

Esta obra está bajo una Licencia
Creative Commons Atribución -
4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis

Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Luis Joel Silvero Garcia

<https://orcid.org/0000-0002-8579-756X>

Asesor:

Dr. Guillermo Vásquez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0002-3336-2396>

Tarapoto, Perú

2024



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis

**Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción
de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.)
en Zapatero**

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Luis Joel Silvero Garcia

Sustentado y aprobado el 26 de enero del 2024 por el honorable jurado:

Presidente de Jurado

Dr. Julio Armando Ríos Ramírez

Secretario de Jurado

Ing. M. Sc. Jorge Luis Peláez
Rivera

Vocal de Jurado

Ing. M. Sc. Tedy Castillo Díaz

Asesor

Dr. Guillermo Vásquez Ramírez

Tarapoto, Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN CONDUCENTES A GRADOS Y TÍTULOS N° 002-2024

Jurado reconocido con Resolución Decanal N° 114-2021-UNSM/FCA/NLU

A las 17.10 horas, del día 26 del mes de ENERO del 2024, Auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias- Ciudad Universitaria, inicio el acto público de sustentación del trabajo de investigación "**Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero**" para optar el título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**, presentado por el bachiller **LUIS JOEL SILVERO GARCÍA**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el Dr. Julio Armando Rios Ramírez (presidente del jurado), Ing. M. Sc. Jorge Luis Pelaez Rivera (secretario), Ing. M. Sc. Tedy Castillo Díaz (vocal), y acompañado por Dr. Guillermo Vásquez Ramírez (asesor); el presidente de jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución Decanal N° 010-2024-UNSM/FCA**.

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado evaluador realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas, el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto, sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue CATORCE (14).

De acuerdo con el Artículo 40° del RG – CTI, la nota obtenida es CATORCE y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendario.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 001-2024, de la Escuela profesional de Agronomía

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 18.40 horas, el mismo día 26 de ENERO de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

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

Dr. Julio Armando Rios Ramirez

PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Jorge Luis Pelaez Rivera

SECRETARIO

Ing. M. Sc. Tedy Castillo Diaz

VOCAL

Bach. Luis Joel Silvero Garcia

AUTOR

Dr. Guillermo Vasquez Ramirez

ASESOR

Declaratoria de autenticidad

Luis Joel Silvero Garcia, con DNI N° **77047076**, egresado de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 26 de enero del 2024



Luis Joel Silvero Garcia
77047076



Ficha de identificación

<p>Título del proyecto</p> <p>Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en Zapatero</p>	<p>Área de investigación: Agronomía</p> <p>Línea de investigación: Gestión Integral y sostenible de los recursos naturales</p> <p>Sublínea de investigación: Manejo y conservación de la biodiversidad</p> <p>Grupo de investigación: Resolución de consejo de Facultad N° 115-2022-UNSM/FCA/CF</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor:</p> <p>Luis Joel Silvero Garcia</p>	<p>Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía https://orcid.org/0000-0002-8579-756X</p>
<p>Asesor:</p> <p>Dr. Guillermo Vásquez Ramírez</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía Unidad o Laboratorio Agronomía https://orcid.org/0000-0002-3336-2396</p>

Índice general

Ficha de identificación	6
Índice general	7
Índice de tablas.....	9
Índice de figuras	10
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. Marco general del problema	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Fundamentos teóricos	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	33
3.1.1 Contexto de la investigación.....	33
3.1.2 Periodo de ejecución.....	33
3.1.3 Autorización y permisos	33
3.1.3.1 Autorización de ejecución	33
3.2. Sistema de variables	33
3.2.1 Variables principales	33
3.2.1.1. Variable independiente:	33
3.2.1.2. Variable dependiente:.....	33
3.2.1.3. Objetivo específico 2.	34
3.3 Procedimientos de la investigación.....	35
3.3.1. Objetivo específico 1.	35
3.3.2. Objetivo específico 2.	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Resultado específico 1.	41
4.1.1. Altura de planta (cm).....	41
4.1.2. Masa radicular (g)	43
4.1.3. Longitud de raíz (cm)	45
4.1.4. Área foliar (cm ²)	47
4.1.5. Peso de FVH (kg).....	49
4.2. Resultado específico 2	52
4.2.1. Relación beneficio costo	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	55

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Valor nutricional - FVH de maíz.....	29
Tabla 2. ANVA para los tratamientos	35
Tabla 3. Tratamientos en estudio.....	36
Tabla 4. ANVA para altura de planta.....	41
Tabla 5. ANVA para la masa radicular	43
Tabla 6. ANVA para la longitud de raíz	45
Tabla 7. ANVA para el área foliar (cm ²)	47
Tabla 8. ANVA para el peso de FVH (kg).....	49
Tabla 9. Análisis económico de todos los tratamientos estudiados	52
Tabla 10. Estructura de costos de producción del T1 al T6.....	75
Tabla 11. Estructura de costos de producción del T7 al T12.....	77

Índice de figuras

Figura 1. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de altura de planta (cm).	41
Figura 2. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de masa radicular (g).	43
Figura 3. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de la longitud de raíz (cm).	45
Figura 4. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios del área foliar (cm ²).	47
Figura 5. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios del peso de FVH (kg).	49
Figura 6. Herramientas, materiales e insumos del estudio.	62
Figura 7. Delimitación con malla rashell del vivero.	62
Figura 8. Vista frontal del vivero con los tratamientos previamente aleatorizados.	62
Figura 9. Tratamientos previos de las semillas. a) Dilución de hipoclorito de sodio en agua. b) Remojo o lavado de las semillas de MAD por tres veces. c) Remojo de la semilla de MAD durante 24 horas. d) Proceso de secado de la semilla de MAD.	63
Figura 10. Pesando la semilla de maíz amarillo duro.	63
Figura 11. Semillas de maíz amarillo duro en bandeja hidropónica.	63
Figura 12. Rompimiento de dormancia de las semillas de maíz amarillo duro.	64
Figura 13. Semillas de maíz amarillo duro en germinación.	64
Figura 14. Aparición del mesocotilo y coleóptilo.	64
Figura 15. Aparición de la hoja cotiledonal.	65
Figura 16. Insumos para cada tratamiento.	65
Figura 17. Medición del abono orgánico foliar para dosificar los tratamientos T1 (0.5l/cil=2.5ml/l), T5 (1l/cil=5ml/l) y T9 (1.5l/cil=7.5ml/l).	65
Figura 18. Medición del fertilizante foliar 20-20-20 para dosificar los tratamientos T2 (0.5l/cil=2.5ml/l), T6 (1l/cil=5ml/l) y T10 (1.5l/cil=7.5ml/l).	66
Figura 19. Pesado del fertilizante nitrogenado para dosificar los tratamientos T3 (0.5l/cil=2.5g/l), T7 (1l/cil=5g/l) y T11 (1.5l/cil=7.5g/l).	66
Figura 20. Pesado del fertilizante químico con macro y micronutrientes para dosificar los tratamientos T4 (0.5l/cil=2.5g/l), T8 (1l/cil=5g/l) y T12 (1.5l/cil=7.5g/l).	66
Figura 21. Atomizador con la solución de fertilizante químico con macro y micronutrientes.	67

Figura 22. Aplicación de las soluciones a los tratamientos del estudio (horario: 6:00 y 18:00).	67
Figura 23. Vista panorámica del vivero de producción de FVH.	67
Figura 24. Vista aérea de los tratamientos del estudio.	68
Figura 25. Cosecha del FVH transcurrido 19 días de su establecimiento.	68
Figura 26. Inicio de las evaluaciones.	68
Figura 27. Medición de la altura de planta (cm) de todos los tratamientos.	69
Figura 28. Pesado de la masa radicular (g) de todos los tratamientos.	70
Figura 29. Medición de la longitud de raíz (cm).	72
Figura 30. Medición del área foliar (cm ²).	73
Figura 31. Pesado de FVH de todos los tratamientos en estudio.	74
Figura 32. Alimentación en base al FVH producido en el estudio.	74

RESUMEN

Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero

La investigación puso a prueba tipos de fertilizantes en diferentes dosis para la producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz amarillo duro variedad marginal 28. Los insumos utilizados fueron abono orgánico foliar, fertilizante 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante con macro y micronutrientes, sobre 0.5 l/cil, 1 l/cil y 1.5 l/cil como dosis. Con el fin de determinar el mejor insumo y la dosis óptima para producir FVH. Razón por la cual se establecieron 12 tratamientos con tres repeticiones y 36 unidades experimentales, donde se evaluaron indicadores biométricos de las plantas de maíz amarillo duro, trabajadas en un DCA (diseño completamente al azar), cuyos datos fueron sometidos a la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%. Los resultados determinaron que el abono orgánico en todas las dosis trabajadas obtuvo las mejores respuestas en todas las variables estudiadas, siendo la dosis 1 l/cil (T5) el más sobresaliente al obtener 6.11 kg/m² de FVH, con un valor de Beneficio/Costo de 0.74.

Palabras claves: Forraje verde hidropónico (FVH), *Zea mays*, fertilizante, abono, foliar, macronutrientes, micronutrientes.

ABSTRACT

Doses and types of fertilizers on the production of hydroponic green fodder of corn (*Zea mays* L.) in Zapatero.

The research tested different types of fertilizers at different doses for the production of hydroponic green fodder (HGF) of hard yellow corn variety marginal 28. The inputs used were foliar organic fertilizer, 20-20-20 fertilizer, nitrogen fertilizer and fertilizer with macro and micronutrients, at 0.5 l/cil, 1 l/cil and 1.5 l/cil as doses. In order to determine the best input and the optimal dose to produce HGF, 12 treatments were established with three replications and 36 experimental units, where biometric indicators of hard yellow corn plants were evaluated using a CRD (completely randomized design), which data were subjected to Duncan's multiple range test at 5%. The results determined that the organic fertilizer in all the doses used obtained the best responses in all the variables studied, being the dose 1 l/cil (T5) the most outstanding by obtaining 6.11 kg/m² of HGF, with a Benefit/Cost value of 0.74.

Keywords: Hydroponic green fodder ("HGF"), *Zea mays*, fertilizer, manure, foliar, macronutrients, micronutrients.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1. Marco general del problema

En la selva peruana, las superficies adecuadas para una consecuente producción en la agricultura son condicionadas, únicamente el 6 % de las tierras de la Amazonía, es decir, 4.6 millones de hectáreas de un total de 75.7 millones, son apropiadas para cultivos temporales y perennes, en tanto el 7.5 % (5.7 millones de hectáreas) son pastos viables. Los 63.5 millones de hectáreas que representa más del 84% del área total de los terrenos, se catalogan como más idónea para el aprovechamiento y conservación forestal. Desgraciadamente, no hay mucha referencia aprovechable en cuanto a los modelos de trabajo de los establecimientos humanos en estos terrenos, la suma de tierras desamparadas o descuidadas en barbecho como consecuencia del desgaste de las superficies, de las pasturas y además el inadecuado uso de estas superficies a causa del sobrepastoreo del ganado (ONERN, 1981, como se citó en Gironés, 2017).

Los principales suelos se localizan en terrazas junto a los ríos y gran parte de esta área ya está sembrada con cultivos anuales (frijoles, maíz, yuca y vegetales) y cultivos perennes (cacao, cítricos, plátanos, café, entre otros). Ciertas tierras frondosas despejadas ocasionan cosechas de una o dos veces/año, mediante el método tradicional de cultivo donde los rendimientos merman por la escasez de nutrientes en el suelo y la competitividad de malezas y plagas. Cuando estas tierras se vuelven improductivas, se dejan y se limpian nuevas tierras agrícolas en el bosque. A esta técnica se le denomina "agricultura migratoria", porque es trabajada por comunidades nativas y por la mayoría de agricultores de la Amazonía peruana (Gironés, 2017).

Si la tierra agrícola de calidad escasea y los recursos de tierra existentes están descuidados y mal administrados, el deterioro del suelo y la merma de la producción agrícola son inevitables. Asimismo, los cultivos anuales son ineficaces en suelos con condiciones extremas, lo que genera menores rendimientos, posible abandono de terrenos y la búsqueda de nuevos terrenos para desmonte. Sin embargo, los conflictos sobre el uso de tales tierras no se resuelven fácilmente ya que están vinculados a factores socioeconómicos regionales influenciados por la posesión de la tierra, las situaciones del mercado y el acceso a las carreteras (Gironés, 2017).

Como modelo, el pastoreo del ganado en superficies aluviales productivas requiere menos uso de la tierra si se contrasta con cultivos que originan cosechas de mucho valor. Indistintamente, en suelos de pendiente extrema, hay ineficacia en los cultivos anuales porque provocan bajos rendimientos.

Lo que acontece en la región San Martín con respecto a la disponibilidad de áreas según su Capacidad de Uso Mayor, sumado a esto las épocas de sequía que se suelen dar durante el año, hace que las actividades agropecuarias sean poco rentables para las familias que tienen como sustento económico la realización de las mismas, en tanto se viene atravesando problemas de deforestación y el uso inadecuado de los suelos, practicando la ganadería extensiva, que a su vez contribuye al sobre pastoreo, suelos áridos y degradados, sin criterio de sostenibilidad; generando un alto impacto ambiental y atentando contra el equilibrio de los ecosistemas naturales y la seguridad alimentaria.

En nuestro medio se presentan una serie de factores que imposibilitan el desarrollo sostenible de actividades agropecuarias, como lo es el aspecto económico. La mayoría de explotaciones agropecuarias requieren la compra de insumos externos de alto costo económico (concentrado, minerales y otros) para mantener niveles adecuados de producción. Todos esos insumos son costosos y está de más recordar que por lo general, los gastos de alimentación en una explotación pueden oscilar entre el 50% y el 80% del total de los costos de producción (Rivera, 2010 citado por Moreno, 2018).

