcal)	4.16	0.01	4.14	4.17
Ceniza (%)	3.03	0.06	2.91	3.16
Grasa (%)	3.09	0.07	2.95	3.24
Fibra cruda (%)	10.23	0.14	9.94	10.53
FDA (%)	12.32	0.18	11.95	12.69
FDN (%)	30.29	0.33	29.6	30.99



## Anexo 11. Registro de parámetros productivos

Bloque	Tratamiento	Altura (cm)	Px por vandeja (kg)	Px FV/m <sup>2</sup>
1	T1R1	24.00	2.18	14.94
	T1R2	22.20	2.14	14.66
	T2R1	25.98	2.43	16.66
	T2R2	22.60	2.58	17.72
	T3R1	25.20	2.60	17.82
	T3R2	22.70	2.68	18.41
	T4R1	26.00	3.01	20.64
	T4R2	23.84	2.72	18.68
	T5R1	22.50	2.87	19.68
	T5R2	23.52	2.91	19.99
2	T1R1	25.04	2.13	14.59
	T1R2	28.00	2.15	14.77
	T2R1	24.54	2.41	16.52
	T2R2	30.24	2.27	15.59
	T3R1	28.62	2.53	17.34
	T3R2	26.22	2.37	16.24
	T4R1	23.30	2.68	18.41
	T4R2	24.62	2.66	18.23
	T5R1	27.06	2.90	19.92
	T5R2	25.52	2.92	20.05
3	T1R1	26.44	2.00	13.74
	T1R2	23.86	1.86	12.77
	T2R1	24.94	2.30	15.80
	T2R2	23.88	2.37	16.24
	T3R1	23.64	2.39	16.38
	T3R2	21.04	2.50	17.17
	T4R1	18.44	2.61	17.93
	T4R2	24.24	2.53	17.34
	T5R1	20.28	2.59	17.75
	T5R2	23.54	2.95	20.23
4	T1R1	25.32	2.06	14.11
	T1R2	25.32	2.19	15.01
	T2R1	22.74	1.93	13.22
	T2R2	30.42	2.28	15.66
	T3R1	25.76	2.11	14.49
	T3R2	25.28	2.47	16.93
	T4R1	24.68	2.60	17.86
	T4R2	24.86	2.57	17.62
	T5R1	21.76	2.44	16.76
	T5R2	22.36	2.40	16.48

## Anexo 12. Registro de análisis proximal y FDA Y FDN

## RESULTADOS DE ANALISIS:

Nº	MUESTRA	Código	Humedad %	Materia seca %	Ceniza %	% de Proteína Total	Grasa %	Fibra cruda %	FDA %	FDN %	Energía total (Cal/g)
1		B1T1R1	7.73 %	92.27 %	3.07 %	16.65 %	3.24 %	10.19 %	12.34 %	29.51%	4171.2 Cal /g
2		B1T2R1	7.65 %	92.35 %	2.75 %	15.81 %	3.02 %	9.45 %	11.56%	28.67 %	4150.4 Cal /g
3		B1T3R1	7.05 %	92.95 %	3.06 %	15.84 %	2.55 %	10.39 %	12.24 %	30.23 %	4166.3 Cal /g
4		B1T4R1	7.38 %	92.62 %	2.48 %	14.96 %	2.78 %	10.08 %	11.49 %	27.85%	4121.5 Cal /g
5		B1T5R1	6.86 %	93.14 %	2.55 %	15.08 %	3.06 %	10.18 %	11.23 %	28.44 %	4134.7 Cal /g
6		B2T1R1	6.47 %	93.53 %	2.86 %	17.5 %	3.88 5	11.59 %	13.57 %	32.43 %	4219.5 Cal /g
7		B2T2R1	6.11 %	9389 %	3.18 %	17.24 %	3.53 %	11.04 %	13.20 %	31.88 %	4206.3 Cal /g
8		B2T3R1	6.61 %	93.39 %	3.00 %	17.33 %	3.32 %	10.85 %	13.47 %	30.88 %	4214.7 Cal /g
9		B2T4R1	6.31 %	93.69 %	2.96 %	16.95 %	3.10 %	10.83 %	13.16 %	30.60 %	4202.5 Cal /g
10	MAIZ (zea mayz)	B2T5R1	7.83 %	92.17 %	2.85 %	16.39 %	2.74 %	10.06 %	12.37 %	31.81 %	4158.9 Cal /g
11		B3T1R1	7.26 %	92.74 %	3.48 %	14.41 %	3.05 %	10.04 %	12.25 %	30.83 %	4137.5 Cal /g
12		B3T2R1	7.27 %	92.73 %	3.29 %	17.24 %	2.67 %	10.30 %	12.80 %	30.54 %	4116.8 Cal /g
13		B3T3R1	7.23 %	92.77 %	3.27 %	16.95 %	3.11 %	10.59 %	12.58 %	31.59 %	4144.8 Cal /g
14		B3T4R1	7.78 %	92.22 %	2.98 %	15.98 %	2.97 %	9.76 %	11.70 %	30.31 %	4126.3 Cal /g
15		B3T5R1	8.48 %	91.52 %	3.10 %	15.81 %	2.83 %	10.31 %	12.59 %	32.52 %	4141.9 Cal /g
16		B4T1R1	8.36 %	91.64 %	2.99 %	15.34 %	3.18 %	8.93 %	10.75 %	28.72 %	4125.9 Cal /g
17		B4T2R1	7.91 %	92.09 %	3.07 %	15.81 %	3.08 %	9.60 %	11.85 %	29.23 %	4132.1 Cal /g
18		B4T3R1	7.97 %	9203 %	3.49 %	16.74 %	3.34 %	10.48 %	12.44 %	30.61 %	4130.4 Cal /g
19		B4T4R1	7.46 %	92.54 %	3.11 %	16.86 %	2.96 %	9.32 %	11.47 %	27.62 %	4152.8 Cal /g
20		B4T5R1	7.60 %	92.40 %	3.14 %	16.57 %	3.47 %	10.65 %	13.25 %	31.54 %	4153.0 Cal /g