La producción de FVH es una excelente alternativa a la ganadería, ya que se obtienen altos rendimientos de materia verde o seca durante todo el año y la alta calidad y cantidad de proteína se produce en pequeñas superficies sin tierra, maquinaria agrícola y poca agua. (Sánchez et al., 2010 como se citó en Trevizan y Challapa, 2020).

El FVH es un alimento y suplemento nutricional que se le puede agregar a la alimentación del ganado y es una tecnología que tiene varias ventajas para los productores, reduciendo los costos de producción, el tiempo de producción de forraje, la compactación del suelo causada por el sobrepastoreo y la contaminación del agua. Al mismo tiempo, se incrementa la productividad y la tasa de reproducción del animal, así como la alta palatabilidad y digestibilidad de los animales en las porciones especificadas (AGRICULTURESRS, 2014 como se citó en Chavarría y Castillo, 2018).

El FVH es resultado de la germinación de diversas semillas, especialmente de cereales (maíz, sorgo, trigo, avena y cebada), que están listas para la cosecha entre 9 y 15 días después de la siembra. Las soluciones de nutrición mineral pueden aumentar la producción de biomasa por m², mejorar la calidad de los nutrientes y optimizar el lapso de recogida del forraje (Sánchez et al., 2013 como se citó en Núñez-Torres y Guerrero-López, 2021). Las

especies animales que lograron alimentarse con FVH tuvieron resultados positivos, incluyen: borregos, chivas, conejos, aves, caballos y vacas (productoras de leche y/o carne) (Mejía y Reyes, 2020).

En la segunda mitad del siglo pasado se apreció la posibilidad de cosechar plantas sin utilizar suelo; ahora es uno de los métodos más practicados en diversos países desarrollados. Los productos hidropónicos en Europa son los más aprobados al ser 100 % orgánicos (Garduño, 2011). Con esta técnica no invasiva y respetuosa con el medio ambiente, es posible cultivar hortalizas, cereales, frutas, flores, plantas ornamentales y aromáticas de alta calidad en pequeñas superficies. Si el clima no interfiere, el producto puede estar disponible en cualquier época del año, lo cual es una gran ventaja sobre los productos de cultivo tradicional. La fatiga del suelo debido a las altas cargas de patógenos después de la resiembra o la ionización que conduce a la alcalinidad y/o niveles elevados de sodio ha llevado a la elección de la hidroponía sin considerar los factores ambientales negativos con esta especie.

La producción de forraje verde hidropónico con maíz amarillo duro ya se viene practicando en algunas organizaciones agropecuarias de la región San Martín, sin embargo existe escasa información científica que sirva como base para este trabajo, por lo que se pretende probar fertilizantes (abono foliar orgánico, fertilizante foliar 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante químico con macro y micronutrientes) disueltos en solución, con el fin de determinar cuál de estos tiene mejor respuesta en la producción. La razón de la investigación nace de la necesidad del pequeño y mediano agricultor del Centro Poblado Uchumullaca, distrito de Zapatero, provincia de Lamas, región San Martín, que hoy en día está optando por la crianza de animales mayores y menores, y que esto a su vez acarrea exigencias en la dieta alimenticia, teniendo como prioridad contar productos naturales con propiedades nutraceuticas en espacios reducidos y en un menor tiempo de producción.

El objetivo del estudio fue determinar la fuente de nutrición y la dosis que brinda mejores características a dicho producto, para lo cual se evaluó cuatro fuentes de nutrición (abono orgánico, fertilizante 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante con macro y micro nutrientes) sobre tres dosis (0.5, 1 y 1.5 l/cilindro), todos sometidos a un análisis económico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Castellanos (2020, citado en Santos, 2021), en su investigación “Producción de FVH como alternativa en la alimentación equina”, con el objetivo de producir forraje verde con excelente valor nutricional para alimentación equina, utilizó un diseño experimental; y con esta tecnología consiguió producir 12 kg de FVH con 2 kg de semilla de cebada, mucho más alta que otros granos manejados en hidroponía.

El FVH de las variedades de maíz criollo demostró obtener buenos rendimientos al compararlos con el maíz variedad Diamantes. La variedad Pico de Gallo rojo obtuvo mejores resultados productivos, mayor altura de planta (24.90 cm) y rendimiento de biomasa verde y seca (19.40 y 1.54 kg/m², respectivamente). La evaluación económica efectuada en esa investigación mostró que el costo promedio para producir 1 kg de FVH a partir de maíz criollo es de 2.41 \$/kg MS, el cual es 78.42% más económico que la producción de FVH utilizando semilla de maíz certificada Diamantes (Moreno, 2018).

El mayor valor cultural del FVH de cebada se obtuvo al aplicar Biogyz (F3) 96.04%; en avena con Seaweed Creme (F1) se tuvo 81.47%. En cuanto a la altura de planta, con la aplicación de Biogyz (F3) en cebada fue de 17.47 cm; y en avena fue de 15.27 cm. El mayor rendimiento de biomasa del forraje verde con Biogyz (F3), fue la cebada con 18.67 kg/m²; en comparación con la avena que obtuvo 16.83 kg/m². En relación costo/beneficio, la mayor rentabilidad se logró con cebada y aplicación de Biogyz, correspondiente al T4, que tuvo S/1.66; en la especie forrajera avena, con la aplicación de Biogyz correspondiente al T8 alcanzó S/1.61 (Pacco, 2018).

Blanco et al. (2019), en un estudio de “Producción de Forraje Verde Hidropónico en cebada bajo condiciones controladas, y a una densidad de 10 kg de semilla/m², consiguieron para altura de planta y rendimiento de forraje verde 23.8 cm y 25.1 kg/m² respectivamente, en 10 días de cosecha”.

Quispe (2017), en su tesis titulada “Densidad de siembra óptima para germinación hidropónica de maíz amarillo duro”, consiguió resultados positivos de FVH para el maíz cosechado después de 15 días a una densidad de 5 kg/m² con 17.53 kg/m². Afirmó que a medida que disminuyó la densidad de siembra, también lo hizo el rendimiento.

Marín y Torres (2016), llevaron a cabo el proyecto “Validando la tecnología de producción de Forraje Verde Hidropónico con maíz en Costa Rica, alcanzaron la altura de 17.7

centímetros y un excelente rendimiento de materia fresca (20 kg/m^2), a una densidad de siembra de 3.0 kg/m^2 .

Zagal-Tranquilino et al. (2016), "realizaron un experimento con maíz seleccionado para producir FVH en charolas de cartón, encontrando mejores respuestas a los 13 días de cosecha con 80.5% de germinación, altura promedio de 30.45 cm y rendimiento total de 3.51 kg".

González y García (2015), obtuvieron en la producción de FVH de sorgo con tres tipos de fertilizantes, lo siguiente: el T1: Completo (12-30-10) presentó mayor área foliar de 2.72 cm^2 , mayor diámetro de tallo en 3.04 mm, mayor altura de planta 14.02 cm, longitud máxima de raíz 10.77 cm y biomasa fresca máxima de 13.51 kg/m^2 con porcentajes mayores de materia seca de 20.59 %.

López y Mcfield (2013), probaron tres tipos de fertilizantes, en la producción de FVH de maíz (*Zea mays*) cultivar NB6, y encontraron que los fertilizantes 12-30-10 y urea, alcanzaron alturas de 32.50 y 26.25 cm respectivamente, y el rendimiento de biomasa forrajera fue mejor con 12-30-10 al 18.4 kg/m^2 , cosechados en 12 días.

En un ensayo con maíz selecto para sembrar en charolas plásticas, a los 8, 10 y 12 días de cosecha al regar solo con agua hallaron: 13.33, 16.60 y 18.66 cm en altura, longitud de raíces 13.33, 14.06 y 14.16 cm, y rendimiento de 1 kg de maíz de 4.18, 4.43 y 4.78 kg, correspondientemente para forraje hidropónico (Morales et al., 2012 como se citó en Zagal-Tranquilino et al., 2016).

"En un estudio donde utilizaron semilla de maíz híbrido para producir FVH a una densidad de siembra de 3.4 kg de semilla/ m^2 , se alcanzó 33.74 kg/m^2 al cosechar el material a los 16 días de edad" (Salas-Pérez et al., 2010).

El rendimiento óptimo de FVH de maíz se logró con una densidad de siembra de 1 kg semilla por bandeja (0.25 m^2) a los 16 días, con un rendimiento de 6.35 kg de FVH/kg de semilla aplicada; con longitudes de tallo y raíz de 11.70 cm y 13.45 cm, respectivamente. En base a la biomasa total se consiguió una producción de 25.40 kg FVH/m^2 (Gómez, 2007).

Herrera y Núñez (2007), obtuvieron mejor rendimiento forrajero por m^2 de 22.6 kg con FVH de cebada con solución nutritiva química, y el menor rendimiento fue con FVH de maíz amarillo sin solución nutritiva (13.6 kg); en términos de costos de producción a los 14 días de la cosecha, el costo más bajo fue del forraje verde hidropónico de cebada sin solución nutritiva con 0.144 S/. /kg y el costo más alto para el forraje verde hidropónico de maíz amarillo sin solución nutritiva con 0.389 S/. /kg.

Bernal y Conde (2020, citado en Portela, 2022), afirman que el FVH permite acortar los tiempos de producción y el consumo descontrolado de recursos como la tierra y agua, demostrando que es una alternativa amigable con el medio ambiente que no solo hace avanzar la agricultura, sino que también puede reducir condiciones de daño ambiental.

Ante los grandes desafíos que afronta la ganadería tradicional, como la deficiencia de agua, la disponibilidad de nuevas áreas de cultivo, la variación climática, la degradación del suelo y el aumento de la contaminación; hace que la producción de alimentos sea parte de la agricultura protegida con cultivos hidropónicos y sin suelo (Rodríguez, 2007 como se citó en Moreno, 2018).

León (2005), quien al cultivar FVH de maíz, con diferentes períodos de luz y soluciones nutritivas, confirmaron una mejor respuesta a las 12 horas luz, teniendo mayor porcentaje de germinación y altura de planta de 94.55% y 26.87 cm, correspondientemente. También al día 18 de cultivo se registró longitudes promedio de tallo y raíz, de 9.51 cm y 20.01 cm, respectivamente. Además, logró un área foliar de 17.37 cm², y como rendimiento de FVH por kg de semilla/m² de maíz, obtuvo 1.32 kg al utilizar AFI (Abono Foliar Inicial) con 12 horas luz.

La producción de forraje verde a partir de semilla de maíz se puede hacer en una proporción de 1 a 12, pero esto va depender del control y la calidad de la semilla, entre otros componentes, puede lograr 20 centímetros de altura con material vegetal de maíz hidropónico, en un tiempo de cosecha que va desde 18 a 20 días (Ureña, 2010 como se citó en Moreno, 2018).

El forraje verde hidropónico logra producirse manejando una gran diversidad de unidades hidropónicas, en donde se instalan hasta seis bandejas en estantes una encima de la otra; teniendo en cuenta un espacio de 30 cm por lo menos, y asegurar su producción todo el año. Dependiendo del número de pisos se puede producir seis veces más en la misma área; y de acuerdo al tiempo de producción de 30 a 36.5 veces. Incluso en 100 m² se consigue 500 kg de FVH al día (Rivera, 2010 como se citó en Moreno, 2018).

El forraje contiene una gran cantidad de vitamina E y selenio, componentes muy relacionados con la reproducción animal, lo que beneficia reducir el período abierto y la edad del primer parto, alcanzando la producción de leche durante todo el año y a su vez, la mejora de rumen en terneras, aumentando su eficiencia, con excelente conversión en producción de carne y leche (Reinoso, 2009 como se citó en Moreno, 2018).

Rodríguez (2003) como se citó en Moreno (2018), efectuó un análisis de rentabilidad de producción de FVH, y piensa que es una opción económicamente factible que debe ser evaluada por los pequeños y medianos agricultores, ya que su producción reduce los

problemas de sequías y otros eventos climáticos desfavorables que ocasionarían hambre y muerte de animales, entre otros componentes.

Gutiérrez et al., (2000) como se citó en Jorge y Romero (2017), exponen que, para garantizar un adecuado crecimiento de las raíces, la humedad debe estar cerca del 100%. Las raíces de las plantas tiernas no tienen la capacidad de desarrollarse en condiciones secas. El cultivo de FVH es a raíz desnuda o sin sustrato, y debe efectuarse en lugares con una humedad relativa alta superior al 85 %.

“Tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos son cruciales para los cultivos porque aceleran la germinación de las semillas, ayudan en la absorción de nutrientes y aumentan la capacidad de la planta para retener agua” (Rodríguez, 2019).

Conocer el área foliar de un cultivo es crucial, este índice nos indica la capacidad de la planta para convertir la energía luminosa en energía química, por lo que un cultivo con un área foliar más grande puede ser más productivo (Soto y Plana 1984; Soto y Rivera, 1979 citado en Martín, Soto, Rivera y Rentería, 2006).

Castro (2009) como se citó en Amaguaña (2012), afirma que “la planta puede realizar la fotosíntesis cuando tiene raicillas y sus primeras hojas, por lo que necesita estar expuesta a condiciones ideales de iluminación, oxigenación y nutrientes”.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)

2.2.1.1. Descripción

Regalado (2009) como se citó en Montoya (2018), indica que el forraje hidropónico (FH) se obtiene mediante el proceso de germinación de los granos de leguminosas o cereales (maíz, soya, cebada, sorgo) de 9 a 15 días, logrando una altura de 20 a 25 cm., y que los animales completamente se alimentan de: raicillas, tallos, hojas y residuos de semilla.

Tarrillo (2008, como se citó en Luna, 2013), explica que el FVH es el resultado del proceso de germinación de los granos (cebada, trigo, maíz, avena, etc.) que se lleva a cabo por un periodo de 8 a 15 días, atrayendo energía solar y absorbiendo los minerales disueltos de la solución nutritiva. La producción de granos germinados viene a ser un proceso hidropónico, porque no se desarrolla en el suelo, permitiendo la producción de granos instalados en charolas, obteniendo una masa forrajera de alto valor nutricional, 100% consumible, 90% digerible y libre de impurezas. Dado que no necesita de grandes extensiones de terreno y se produce en menor tiempo, el proceso hidropónico es una idea nueva en la producción.

FAO (2001, como se citó en Yansi y Gonzáles, 2018), afirma que, utilizando semillas viables, el forraje verde hidropónico es una técnica para la obtención de biomasa vegetal desde las primeras etapas de desarrollo de la planta, como la germinación y temprano crecimiento de plántulas. El forraje vivo, es sumamente ideal para la nutrición animal por su alta calidad nutricional y alta digestibilidad.

2.2.1.2. Importancia del FVH

Oliveira (2008, como se citó en Moreno, 2018), afirma que, por ser un sistema de producción agrícola, la hidroponía es importante, relacionado a factores ecológicos, económicos y sociales; por ser un instrumento útil en zonas donde la producción de alimento es compleja. El FVH representa una opción de producción para la alimentación de animales mayores y menores; y en períodos de escasez de forraje verde es particularmente útil.

Gómez-Hidalgo (2007, como se citó en Valverde-Lucio et al., 2018), mencionan que el FVH es una importante alternativa de alimento para sistemas semi intensivos e intensivos de la producción animal. Por lo tanto, el FVH resulta del uso de germinación de cereales (maíz, trigo, cebada, entre otras) que permite el crecimiento de la planta liberando todo el nutriente del grano, para que sea digerible y disponible al instante. Los animales lo comen y se benefician de los nutrientes esenciales, para un eficiente crecimiento y desarrollo.

El contenido de vitaminas del FVH es alto, particularmente A y E, contiene carotenoides entre 250 a 350 mg por kg de materia seca, altos niveles de hierro, fósforo y calcio, con alta digestibilidad por la escasa presencia de lignina y celulosa (Juárez-López et al., 2013).

Rodríguez y Tarrillo (2005, como se citó en Herrera y Núñez, 2007), expresan que para hacer agricultura era indispensable tres cosas: agua, clima y suelo, esto se enseñaba antiguamente en la universidad. En la actualidad es posible cultivar en invernaderos en condiciones difíciles y sin la utilización del suelo, método más conocido como hidroponía. Sin embargo, el agua es y siempre será el factor limitante para toda la producción agrícola. Esencialmente, una de las ventajas de la agricultura sin suelo es el importante ahorro del agua, lo cual es una buena alternativa en lugares donde la sequía es común. Una forma de resolver este inconveniente natural, es producir FVH dentro de invernaderos sencillos y económicos, que permita mantener en las comunidades campesinas alto andinas una producción intensiva de forraje fresco para los animales, en condiciones de frío extremo y condiciones de sequía extrema, que se están presentando en muchos lugares del país. La producción fuera del suelo ya ha sido justificada en varios estudios que se han desarrollado en diversos países y en el Perú.

Sánchez (2000, como se citó en Herrera y Núñez, 2007), menciona que un método de producción de biomasa vegetal es el FVH, increíblemente nutritiva y saludable; dependiendo de la especie este proceso se puede completar rápidamente (9 a 20 días), en cualquier estación del año y cualquier espacio geográfico, de tal manera que se cumplan los requisitos mínimos necesarios. El FVH es una técnica complementaria y no compete con la producción tradicional de forraje mediante especies aptas (cebada, avena, maíz, etc.) para producción convencional de forraje.

Alvarado (2020, como se citó en Tubon, 2022), indica que el FVH ofrece resultados mejores con un mayor nivel de aceptabilidad por parte de los animales monogástricos y poligástricos, que prefieren consumir el área de las primeras hojas verdes, asimismo la parte radicular y base como la semilla no son rechazadas, sino son apetecidas y aprovechadas integrando con proteínas y carbohidratos su alimentación. Sus cualidades organolépticas como la textura, sabor y color forman un alto nivel de palatabilidad, optimizando su metabolismo y digestión de otros alimentos.

Abad et al. (2020), afirman que las inversiones en proyectos hidropónicos se mantendrán e inclusive aumentarán para abordar la inseguridad alimentaria a nivel mundial, y aprovechar oportunidades comerciales sostenibles en la industria de producción de alimentos.

Arano (1998, como se citó en Herrera y Núñez, 2007), describe que el FVH fue desarrollado para deshacerse de la dependencia y las restricciones provocadas por las malas condiciones ambientales y del suelo; condiciones meteorológicas desfavorables, como nieve, escasas precipitaciones, etc.; facilitando al productor obtener forraje verde en la calidad y cantidad requerida, a un costo mínimo que el forraje convencional; reemplazando los grandes espacios de tierra que son necesarios para conseguir forraje, y la creación de fincas competitivas de pequeños espacios y producciones altas en lugares donde el suelo y el clima son desfavorables.

2.2.1.3. Ventajas del FVH

Según Vázquez (2014, como se citó en Moreno, 2018), indica que hay una serie de ventajas en la producción de FVH al contrastar con la técnica de producción de forraje en condiciones de campo, mencionando que:

- Se produce en un pequeño espacio.
- Demanda poca agua. El agua utilizada en un método de producción de FVH se recicla, regando sólo 3 minutos por día.

- Incremento en la producción de leche, contenido de grasa y sólidos totales de vacas en pastoreo.
- Mejora las características físicas del animal, disminución de los días que pasa inactivo, reduce la probabilidad de mastitis y de placenta retenida.

Carballido (2006, como se citó en Herrera y Núñez, 2007), menciona que las ventajas de la producción de FVH son:

- Mayor rendimiento por unidad de área en superficies pequeñas, comparando con los campos consignados para tal fin.
- Para producirlo se necesita menos agua.
- Las cantidades necesarias para el mantenimiento de los animales son fáciles de programar.
- Disponible todo el año.
- Usa menos mano de obra.
- Producción de un forraje de alto valor nutricional, debido a que proporciona una proteína a menor precio y alta calidad.
- Obtención de un forraje con alto sabor.
- No es necesario utilizar maquinaria pesada.
- Impulsar la salud de los animales (pp. 18-19).

2.2.1.4. Factores que influyen en la producción de FVH

Alvarado (2011, como se citó en Pacco, 2018 y Castillo, 2017), menciona lo siguiente:

- **Luz**

Para una producción óptima de forraje hidropónico, las bandejas deben mantenerse con poca luz durante los primeros 3 días para promover el crecimiento de brotes y raíces, desde el cuarto día hasta la cosecha, se requiere un ambiente bien iluminado, evitar exponer las bandejas a la luz solar directamente. Si el ambiente es extremadamente oscuro, se puede usar luces fluorescentes, para iluminar la bandeja hasta por 12 a 15 horas.

- **Temperatura**

Es importante en gramíneas porque produce una gran cantidad de FVH y necesita temperaturas entre 25 y 28 °C además de ser extremadamente rico en nutrientes. Además, las noches no son buenas para las gramíneas porque la respiración es muy activa y las plantas consumen importantes reservas energéticas a expensas de la fotosíntesis, que ocurre durante el día, si la temperatura es superior a 30°C, hay problemas con la actividad celular que reduce el potencial de retención de agua por parte de las raíces.

- **Humedad**

Con un rango requerido de 65 a 70 %, es otro elemento crucial en la producción de forraje hidropónico. Es fundamental mantener una humedad relativa del 65 al 70 % dentro del invernadero. Sin una ventilación adecuada, porcentajes superiores al 90% pueden generar problemas fitosanitarios graves, principalmente debido a enfermedades fúngicas difíciles de tratar.

- **Calidad de semilla**

Rodríguez (2002, como se citó en Pacco, 2018), indica que la tasa de germinación de las semillas debe estar entre el 80 y el 90 %, lo cual es un elemento crucial. Los granos más comunes para producir FH son el sorgo, maíz, trigo, avena, cebada y centeno, debido a que cumplen esencialmente ciertos criterios para aumentar el rendimiento libre de patógenos, principal problema que sufre el productor que comienza con la técnica. Asimismo, las siguientes exigencias para la producción de forraje hidropónico son:

- ✓ Asegurar de que el grano utilizado esté libre de agroquímicos nocivos y acción residual, debido a que el proceso de producción puede ser problemático para los animales que consumen el producto debido a su corta vida útil.
- ✓ El grano debe tener una alta tasa de germinación de al menos el 90%.
- ✓ Que el grano esté en óptimas condiciones, debido a que suelta almidón, lo que facilita que se propaguen las enfermedades.

- **Calidad de agua**

FAO (2001, como se citó en Pacco, 2018), menciona que el agua debe ser potable para ser utilizada en sistemas hidropónicos. Su fuente puede ser de pozo, tuberías que transportan agua o lluvia. Existen requisitos para el uso de agua para cultivos hidropónicos con respecto a (1) el contenido de sales y elementos fitotóxicos (cloro, sodio y boro); (2) el contenido de microorganismos patógenos; (3) la concentración de metales pesados; y (4) la concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. En el caso de que la calidad del agua no sea la adecuada, será imprescindible realizar un análisis químico exhaustivo de la misma. A excepción de unas pocas plantas, como las leguminosas, que pueden crecer con un nivel de pH próximo a 7.5, todas las demás semillas, en su mayoría cereales, no funcionan eficazmente por encima de un nivel de pH de 7. El valor del pH del agua es entre 5 y 7.

2.2.1.5. Métodos de producción de FVH

Tarrillo (2005, como se citó en Montoya, 2018), describe que:

- ✓ Selección de semillas. Se aconseja utilizar semillas de cereales de lotes sin impurezas y que provengan de plantas que se encuentren libre de plagas y enfermedades. Asimismo, las semillas deben ser aptas, sanas, secas y con al menos un 85% de germinación.
- ✓ Lavado. Debido al alto número de microorganismos en las semillas, las semillas se lavan para eliminar el polvo presente en ellas, el lavado consiste en sumergir las semillas en agua, agitarlas durante unos segundos y luego retirar el agua impura, proceso que se repite unas tres veces, teniendo en cuenta el grado de suciedad de las semillas.
- ✓ Desinfección. Desinfectar las semillas para no contar con microorganismos y esporas de hongos. El proceso se efectúa sumergiendo las semillas en una solución de agua más lejía (hipoclorito de sodio) al 1 % (10 ml de lejía por l de agua) el tiempo varía de 30 minutos a 2 horas.
- ✓ Remojo. Activar la vida latente del grano y desencadenar su actividad enzimática; además de suavizar la cutícula que recubre al grano y favorecer la germinación, son los objetivos de remojar las semillas en agua durante 24 horas.
- ✓ Oreo. Una vez que las semillas han terminado de remojar, se enjuagan con agua y se colocan en un recipiente con agujeros en el fondo para permitir que el agua se drene. El recipiente también está cubierto para mantener la humedad. En esta etapa, las semillas no necesitan ser regadas y permanecen durante uno o dos días hasta que aparezca el punto de germinación de la semilla.
- ✓ Germinación. Esta etapa las semillas se siembran en charolas plásticas, con densidad de 5 a 8 kg de semilla seca por metro cuadrado de charola, y una altura promedio de semillero de 1 a 2.5 cm. Inmediatamente las bandejas son instaladas en un estante de germinación, y regadas con agua tres a cuatro veces al día. Luego de 4 a 6 días las bandejas son reubicadas al estante de producción.
- ✓ Producción. Para esta última etapa, las bandejas que se encuentran en los estantes de producción, donde terminarán de desarrollarse durante 6 a 8 días adicionales. Tienen un área de mayor iluminación y riego con soluciones nutricionales, efectuada uno o dos veces diarias, como parte de un sistema de recirculación.

Gutiérrez et al. (2000, como se citó en Orellana, 2015), indican que:

El cultivo se recolecta cuando la plántula tiene una altura promedio de 25 cm. Este proceso tarda de 9 a 15 días, dependiendo de los escenarios ambientales, el invernadero, y la frecuencia de riego. Debido a la alta densidad de siembra, las raíces se entrelazan entre sí, lo que da como resultado una gran cubierta radicular.

2.2.1.6. Fertilización en FVH

Paredes (2010, como se citó en Pacco, 2018), menciona que, en hidroponía, todos los nutrientes esenciales se les dan a las plantas al disolver sales fertilizantes en agua para crear la solución nutritiva. Se deben tener en cuenta numerosos factores al elegir las sales que se utilizarán. Se comparará la relación de iones que se debe agregar a la composición con la requerida para la formulación del nutriente; por ejemplo, una molécula de nitrato de potasio KNO_3 proveerá un ion de potasio K^+ y otro ion de nitrato NO_3^- , y una molécula de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nos facilitará un ion cálcico Ca^{++} y dos iones de nitrato. Las sales fertilizantes en los cultivos hidropónicos deben ser altamente solubles, ya que deben permanecer en solución para ser absorbibles por las plantas. Por ejemplo, el Calcio puede ser entregado por el nitrato cálcico o por el sulfato cálcico; el último es más económico, pero su solubilidad es muy baja; por ende, el nitrato cálcico será el que utilizemos para abastecer la totalidad de las necesidades del calcio. El precio de un fertilizante en particular se considera según su utilización; generalmente, corresponde usarse lo que normalmente se menciona como grado técnico donde el precio viene a ser mayor que una cantidad agrícola, pero la solubilidad es mucho mayor.