Atentamente,



**Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate**  
Jefe del Laboratorio de Nutricional Animal – LANA

Tingo María, 10 de Agosto de 2021

Av. Universitaria s/n km. 1.2 carretera Nacional Tingo María – Huánuco  
E-mail: fz.labnutricion@unas.edu.pe

**Anexo 13.** Registro de humedad.

Dia	Temperatura		Humedad	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
1	33.1	22.2	85	40
2	31.8	22.3	87	41
3	30.6	22.3	85	44
4	32	22.4	84	42
5	32.9	21.6	89	42
6	26.2	21.5	90	59
7	27.3	21.3	82	52
8	32.2	21.7	89	40
9	34	23.3	88	78
10	31.1	22.9	89	50
11	30.8	22.1	89	47
12	31.8	23.2	89	49
Promedio	<b>31.15</b>	<b>22.23</b>	<b>87</b>	<b>49</b>

**Anexo 14.** Detalles de costo total

Detalles	Unidad	Cantidad	Precio unitario(S/)	Total (S/)
Costos fijos				1,119.75
Estructura metálica	unidad	1.00	350.000	350.00
Bandejas germinadoras	unidad	40.00	8.000	320.00
Mochila fumigadora	unidad	1.00	150.000	150.00
Balanza digital	unidad	1.00	120.000	120.00
Baldes de 20L	unidad	5.00	10.000	50.00
Wincha	unidad	1.00	3.000	3.00
Bio-fermento	litros	2.00	10.000	20.00
Hipoclorito(lejía)	litros	0.50	2.500	1.25
Papel periódico	unidad	4.00	0.500	2.00
Mano de obra	horas	7.50	5.000	37.50
Mantada	metros	12.00	5.500	66.00
Costos variables	S/			48.00
Semilla de maíz	kilogramos	32.00	1.500	48.00
<b>Costo fijo (general)</b>				<b>1,167.75</b>

### Anexo 10. Detalles de costos de producción

Densidad	Costo Fijo			Costo variable		Costo total
	Estructura y bienes	Mano de obra	Otros	Total	Maíz	
4.5	S/ 0.71	S/ 7.50	S/ 4.65	S/ 12.86	S/ 6.75	S/ 19.61
5	S/ 0.71	S/ 7.50	S/ 4.65	S/ 12.86	S/ 7.50	S/ 20.36
5.5	S/ 0.71	S/ 7.50	S/ 4.65	S/ 12.86	S/ 8.25	S/ 21.11
6	S/ 0.71	S/ 7.50	S/ 4.65	S/ 12.86	S/ 9.00	S/ 21.86
6.5	S/ 0.71	S/ 7.50	S/ 4.65	S/ 12.86	S/ 9.75	S/ 22.61

### Anexo14. Riego durante la germinación oscura.



### Anexo 15. Pesaje y cosecha del FVH.