Miranda (2006, como se citó en Pacco, 2018), señala que la solución nutritiva es el agua que contiene nutrientes y minerales importantes disueltos. Estos nutrientes se agregan al agua a través de sales o fertilizantes comerciales en las cantidades y proporciones adecuadas para satisfacer las necesidades de crecimiento y desarrollo de las plantas. Cada solución nutritiva debe aportar a las plantas 13 minerales esenciales: nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio, azufre, cloro, hierro, manganeso, cobre, boro, zinc, y molibdeno, cada uno de estos nutrientes debe estar dentro de un rango óptimo para asegurar que las plantas reciban una dieta balanceada. Cuando una planta no puede completar su ciclo de vida por falta de un elemento, se dice que el elemento es esencial, por ejemplo: si no hay suficiente nitrógeno, la planta no se desarrollará de forma normal y morirá tempranamente, este es trascendental puesto que es un componente de muchos compuestos esenciales, que incluyen ácidos nucleicos, hormonas, proteínas y muchas vitaminas.

2.2.2. Maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

2.2.2.1. Generalidades

A lo largo del siglo XX y principios del XXI, el maíz ha sido el cereal que más impacto tuvo en diversos sectores económicos a nivel mundial. Los principales usos del maíz en países industrializados son para la fabricación de alimentos procesados, como forraje y últimamente, para producción de etanol. En cambio, una parte considerable del maíz

producido o importado en algunas naciones de América Latina y cada vez más, en naciones de África se designa al consumo humano (Cajamarca, 2016 cita a Moreno, 2018).

En América Central, el maíz es un cultivo nativo, y la cordillera de los Andes alberga diversas regiones productoras de maíz. Comenzando por México hasta la Región Andina de América del Sur. El maíz es una fuente de alimento fundamental, especialmente en lugares rurales, donde es limitado el acceso a tecnología y variedades mejoradas. Los nativos americanos comenzaron a domesticar (selección y procesamiento) los cultivos, hace más de 8000 años. El maíz domesticado perdió su capacidad de subsistir en la naturaleza, pero obtuvo una serie de beneficios nutricionales. Sin embargo, la planta antepasada, el teosinte, todavía está presente en México y Guatemala como hierba silvestre (Serratos, 2009 como cita Moreno, 2018).

Destaca el hecho de que las raíces seminales crecen de la radícula de la semilla a la profundidad a la que fue cultivada, y que su tasa de crecimiento comienza a disminuir después de que la panoja rompe la superficie del suelo y que cesa por completo cuando la plántula alcanza las tres hojas (Calero, 2006 como cita Ruiz, 2015).

Lorente (2007, como se citó en Ruíz, 2015), explica que el período de tiempo comienza una vez que ocurre la germinación del maíz. Si las condiciones climáticas y de cultivo son típicas, crecerá una nueva hoja cada tres días. La planta debe tener cinco o seis hojas veinte días después del nacimiento, y para la cuarta o quinta semana, debe estar completamente desarrollada.

2.2.2.2. Descripción de la variedad Marginal 28-T

INIA (2008, como se citó en Espíritu, 2018), afirmó lo siguiente:

Los cultivares LA MAQUINA 7928, ACROSS 7728 y FERKE 7928, se cruzaron entre y dentro de poblaciones para producir la variedad M 28-T, adaptado y mejorado por INIA a los ambientes tropicales de la selva y costa norte del Perú, con ayuda del CIMMYT.

Características de la semilla:

- Variedad: Marginal 28-Tropical
- Origen: INIA- Estación Experimental Agraria "El Porvenir" de Tarapoto.
- Utilizado por hectárea: 25 kg en total.
- Porcentaje Germinación: 90% comprobado.
- Forma: Plana, mediana y largo como un diente).
- Color: Amarillo rojizo cristalino con ligera capa crema.
- Tamaño: 11.8 mm (11.5 – 12.0 mm).

- Peso de 100 granos: 35.16 gramos (34.2 y 36.8 g) comprobada.

Plántula

- Vigor inicial: Intermedio.
- Color: Verde claro. (p.9)

2.2.2.3. Condiciones edafoclimáticas

Coronel (2015), indicó lo siguiente:

El maíz es una planta con una amplia capacidad de respuesta a los factores que brinda la naturaleza, y tiene alto nivel de contestación a los efectos de la luz. Hoy, existe una gran variedad de cultivares que se pueden cultivar en ambientes muy diferentes a su hábitat nativo.

La producción de maíz en las regiones tropicales se ve gravemente limitada por la falta de agua. La sequía o el estrés hídrico durante los primeros 15 a 30 días del establecimiento del cultivo pueden provocar pérdidas de plantas jóvenes, lo que reduce la densidad de población o retrasa el crecimiento. A pesar de eso, sin afectar significativamente el rendimiento, el cultivo puede rescatarse.

2.2.2.4. Maíz para la producción de FVH

Rodríguez (2002, como se citó en Moreno, 2018), dice que, por lo general el grano de maíz (*Zea mays*) se usa para producir FVH, y la calidad de la semilla es un elemento crucial. La tasa de germinación de la semilla debe estar entre el 80 y el 90 %. Según los informes, el grano de maíz puede ayudar a los productores de FVH a lograr niveles más altos de biomasa libre de patógenos, que es su principal desafío cuando implementan el sistema por primera vez.

El análisis del valor nutricional de FVH es un material de alta calidad superando a otros forrajes, como se muestra en la tabla 1, este material se puede dar al ganado en su totalidad, incluidas las raíces, semillas, tallos y hojas. El hecho de que sea extremadamente apetecible gracias a su apariencia, sabor, color y textura es una de sus mayores ventajas (Carballido, 2005 como cita Moreno, 2018).

Tabla 1
Valor nutricional - FVH de maíz

Característica Nutricional	FVH de maíz
Proteína %	19.40
Energía TDN %	75.00
Grasa %	3.15
Digestibilidad %	90.00

Fuente: Carballido (2005).

2.2.3. Fertilizantes sintéticos y orgánicos

2.2.3.1. Fertilización completa y balanceada NPK

Según Molinos y Cía S.A. (2020) indica lo siguiente:

Ficha técnica : Molimax 20-20-20

Composición : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, KCl

Aspecto : Mezcla física de gránulos cristalinos y/o vidriosos de color blanco, marrón claro a oscuro o negro y rojo.

Nitrógeno (N) : 20%

Fósforo (P_2O_5): 20%

Potasio (K_2O) : 20%

Presentación : Bolsas polietileno de 50 kg.

Uso : Se aconseja para cultivos en etapa temprana que necesitan mucho nitrógeno, fósforo y potasio, como: algodón, hortalizas, papa, espárrago, frutales, etc.

Molinos y Cía S.A. (2014, como se citó en Del Aguila, 2014), menciona que la formación de la estructura de la planta está influenciada principalmente por el nitrógeno; la formación de las raíces, la floración y la fructificación de una planta dependen mucho del fósforo, mientras que la síntesis de carbohidratos (azúcares) está sujeta al potasio, durante la formación y transferencia de almidones a los órganos de reserva (fruta).

2.2.3.2. Urea (46%)

Araque (2001), indica que la urea, con la fórmula química N_2H_4CO , es un compuesto nitrogenado incoloro, cristalino y no proteico que se crea en plantas químicas mediante la fijación de nitrógeno de la atmósfera a alta presión y alta temperatura. Además, para los rebaños donde la única fuente de alimento disponible es el forraje, que generalmente es bajo en proteínas, la urea representa un recurso alimenticio valioso y asequible. Este componente, que se puede obtener en forma de concentrado, ensilado, bloques multi nutricionales y diversos tipos de mezclas, aporta el nitrógeno necesario para la fermentación del rumen y la formación de proteínas.

La urea es una fuente muy importante en la fertilización nitrogenada en todo el mundo, principalmente en los países en desarrollo; en comparación con otros fertilizantes, tiene las siguientes ventajas: se puede incorporar un mayor contenido de N al suelo antes de la siembra; puede usarse en suelos neutros o levemente alcalinos por ser un fertilizante de reacción ácida; y también es menos costoso de transportar por unidad de N y para una manipulación más segura (Trenkel, 2010 y Cantarella et al. 2018, como se citó en Morales-Morales et al., 2019).

La urea se crea por la reacción de amoníaco y dióxido de carbono con la ayuda de un catalizador, en un depósito especial a temperaturas que van de 170 a 210° C y presiones que fluctúan de 170 a 400 atmósferas (Galloway et al., 2004 como se citó en Morales-Morales et al., 2019).

El fertilizante nitrogenado sólido con mayor concentración de nitrógeno, 46% en forma ureica, es la urea, una amida del ácido carbónico. El nitrógeno no puede ser absorbido por la planta de esta forma; en cambio, primero debe transformarse en amoníaco y luego en forma nítrica. Entre 5 y 10 días después de la incorporación, dependiendo de la temperatura y la humedad, se logra la transformación de amino a nitrógeno amoniacal por hidrólisis con la ayuda de la enzima ureasa. A pesar de no estar hidrolizada, la urea es tan móvil como el nitrato (AGROPAL, 2022).

2.2.3.3. Fertilizante completo más micronutrientes

YaraMila Complex es un fertilizante complejo en presentación perlada que ofrece un equilibrio proporcional de nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal, para apoyar al desarrollo de la planta en sus diversas etapas. La cantidad total de fósforo es accesible y asimilable por la planta, lo que garantiza un amplio aprovechamiento del fósforo durante todo el período de desarrollo de la raíz. Contiene potasio de sulfato soluble y digerible, tiene un contenido de cloro muy bajo. Debido a su estrecha relación con la producción de azúcares, el potasio es un componente crucial para determinar la calidad de frutas y verduras. Yara

ofrece un balance equilibrado muy rico en componentes nutricionales sin nada de polvo. La planta se beneficia del magnesio, azufre y microelementos que se encuentran en ellos, ya que refuerza en la producción de clorofila o la síntesis de enzimas, vitaminas y proteínas (YARA PERÚ, 2022).

Vademécum agrícola (2008, como se citó en Camalle, 2013), señala que, con el fin de aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos, garantizando un aporte exacto y completo de estos nutrientes, YaraMila ofrece una extensa gama de nutrientes para plantas que son compuestos a base de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Según YARA PERÚ (2022), indica la siguiente ficha técnica:

Grado: Agrícola

Aspecto: Fertilizante perlado de color verde

Densidad: 1.14 kg/l

Composición:

- Nitrógeno total :12.4%
- P₂O₅ :11%
- K₂O :18%
- MgO :2.7%
- S :8%
- B :0.015%
- Fe :0.2%
- Mn :0.02%
- Zn :0.02%
- Libre de cloruro

Presentación : Bolsas de polietileno de 50 kg.

Uso : Fertilizante para aplicación directa al suelo o fertirriego.

2.2.3.4. Abono orgánico foliar

VIGOR SUELO es un ácido fúlvico y húmico y altamente concentrado derivado de la Leonardita siendo esta la fuente más activa disponible de humatos y de mejor calidad.

Ficha técnica: (VIGOR SUELO actualizado en enero del 2020)

Grado: Agrícola

Aspecto: De color negro

Composición

- Materia Orgánica: 75 %
- Ácidos Fúlvicos: 15 %
- Ácidos Húmicos: 12 %
- Total, de ácidos: 27%
- Aminoácidos Libres: 8%
- Nitrógeno (N): 2.8%
- Potasio (K₂O) : 1.5%
- Calcio (Ca): 0.077%
- Magnesio (Mg) : 1.3%
- Boro (B): 0.6%
- Cobre (Cu): 0.01%
- Hierro (Fe): 0.07%
- Zinc (Zn): 0.085%
- Molibdeno (Mo): 0.01%

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

Ubicación geográfica

Latitud Sur : 6° 35' 17.98"

Latitud Oeste : 76° 29' 47.04"

Altitud : 742 msnm

Ubicación Política

Centro poblado : Uchummullaca

Distrito : Zapatero

Provincia : Lamas

Región : San Martín

3.1.2. Periodo de ejecución

El proyecto de investigación comienza el 15 de enero del 2023, en dicha fecha se delimitó el espacio e instaló el experimento, luego se hicieron las evaluaciones para finalmente entregar el informe de tesis, en busca de su respectiva aprobación. Todo el periodo de ejecución duró 5 meses.

3.1.3 Autorización y permisos

3.1.3.1. Autorización de ejecución

La autorización para la ejecución de la investigación se oficializó vía resolución, por parte de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín con N° 115-2022-UNSM/FCA/CF y fecha 10 de setiembre del 2022.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

3.2.1.1. Variable independiente

Fuentes de nutrición (fertilizantes y abono orgánico) en diferentes dosis.

3.2.1.2. Variable dependiente

Objetivo específico 1.

Evaluar cuatro fuentes de nutrición (abono orgánico, fertilizante 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante con macro y micronutrientes) en tres diferentes dosis (0.5, 1 y 1.5 l/cilindro), sobre la producción del FVH de maíz amarillo duro.

- Altura de planta (cm). Se determinó al momento de la cosecha, es decir a los 19 días después de la instalación del experimento, para ello se seleccionaron diez plántulas al azar por cada unidad experimental, para medir con una regla milimétrica desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja (ver anexos, figura 27).
- Masa radicular (g). En esta variable se cortó a cada plántula al nivel del cuello, posteriormente se pesó el total de la masa radicular de cada bandeja una vez cosechada el forraje (ver anexos, figura 28).
- Longitud de raíz (cm). Se tomaron las mismas plántulas anteriormente seleccionadas y se midió el largo de la raíz principal utilizando una regla milimétrica (ver anexos, figura 29).
- Área foliar (cm²). Al momento de la cosecha se tomaron las mismas plántulas anteriormente evaluadas en las otras variables y con una cinta métrica se midió el ancho y el largo de la hoja, se multiplicaron estas medidas por 0.75 (factor de conversión del área foliar) (ver anexos, figura 30).
- Peso total del FVH (kg). A los quince días después de la siembra se procedió a cosechar el forraje producido por cada tratamiento, para determinar la producción de este indicador (ver anexos, figura 31).

Objetivo específico 2

Realizar análisis económico a todos los tratamientos en estudio.

Se hizo los cálculos respectivos en costos de producción de cada tratamiento, el cual fue operacionalizado con los ingresos brutos y costos de producción, haciendo una proyección de los rendimientos en base a 20 m². El precio estimado fue de S/. 4.00/kg de FVH. Se determinó de la siguiente manera:

Beneficio bruto (BB)

$$BB= RT \times P$$

Donde:

RT =Rendimiento total (peso del FVH en gramos).

P = Precio de cada unidad de producción. (kg)

Beneficio neto (RN)

$$\text{BN} = \text{BB} - \text{CP}$$

BB =Beneficio Bruto.

CP = Costos de producción.

Rendimiento del capital invertido (B/C)

$$\text{B/C} = (\text{BN/ CP}) \times 100$$

Donde: BN = Beneficio neto.

CP = Costos de producción.

3.3 Procedimientos de la investigación

3.3.1. Objetivo específico 1

Evaluar cuatro fuentes de nutrición (abono orgánico, fertilizante 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante con macro y micronutrientes) en tres diferentes dosis (0.5, 1 y 1.5 l/cilindro), sobre la producción del FVH de maíz amarillo duro.

Actividad 1. Elaboración del diseño de la investigación

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con doce tratamientos, y tres repeticiones. Consolidando 36 unidades experimentales. Los datos obtenidos en el estudio fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA) en el programa Infostad.

Para determinar las diferencias estadísticas de los promedios se utilizó la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 2

ANVA para los tratamientos

Fuente de Variabilidad	gl
Repeticiones (r-1)	3-1=2
Tratamiento (t-1)	12-1= 11
Error (t-1) (r-1)	4x2= 22
Total (rt-1)	36-1= 35

Tabla 3
Tratamientos en estudio

Tratamiento	Descripción
T1	Abono orgánico foliar en 0.5 l/cil
T2	Fertilizante foliar 20-20-20 en 0.5 l/cil
T3	Fertilizante nitrogenado en 0.5 l/cil
T4	Fertilizante químico con macro y micronutrientes en 0.5 l/cil
T5	Abono orgánico foliar en 1 l/cil
T6	Fertilizante foliar 20-20-20 en 1 l/cil
T7	Fertilizante nitrogenado en 1 l/cil
T8	Fertilizante químico con macro y micronutrientes en 1 l/cil
T9	Abono orgánico foliar en 1.5 l/cil
T10	Fertilizante foliar 20-20-20 en 1.5 l/cil
T11	Fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil
T12	Fertilizante químico con macro y micronutrientes en 1.5 l/cil

Actividad 2. Acondicionamiento e instalación del espacio

Inicialmente se ubicó una casona situada en el “fundo” del señor, Luis Armando Silvero Alberca, que está situada a 1 km aproximadamente de distancia de un pequeño pueblo denominado Huchumullaca – Distrito de Zapatero Provincia de Lamas – Región San Martín.

La casa consta de las siguientes medidas 12 metros de largo por 7 metros de ancho y una altura de 2.8 metros. Sin embargo, para darle las condiciones aproximadas a las ideales para instalar el proyecto ya antes mencionado había que hacer unos cuantos ajustes relacionados a continuación.

Se procedió a dividir el espacio por la mitad de su área, quedando las nuevas medidas distribuidas de la siguiente manera, 6 metros de largo por 7 metros de ancho y 2.8 metros de altura. Seguidamente se utilizó un total de 75 m² de malla Rashel color negro, para delimitar el total del perímetro del área destinada para realizar el trabajo (ver anexos, figura 7).

Se construyó tres tarimas, cada una de ellas compuesta por dos banquetas estas comúnmente conocidas como (caballetes) y tres tablas de 3 metros de largo por 25 cm de ancho y 1” de espesor, cabe mencionar que cada tarima quedó a 50 cm del suelo firme, entonces como se construyeron tres tarimas se emplearon nueve tablas y seis banquetas (caballetes), todos estas de madera de la especie Moena (*Aniba gigantiflora*), también se instaló una mesa y un banco dentro del (vivero), y como para complementar la información, todas y cada una de las tarimas fueron perfectamente niveladas, esto para no tener problemas ni ningún tipo de inconvenientes con la homogenización de cada una de las soluciones hídricas que se estaría trabajando, cubriendo o humedeciendo de forma

igualitaria a cada una de las semillas de cada tratamiento y de cada unidad experimental en la figura 1 de anexos se observa algunos materiales utilizados para esta etapa.

Acto seguido, colocamos cada una de las bandejas destinadas para el presente trabajo perfectamente niveladas, 12 de las mismas por cada tarima haciendo un total de 36 bandejas en tres tarimas diferentes, distribuidas de la siguiente manera; 4 tratamientos y 3 repeticiones por tarima (ver anexos, figura 8).

- **Dimensiones del campo experimental**

El espacio total donde se instaló el experimento tuvo las siguientes medidas:

Largo : 12 m

Ancho : 7 m

Altura : 2.8 m

Área total : 84 m²

Las medidas del espacio donde se instalaron las bandejas hidropónicas fueron:

Largo : 7 m

Ancho : 6 m

Altura : 2.8 m

Área total : 42 m²

Medidas de las bandejas

Largo : 0.48 m

Ancho : 0.30 m

Área : 0.14 m²

- **Población y muestra**

Población

Se trabajó con 36 unidades experimentales, haciendo un total de 25,200 plántulas de maíz amarillo duro.

Muestra

Para las evaluaciones se tomaron como muestra 360 plántulas de maíz amarillo duro, es decir 10 plántulas por cada unidad experimental.

Actividad 3. Tratamientos previos de las semillas de maíz amarillo duro para producción de FVH

La semilla utilizada fue de la variedad "Marginal-28".

- Se inició con el prelavado de la semilla para garantizar el aislamiento y protección de la misma ante cualquier efecto secundario de algún patógeno o material no deseado, esto para mejorar el proceso de germinación tras una correcta desinfección de la

materia prima la cual es objeto de estudio, el proceso se realizó en una solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 10 %. Diluimos 1 l de agua y añadimos 10 ml de (lejía) para desinfectar la semilla, entonces tendríamos 8 L $\frac{1}{2}$ de agua y 85 ml de hipoclorito de sodio, luego colocamos la semilla de maíz amarillo duro junto a la solución desinfectante en un balde de 20 L. Dejamos reposar durante un periodo de tiempo corto 5 minutos posterior a ello pasamos a enjuagar la semilla para limpiar los restos de cloro existentes en la testa o parte superior de la semilla repetimos esta acción por tres veces (ver anexos, figura 9).

- Continuando con los trabajos se colocó y depositó la semilla al remojo durante un día (24 horas) de igual forma al paso anterior diluimos 1 l de agua pura para 1kg de maíz amarillo duro, entonces consiguiendo 8 L $\frac{1}{2}$ de agua para 8 kg $\frac{1}{2}$ de maíz.
- Se retiró cuidadosamente el total de la semilla en remojo para escurrirla utilizando un colador y posteriormente fueron esparcidas sobre una pequeña manta (carpa), buscando correcta ventilación y un oreo adecuado, este proceso se llevó durante 24 horas (ver anexos, figura 4 d).

Actividad 4. Instalación de los tratamientos de la investigación

- Utilizando una balanza gramera y un recipiente se colocó la semilla al momento de pesarla. Se pesaron 36 muestras, cada una de ellas con 250 g de maíz amarillo duro, una vez estando en las bandejas se homogenizó y esparció en la base de todo el recipiente que previamente fueron modificadas realizándoles unos pequeños orificios en las esquinas de la base, para que así estas se adecuen a las exigencias requeridas para obtener los resultados esperados al culminar dicho proyecto (ver anexos, figura 10).
- El mismo día se cubrió el total de la parte superficial de cada una de las bandejas con un plástico de color negro (ver anexos, figura 12), dicha actividad se realizó con la finalidad de romper el estado de dormancia y darle un estímulo más a la semilla de maíz amarillo duro para que esta se desarrolle y de inicio al proceso de germinación, esto por un periodo de dos días (48 horas) (ver anexos, figura 11).
- Transcurrido 2 días se quitó con mucho cuidado uno por uno los plásticos que cubrían la parte superior de las bandejas, observando un ligero cambio físico en algunos granos (hinchazón), de ahí en adelante se aplicó riego a una frecuencia de cada 4 horas por día (6:00 am, 10:00 am, 2.00 pm, 6:00 pm), durante 5 días (ver anexos, figura 12).

Actividad 5. Dosificación de los tratamientos

Las dosis estipuladas para el estudio, fueron a partir de un consenso con el asesor en base a la bibliografía y las fichas técnicas de los insumos utilizados.

A. Para riego con fertilización

Se inició con la fertilización, pesando y midiendo las dosis indicadas en cada uno de los tratamientos, con ayuda de una balanza miligramera y un recipiente dosificador en primer lugar se midieron 2.5 ml, 5 ml y 7.5 ml correspondientes a las dosis a diluir en 1 l de agua del abono orgánico foliar (ver anexos, figura 12) y fertilizante foliar 20-20-20 (ver anexos, figura 13), y también se pesó la misma dosis pero esta vez con ayuda de una balanza miligramera 2.5 g, 5 g, 7.5 g de fertilizante nitrogenado (ver anexos, figura 14) y fertilizante químico con macro y micronutrientes (ver anexos, figura 15), para diluir también en 1 l de agua (1000 ml), con el fertilizante químico que contiene macro y micronutrientes se realizó una actividad extra, una vez pesado el insumo en sus diferentes dosis, se trituro y se redujo el tamaño de los gránulos del fertilizante esto para hacer más fácil y más efectiva su solubilidad en un l de agua.

Posterior a ello con la ayuda de un atomizador se realizó la fertilización, homogenizando a cada unidad experimental a 500 ml del total de la solución preparada, que equivale a 1000 ml, entonces los 500 ml restantes se empleaban en las siguientes aplicaciones, esta actividad se realizó durante de 4 días seguidos con dos fertilizaciones diarias 6:00 am y 6:00 pm.

B. Para riego sin fertilización

En esta etapa del proyecto se dio inició el riego sin fertilización, utilizando únicamente agua pura y el atomizador (pieza clave durante todo el proceso), sin embargo, esta actividad también se realizó con una frecuencia de riego de cada cuatro horas 6:00 am, 10:00 am, 2:00 pm, 6:00 pm, realizamos esta actividad durante 4 días seguidos. Es preciso mencionar que algunas veces hubo minutos de retrasos aproximadamente entre 10-20 minutos.

Actividad 6. Evaluaciones

- A partir del cuarto día se observó mayor presencia de variaciones en cuanto a la semilla, una pequeña radícula de aproximadamente 1 cm de largo, en cada unidad experimental hubo aproximadamente entre 15 a 20 semillas con las mismas características antes mencionadas esto expresado en un tema porcentual aproximadamente fue 8% de total de las semillas. Es decir que la semilla de maíz amarillo duro, comienza el proceso de germinación a partir del cuarto día después de

haber descubierto o quitado el plástico, manteniendo un régimen estricto para el riego (ver anexos, figura 12).

- Al quinto día después de la siembra aproximadamente el 50% de semillas germinadas, es decir con la radícula entre 2 y 2,5 cm de longitud.
- Transcurrido seis días del inicio del experimento se observó la aparición del mesocotilo y coleoptilo parte importante del inicio de la formación de una nueva planta, una de las características importantes que se puede describir también es que hubo ya presencia de las raíces adventicias seminales y claro está que si tenemos raíces adventicias también podemos encontrar una pequeña proporción de pelos absorbentes, las características en mención se encontraron en pequeñas proporciones con respecto al total de la población (ver anexos, figura 14).
- Al séptimo día el mesocotilo y el coleoptilo contaban con tamaños mucho más pronunciados con colores, donde las semillas variaban de semilla entre color verde claro a verde oscuro con un ápice semi aguda, y todas las características antes mencionadas mostraban ya un incremento significativo en cuanto a tamaño, cantidad y calidad de la germinación (ver anexos, figura 15).
- Entre el octavo y noveno día apareció la hoja cotiledonal con una longitud promedio de 4-5 cm midiendo desde la base de la semilla tomando en cuenta también la altura del mesocotilo, cabe mencionar que, en esta etapa, culminaron los días de riego con agua pura (ver anexos, figura 15).

Actividad 7. Cosecha

Una vez transcurrido 19 días de haber colocado las semillas en las bandejas, se inició la cosecha, fue precisamente el último día de aplicación del riego por una vez al día (6:15 am), para empezar las evaluaciones.

3.3.2. Objetivo específico 2

Realizar análisis económico a todos los tratamientos en estudio.

3.3.1. Se tuvo en cuenta todos los gastos realizados en el estudio por cada tratamiento, para luego tabularlos y procesarlos en Excel.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado específico 1. Evaluar cuatro fuentes de nutrición (abono orgánico, fertilizante 20-20-20, fertilizante nitrogenado y fertilizante con macro y micronutrientes) en tres diferentes dosis (0.5, 1 y 1.5 l/cilindro), sobre la producción del FVH de maíz amarillo duro.

4.1.1. Altura de planta (cm)

Tabla 4
ANVA para altura de planta

FV	S.C	GL	C.M	F.C.	Sig.
Tratamientos.	582.18	11	52.93	10.95	0.000 **
Repetición	9.39	2	4.69	0.97	0.3943 NS
Error experimental	106.35	22	4.83		
Total	697.92	35.00			
R ² = 85%			CV= 9.68%		

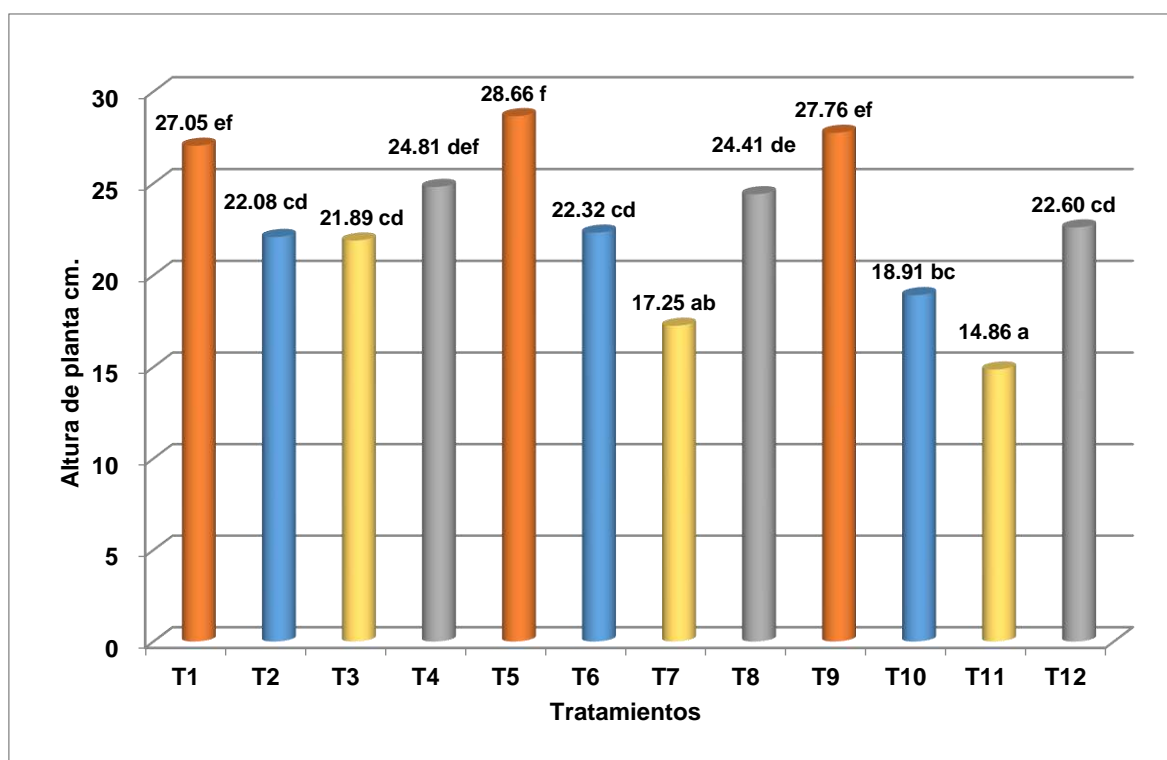


Figura 1. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de altura de planta (cm).

En la tabla 4, presenta el análisis de varianza para la altura de planta, el cual nos muestra que los tratamientos fueron altamente significantes sobre la variable, así mismo, el coeficiente de determinación (R^2) es 85% lo que indica que hubo influencia de los tratamientos en la altura de la planta. En tanto el coeficiente de variabilidad (CV) es 9.68%, con esto se demuestra la confiabilidad de los datos y la buena ejecución al momento de utilizar las herramientas e instrumentos durante la ejecución del estudio.

La prueba de rangos múltiples de Duncan mostrado en la figura 1 a un nivel de confianza (α) de 5%, expresa que si hay diferencias estadísticas de los promedios obtenidos como respuesta del efecto de los tratamientos sobre la altura de planta, teniendo mejor respuesta con la aplicación de abono orgánico foliar en 1 l/cil (T5), en el cual se obtuvo 28.66 cm de altura de planta, y con una diferencia estadística mínima están la aplicación de abono orgánico en 0.5 l/cil (T1) y la aplicación de abono orgánico foliar en 1.5 l/cil (T9), con 27.05 cm y 27.76 cm respectivamente, ambos estadísticamente iguales. Entre los promedios más bajos se dieron con el fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil (T11) y con fertilizante nitrogenado en 1 l/cil (T7) con 14.86 cm y 17.25 cm, ambos con cierta similitud estadística.

Con el T5, superamos los 24.9 cm de altura de planta obtenido por (Moreno 2018), al comparar dos variedades de maíz amarillo duro en la producción de FVH, con soluciones nutritivas sintéticas; el resultado promedio en esta variable también fue mayor en contraste con (Marín y Torres 2013), quienes al validar la tecnología de producción de FVH con maíz en Costa Rica lograron 17.7 cm. Sin embargo, (López y Mcfield 2013), superaron nuestras cifras ya que al probar tres tipos de fertilizantes sintéticos en la producción de FVH de maíz alcanzaron 32.5 cm de altura de planta con el fertilizante 12-30-10. También lo hizo (Zagal-Tranquilino et al. 2016), con su estudio para producir FVH en maíz y con charolas de cartón hallaron 30.45 cm en altura, asimismo con charolas de plástico lograron 18.66 cm.

Pacco (2018) al utilizar Biogyz (producto con certificación orgánica) en la producción de FVH de cebada obtuvo 17.47 cm, mientras Blanco, Colque y Rosales (2019) en el mismo cultivo tuvieron 23.8 cm de altura de planta.

4.1.2. Masa radicular (g)

Tabla 5

ANVA para la masa radicular

FV	S.C	GL	C.M	F.C.	Sig.
Tratamientos.	0.31	11	0.03	7.1667	0.000 **
Repetición	0.01	2	0.0038	0.9516	0.4015 NS
Error experimental	0.0868	22	0.0039		
Total	0.41	35.00			

R²= 78% CV= 23.42%

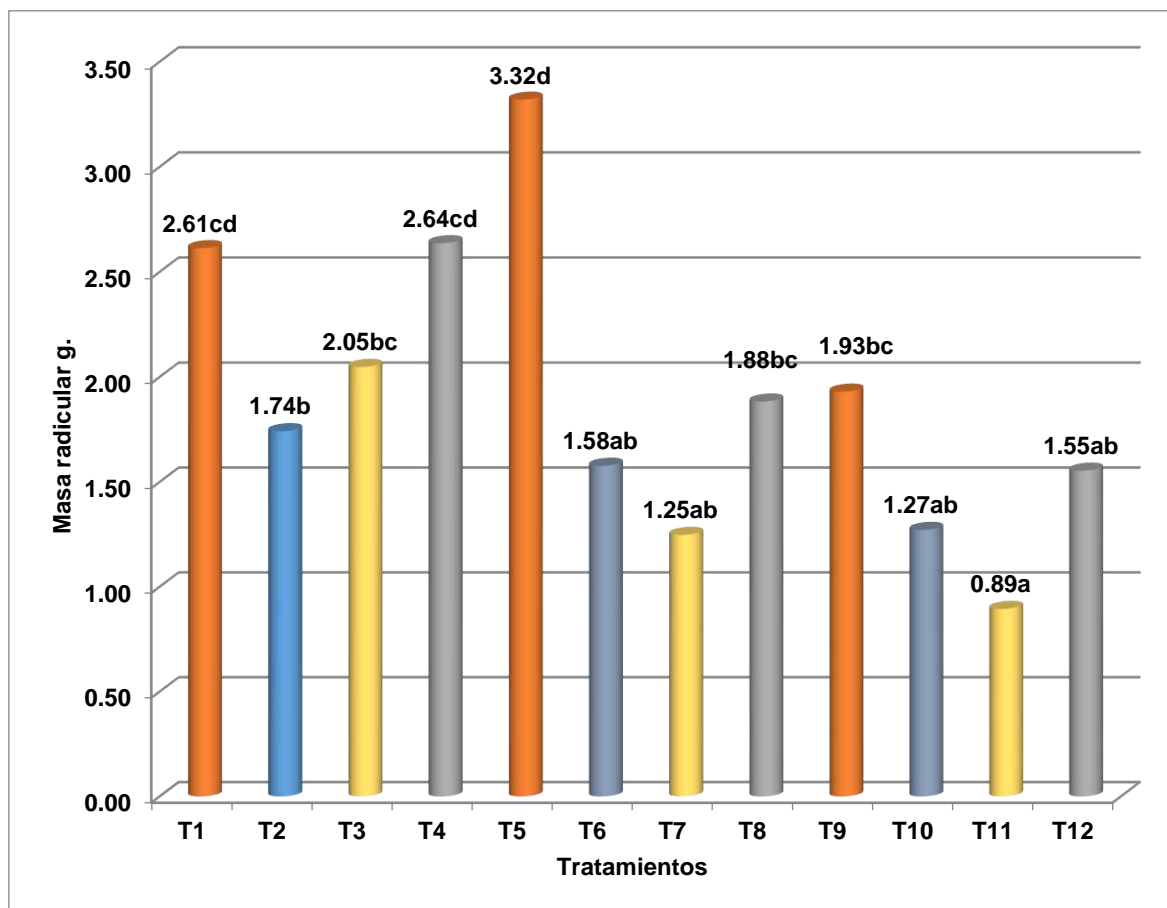


Figura 2.

Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de masa radicular (g).

En la tabla 5, se presenta el análisis de varianza para la masa radicular, el cual nos indica que los tratamientos fueron altamente significantes sobre la variable, así mismo el coeficiente de determinación (R^2) resultó con 78%, con lo que se confirma la influencia y relevancia que marcaron el efecto de los tratamientos sobre la masa radicular. En tanto el coeficiente de variabilidad (CV) obtuvo 23.42% lo que demuestra la confiabilidad de los datos, a raíz de la correcta manipulación y utilización de herramientas e instrumentos durante la ejecución del estudio.

La prueba de rangos múltiples de Duncan mostrado en la figura 2, a un nivel de confianza (α) de 5% (0.05), nos revela que existen diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos como respuesta del efecto de los tratamientos sobre la variable. Teniendo mejor respuesta con la aplicación abono orgánico foliar en 1 l/cil (T5), en el cual se obtuvo 3.32 g de masa radicular, y con una diferencia estadística mínima está el fertilizante químico con macro y micronutrientes en 0.5 l/cil (T4) y abono orgánico foliar en 0.5 l/cil (T1), con 2.64 g y 2.61 g de masa radicular respectivamente. En tanto los promedios más bajos se dieron con el fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil (T11) y el fertilizante foliar 20-20-20 en 1.5 l/cil (T10), con 0.89 g y 1.27 g de masa radicular respectivamente. La existencia de 27% de ácidos (15% fúlvico y 12% húmico) en el T5 abono orgánico 1 l/cil (ver ítem 2.2.3.4.), permitió que las raíces pesen más en contraste con los demás tratamientos, lo cual es un indicador que influye en el completo desarrollo de la planta de maíz en general. Esto respalda a la ficha técnica que presenta el producto (anexo de fichas técnica de "Vigor"), ya que allí se menciona que ayuda al rápido desarrollo del sistema radicular por ende permite que la planta absorba eficientemente los nutrientes.

Rodríguez (2019), indica que tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos son cruciales para los cultivos porque aceleran la germinación de las semillas, ayudan en la absorción de nutrientes y aumentan la capacidad de la planta para retener agua.

A su vez, Gutiérrez et al. (2000, como se citó en Jorge y Romero 2017) exponen que, las raíces de las plantas tiernas no tienen la capacidad de desarrollarse en condiciones secas, es por eso que, para garantizar un adecuado crecimiento de las raíces, la humedad debe estar cerca del 100%, como se cumple al realizar el FVH.

4.1.3. Longitud de raíz (cm)

Tabla 6
ANVA para la longitud de raíz

FV	S.C	GL	C.M	F.C.	Sig.
Tratamientos.	400.46	11	36.41	11.11	0.000 **
Repetición	8.81	2	4.40	1.34	0.2814 NS
Error experimental	72.09	22	3.28		
Total	481.36	35.00			

R ² = 85%	CV= 19.09%
----------------------	------------

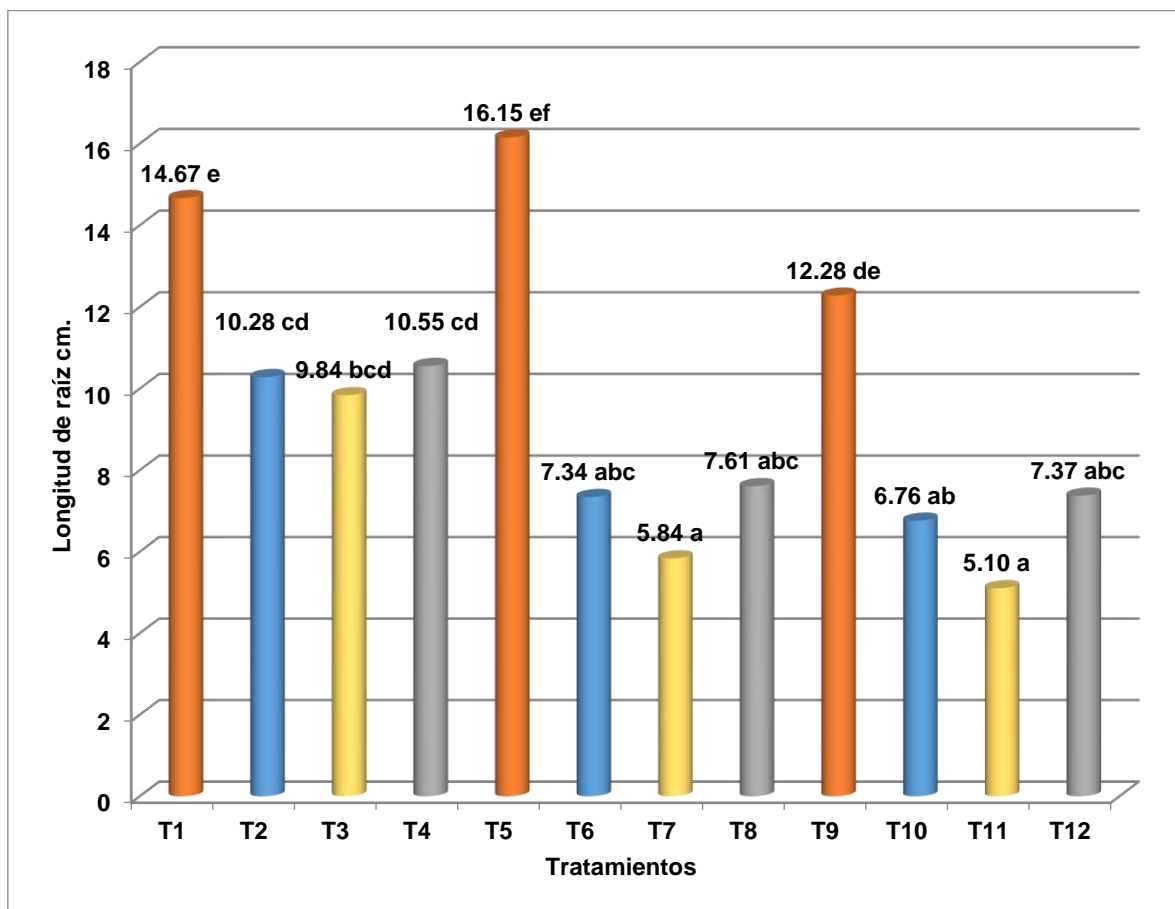


Figura 3. Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios de la longitud de raíz (cm).

En la tabla 6, se presenta el análisis de varianza para longitud de raíz, el cual nos indica que los tratamientos fueron altamente significantes sobre la variable, así mismo, el coeficiente de determinación (R^2) resultó con 85%, es decir que las variables evaluadas han sido muy bien explicadas por el efecto de los tratamientos. En tanto el coeficiente de variabilidad (CV) obtuvo el valor de 19.09% lo que demuestra la confiabilidad de los datos, a raíz de la correcta manipulación y utilización de herramientas e instrumentos durante la ejecución del estudio.

La prueba de rangos múltiples de Duncan (figura 3) a un nivel de confianza (α) de 5% (0.05), nos revela que existen diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos como respuesta del efecto de los tratamientos sobre la variable. Teniendo mejor respuesta con la aplicación de abono orgánico foliar en 1 l/cil (T5), en el cual se obtuvo 16.15 cm de longitud de raíz, y con una diferencia estadística mínima está la aplicación de abono orgánico foliar en 0.5 l/cil (T1), con 14.67 cm de longitud de raíz. En tanto los promedios más bajos se dieron con el fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil (T11) y con el fertilizante foliar 20-20-20 en 1.5 l/cil (T10), con 5.10 cm y 6.76 cm de longitud de raíz respectivamente. Al igual que en el caso anterior la mejor respuesta se debe a que existe mayor cantidad de materia orgánica (75%) y ácidos (15% fúlvicos y 12% húmicos) (ver ítem 2.2.3.4.). Es preciso mencionar que entre los atributos del abono orgánico foliar está que aumenta el crecimiento radicular (ver anexo de la ficha técnica de Vigor).

El T5 superó lo obtenido por (Morales et al., 2012 como se citó en Zagal-Tranquilino et al. 2016), quienes en un ensayo con maíz selecto y en charolas de plástico a los 12 días de cosecha, consiguieron 14.16 cm en longitud de raíz; lo mismo sucedió con Gómez (2007), probando densidades de siembra en FVH de maíz a los 16 días logró una longitud de raíz de 13.45 cm.

Asimismo, Gonzáles y García (2015), quienes al producir FVH de sorgo con tres tipos de fertilizantes, alcanzaron una longitud máxima de raíz 10.77 cm con el fertilizante completo (12-30-10); lo contrario sucedió con León (2005), quien al cultivar FVH de maíz con diferentes períodos de luz y soluciones nutritivas a los 18 días, el resultado fue mayor al T5 con 20.01 cm de longitud de raíz, esto debido a que la evaluación fue en mayor tiempo.

En la tabla 7, se presenta el análisis de varianza para área foliar, el cual nos indica que los tratamientos fueron altamente significantes sobre la variable, así mismo, el coeficiente de determinación (R^2) resultó 78%, es decir la variable evaluada ha sido bien explicada por el efecto de los tratamientos. En tanto el coeficiente de variabilidad (CV) obtenido fue 11.54% lo que demuestra la confiabilidad de los datos, a raíz de la correcta manipulación y utilización de herramientas e instrumentos durante la ejecución del estudio.

La prueba de rangos múltiples de Duncan (figura 4) a un nivel de confianza (α) de 5% (0.05), nos revela que existen diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos como respuesta del efecto de los tratamientos sobre la variable. Teniendo mejor respuesta con la aplicación del abono orgánico foliar en 1.5 l/cil (T9), en el cual se obtuvo 22.88 cm² de área foliar, y con una diferencia estadística mínima está el abono orgánico foliar en 1 l/cil (T5) con 22.14 cm² de área. En tanto los promedios más bajos se dieron con el fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil (T11) y fertilizante foliar (20-20-20) en 1.5 l/cil (T10), con 12.25 cm² y 16.19 cm² de área foliar respectivamente. Es muy probable que el desarrollo foliar guarde estrecha relación con el mejor tratamiento con respecto a las raíces, ya que permitió mejor absorción de los nutrientes disponibles en la solución. Los mejores tratamientos obtenidos obedecen a que probablemente aumentó la actividad enzimática lo cual permitió la utilización de los nutrientes por parte de la planta (ver anexo ficha técnica del producto "Vigor").

El T9 con 22.88 cm² fue mayor en contraste con León (2005), quien al cultivar FVH de maíz, con diferentes períodos de luz y soluciones nutritivas, confirmaron a las 12 horas luz un área foliar de 17.37 cm². De igual manera, sucedió con el experimento de Gonzáles y García (2015), quienes obtuvieron 2.72 cm² de área foliar con el 12-30-10 al probar tres tipos de fertilizantes en la producción de FVH de sorgo.

Conocer el área foliar de un cultivo es crucial, este índice nos indica la capacidad de la planta para convertir la energía luminosa en energía química, por lo que un cultivo con un área foliar más grande puede ser más productivo (Soto y Plana, 1984 y Soto y Rivera, 1979 citado en Martín, Soto, Rivera y Rentería, 2006). Corroborado por (Castro, 2009 como se citó en Amaguaña, 2012) quien afirma que, la planta puede realizar la fotosíntesis cuando tiene raicillas y sus primeras hojas, por lo que necesita estar expuesta a condiciones ideales de iluminación, oxigenación y nutrientes.

4.1.5. Peso de FVH (kg)

Tabla 8

ANVA para el peso de FVH

FV	S.C	GL	C.M	F.C.	Sig.
Tratamientos.	223894.97	11	20354.09	9.66	0.000 **
Repetición	2850.72	2	1425.36	0.68	0.5188 NS
Error experimental	46376.61	22	2108.03		
Total	273122.30	35.00			

R²= 83% CV= 6.89%

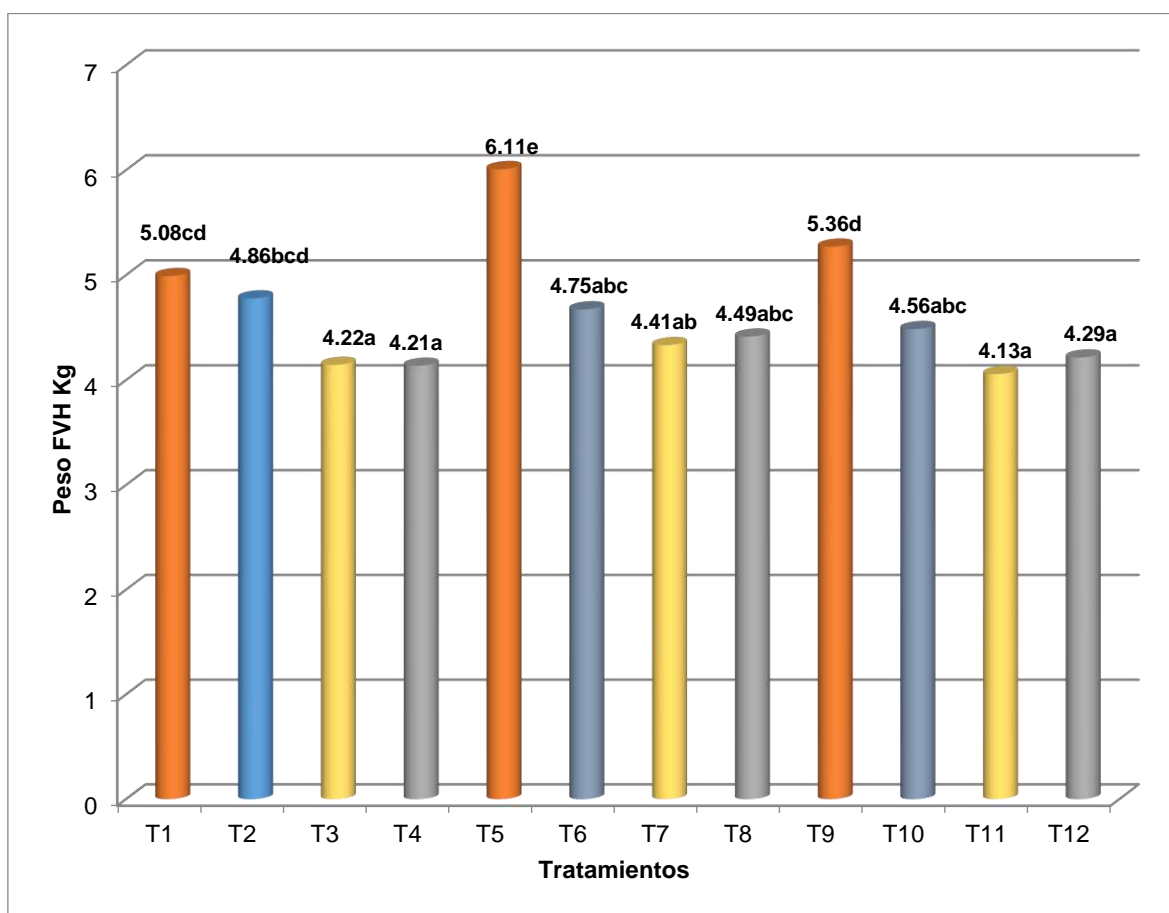


Figura 5.

Prueba de rangos múltiples Duncan ($\alpha \leq 0.05$) para promedios del peso de FVH (kg).

En la tabla 8, se presenta el análisis de varianza para el peso de FVH, el cual nos indica que los tratamientos fueron altamente significantes sobre la variable, así mismo, el coeficiente de determinación (R^2) resultó 83%, es decir la variable evaluada ha sido bien explicada por el efecto de los tratamientos. En tanto el coeficiente de variabilidad (CV) obtenido fue 6.89% lo que demuestra la confiabilidad de los datos, a raíz de la correcta manipulación y utilización de herramientas e instrumentos durante la ejecución del estudio.

La prueba de rangos múltiples de Duncan (figura 5) a un nivel de confianza (α) de 5% (0.05), nos revela que existen diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos como respuesta del efecto de los tratamientos sobre la variable. Teniendo mejor respuesta con la aplicación del abono orgánico foliar en 1 l/cil (T5) resultando con 6.11 kg de FVH/m², seguido de la aplicación de abono orgánico en 1.5 l/cil (T9), con 5.36 kg de FVH/m². En tanto los promedios más bajos se dieron con el fertilizante nitrogenado en 1.5 l/cil (T11) y el fertilizante químico con macro y micronutrientes en 1.5 l/cil (T12), con 4.13 kg y 4.29 kg de FVH/m² respectivamente. La diferencia de los mejores promedios en esta variable radica en que el producto utilizado es un bioestimulante orgánico foliar con vitaminas, minerales, aminoácidos, hormonas vegetales, betainas, ácido algínico, antioxidantes todos estos en forma natural y materia orgánica como componente principal (ver anexo de la ficha técnica del producto "Vigor").

Se puede apreciar que el T5 tuvo mejor respuesta, a comparación de Zagal-Tranquilino, et al. (2016), quienes realizaron un experimento con maíz seleccionado para producir FVH en charolas de cartón, encontrando el rendimiento total de 3.51 kg/m².

Morales et al. (2012) como se citó en Zagal-Tranquilino et al. (2016), en un ensayo con maíz selecto para sembrar en charolas plásticas, a los 12 días de cosecha al regar solo con agua, hallaron un rendimiento de 1 kg de maíz de 4.78 kg de FVH, resultado más bajo que lo obtenido en el trabajo.

Los rendimientos de biomasa verde alcanzados en la presente investigación difieren a lo reportado por Moreno (2018), quien obtuvo 19.4 kg/m² de FVH, claramente supera el peso obtenido en el estudio, debido a que dicho autor utilizó un buen genotipo de maíz criollo-variedad Pico de Gallo Rojo y mayor densidad de siembra por unidad de producción (3 kg/m²). A su vez Quispe (2017), en su tesis titulada "Densidad de siembra óptima para germinación hidropónica de maíz amarillo duro", consiguió resultados positivos de FVH para el maíz cosechado después de 19 días a una densidad de 5 kg/m² con 17.53 kg/m², afirmó que a medida que disminuyó la densidad de siembra, también lo hizo el rendimiento.

Lo mismo sucedió con Blanco, Colque y Rosales (2019), en un estudio de “Producción de Forraje Verde Hidropónico en cebada bajo condiciones controladas, y a una densidad de 10 kg de semilla/m², consiguieron rendimiento de forraje verde de 25.1 kg/m²”.

Castellanos (2020) citado en Santos (2021), en su investigación “Producción de FVH como alternativa en la alimentación equina”, logró producir 12 kg de FVH con 2 kg de semilla de cebada, teniendo una densidad mucho mayor que el trabajo de investigación. Asimismo, Pacco (2018), resultó con mejores rendimientos al utilizar un producto con certificación orgánica (Biogyz) en la producción de FVH con cebada obteniendo 18.67 kg/m² de FVH.

De esta manera se afirma que el forraje verde hidropónico logra producirse manejando una gran diversidad de unidades hidropónicas, y asegurando su producción todo el año. Dependiendo del número de pisos se puede producir seis veces más en la misma área; y de acuerdo al tiempo de producción de 30 a 36.5 veces. Incluso en 100 m² se consigue 500 kg de FVH al día (Rivera, 2010 como se citó en Moreno, 2018) lo corroborado en el trabajo al tener 6.11 kg de FVH/m² (T5).

4.2. Resultado específico 2. Realizar análisis económico a todos los tratamientos en estudio.

4.2.1. Relación beneficio costo

Tabla 9

Análisis económico de todos los tratamientos estudiados

Tts.	Rendimiento en 20 m ² (kg)	Rendimiento de FVH (kg/m ²)	Costos de Producción (S/.)	Precio de Venta (S/.) *	Ingresos Brutos (S/.)	Ingreso Neto (S/.)	Relación B/C
T1	101.60	5.08	S/.281.70	S/.4.00	S/.406.40	S/.124.70	0.44
T2	97.20	4.86	S/.305.70	S/.4.00	S/.388.80	S/.83.10	0.27
T3	84.40	4.22	S/.329.70	S/.4.00	S/.337.60	S/.7.90	0.02
T4	104.20	5.21	S/.269.70	S/.4.00	S/.416.80	S/.147.10	0.55
T5	122.20	6.11	S/.281.70	S/.4.00	S/.488.80	S/.207.10	0.74
T6	95.00	4.75	S/.293.70	S/.4.00	S/.380.00	S/.86.30	0.29
T7	88.20	4.41	S/.259.62	S/.4.00	S/.352.80	S/.93.18	0.36
T8	89.80	4.49	S/.261.54	S/.4.00	S/.359.20	S/.97.66	0.37
T9	107.20	5.36	S/.263.46	S/.4.00	S/.428.80	S/.165.34	0.63
T10	91.20	4.56	S/.362.58	S/.4.00	S/.364.80	S/.2.22	0.01
T11	82.60	4.13	S/.364.98	S/.4.00	S/.330.40	-S/.34.58	-0.09
T12	85.80	4.29	S/.367.38	S/.4.00	S/.343.20	-S/.24.18	-0.07

Fuente: Luis Joel Silvero García

*: El precio de S/. 4.00/ kg de FVH. Rendimiento en 20 m².

Para el análisis económico (tabla 9), se estimó el precio de venta del FVH a S/4.00 por kg de FVH, considerando los gastos fijos y gastos variables de la actividad, es preciso mencionar que el análisis se hizo en base a una campaña, y proyectando el rendimiento en base a 20 m².

Con respecto al B/C de los tratamientos se puede observar que el T5 tuvo el mayor valor con 0.74, seguido del T9 y T1 con 0.63 y 0.44, respectivamente, es decir que por cada sol invertido hay un margen de ganancia de S/. 0.74 (T5), S/.0.63 (T9) y S/.0.44 (T1).

Moreno (2018), con su estudio para producir FVH comparando variedades de maíz, logró en su evaluación económica que el costo promedio para producir un kg de FVH a partir de maíz criollo variedad Pico de Gallo Rojo es de \$/. 2.41 kg MS.

En contraste con Pacco (2018), en su relación costo/beneficio, la mayor rentabilidad se logró con cebada y aplicación de Biogyz de S/.1.66, y en la especie forrajera avena, con la aplicación de Biogyz alcanzó S/.1.61.

Herrera y Núñez (2007), obtuvieron en términos de costos de producción a los 14 días, el más bajo fue del forraje verde hidropónico de cebada sin solución nutritiva con 0.144 S/. /kg y el costo más alto fue para el forraje verde hidropónico de maíz amarillo sin solución nutritiva con 0.389 S/. /kg.

En términos económicos coincidimos con Rodríguez (2003, como se citó en Moreno 2018), quien al realizar un análisis de rentabilidad de producción de FVH, piensa que es una opción económicamente factible que debe ser evaluada por los pequeños y medianos agricultores.

CONCLUSIONES

- Al contrastar las diferentes fuentes de nutrición aplicados al FVH, los promedios de rendimiento en forma ascendente (de menor a mayor) se dieron de la siguiente manera; fertilizante con macro y micronutrientes, fertilizante nitrogenado, fertilizante foliar 20-20-20 y abono orgánico foliar, determinando de esta manera que el último en mención es mucho mejor para la producción de FVH, siendo el T5 (1 l/cilindro de abono orgánico foliar), el mejor tratamiento.
- El análisis económico realizado a los tratamientos sitúa al T5 con mayor valor de beneficio costo, influenciado por la inversión y el rendimiento que este tratamiento obtuvo durante la ejecución del presente trabajo. Por otro lado, aunque la inversión inicial es mayor, para las siguientes campañas los gastos se darán en insumos y mano de obra, ya que las instalaciones aún se podrán utilizar para más campañas. El costo de producción se puede reducir en un 50% respecto al costo de producción en bolsa. Costos de transporte, distribución y siembras se pueden reducir hasta en 75%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar al T5 (1 l/cilindro de abono orgánico foliar) en bandejas que tengan mayor capacidad.
- Es importante realizar análisis de trazas del FVH obtenido de cada tratamiento.
- Es de gran relevancia hacer un análisis de contenido nutracéutico del FVH en sus diferentes etapas.
- Poner a prueba el FVH como parte de la dieta alimenticia de animales mayores y menores y la influencia de éstos en la nutrición estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, C., Castillo, L., García, M., Navarrete, F. y Plasencia, D. (2020). *Diseño del proceso de implementación de cultivos hidropónicos en terrenos inutilizados en el distrito de Piura*. [Trabajo de investigación, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/4614>
- AGROPAL. (septiembre 5, 2022). *Fertilizantes-Nitrogenados Sólidos*. https://www.agropalsc.com/productos_agricultura_des.shtml?idboletin=1085&idarticulo=25211&idseccion=5271&idioma=
- Amaguaña, F. (2012). *Evaluación de los forrajes hidropónicos de cebada (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum vulgare* L.) en condiciones de fertilización orgánica y mineral en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <https://core.ac.uk/download/147430612.pdf>
- Araque, C. (2001). *De la Urea en la Alimentación de Rumiantes*. Inve. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira, Venezuela. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/46-uso-de_urea_en_la_alimentacion_de_rumiantes.pdf
- Blanco-Capia, L.E., Colque-Pérez, H. y Rosales-Mendoza, M.B. (2019). *Producción de forraje verde hidropónico versus geopónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en ambientes controlados*. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(2), 3-11.
- Camalle, M.M. (2013). *Niveles de Abonadura Hidrosoluble completa en el cultivo de maíz (*Zea mays*) Cv. Chulpi*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/5441>
- Castillo, J.R. (2017). *Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de *Avena sativa* L. y *Hordeum vulgare* L. con dos cortes sucesivos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19630>
- Chavarría-Torrez, A. y Castillo-Castro, S. (2018). *El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja*.

Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim., 4(8), 1032–1036.
<https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6716>

Coronel, R.A. (2015). *Efecto de la amonificación de la paja de maíz, sobre su valor nutricional*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
<https://1library.co/document/q2m0dxey-efecto-amonificacion-paja-maiz-valor-nutricional.html>

Del Aguila, C.G. (2014). *Comportamiento del Bijao (Calathea inocephala/A (Kuntze) H. Kenn. & Nicolson) bajo diferentes técnicas de propagación rizomática y fertilización con Molimax en campo definitivo, Tingo María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/601>

Espíritu, M. (2018). *Adaptabilidad de seis cultivares híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays) comparada con la variedad marginal 28 – T en la provincia de Tocache, departamento San Martín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. <http://hdl.handle.net/11458/3322>

Garduño F. (2011). *Modelo de Producción de Forraje Verde mediante Hidroponía*. [Tesis de posgrado, Instituto Politécnico Nacional].
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8314/1/Tesis%20MODULO%20DE%20PRODUCCION%20DE%20FV.pdf>

Gironés, F. J. (2017). *Implantación de una parcela de producción agroforestal con criterios de sostenibilidad en la población de Villa Salvación (Departamento de Madre de Dios, Perú)*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica De Valéncia].
<http://hdl.handle.net/10251/89319>

Gómez, M. I. (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 pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1813>

González, J.E. y García, M. A. (2015). *Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (Sorghum bicolor L.) en invernadero noconvencional, La Trinidad, Estelí*. [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3166>

- Herrera, E. y Nuñez, W.E. (2007). *Producción y Uso de Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Maíz Amarillo y Asociados en el Engorde de Cuyes*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2925>
- Jorge, Y. W. y Romero, N. (2017). *Efecto del uso de Forraje Verde Hidropónico de tres especies forrajeras en la alimentación de cuyes (Cavia Porcellus) Línea Perú en condiciones de galpón del Centro de Investigación Frutícola – Olerícola, Unheval – Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/2867>
- Juárez-López, P., Morales-Rodríguez, H.J., Sandoval-Villa, M., Gómez-Danés A.A., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete C.R., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G. y Ortiz-Catón, M. (2013). Producción de Forraje Verde Hidropónico. *Revista Fuente Nueva Época*. 4(13);16-26. <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2126/1/Produccion%20de%20forraje%20verde%20hidroponico.pdf>
- León, S. K. (2005). *Efecto del fotoperíodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/1783>
- López-Pascua, P.E. y Mcfield-García, S.E. (2013). *Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) variedad NB6, en un invernadero no tradicional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2751>
- Luna, R. (2013). *Rendimiento del Cultivo de Cebada (Hordeum vulgare) forrajera verde en relación a tres métodos de producción hidropónica estándar*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor De San Andrés]. <http://hdl.handle.net/123456789/4179>
- Marín, F. y Torres, M. (2016). *Validando la tecnología de producción de forraje verde hidropónico con maíz. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Convenio CNP-MAG)*. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola bajo Ambientes Protegidos. 10(58):9-11. [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP10\(59\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP10(59).pdf)

- Martín, G., Soto, M., Rivera, R. y Rentería, M. (2006). *Estimación de la superficie foliar de la Canavalia ensiformis a partir de las medidas lineales de sus hojas*. Cultivos Tropicales, 27(4): 77-80. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912014.pdf>
- Mejía, D. y Reyes, A. (2020). *Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura*. [Tesis de Grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6790>
- Molinos & Cía S.A. (noviembre, 2020). *Fertilizantes Perú*. <https://www.molinosycia.com/product/molimax-20-20-20/>
- Montoya, M. K. (2018). *Germinado Hidropónico de Maíz Amarillo (Zea mays) de acuerdo al color de la bandeja y época de cosecha en Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3910>
- Morales-Morales, E.J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J.A., Martínez-Campos, A.R. y Morales-Rosales, E.J. (2019). *Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10(8):1875-1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>
- Moreno, I. (2018). *Evaluación Nutricional y Económica de la Producción de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (Zea mays) Empleando Grano Comercial*. [Tesis de pregrado, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional]. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez-Torres, O. y Guerrero-López, J. (2021). *Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos*. Journal of the Selva Andina Animal Science, 8(1):44-52. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Orellana, E. B. (2015). *Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare)*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8154>

- Pacco, J. C. (2018). *Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cebada y Avena con Adición de Fitohormonas en Cabana – Puno*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10373>
- Portela, N. (2022). *Prefactibilidad técnica para la implementación de producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) para la alimentación de caprinos en el municipio de Tabio departamento de Cundinamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repositorio.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12160>
- Quispe, J. (2017). *Densidad óptima de siembra para el germinado hidropónico (g.h.) de maíz amarillo duro (Zea mays) en cuatro niveles de siembra en Cutervo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1421>
- Rodriguez, M. (2019). *Efectos de los ácidos fúlvicos en el desarrollo radicular del palto*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedro Ruíz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4521>
- Ruíz, M. M. (2015). *Diferentes niveles de fertilización química en el cultivo y producción del híbrido de maíz (Zea mays) P30k73*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1542>
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J., Álvarez-Reyna, V., Palomo-Gil, A.; Rodríguez-Dimas, N. y Márquez-Hernández, C. (2010). *Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica*. Terra Latinoamericana. 28(4):355-360. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a7.pdf>
- Santos, H. (2021). *Producción de Forraje Verde Hidropónico, sus Propiedades y Usos en la Alimentación en la UDEA-Lircay*. [Tesis de pregrado, Universidad Para el Desarrollo Andino]. <http://repositorio.udea.edu.pe/handle/UDEA/209>
- Trevizan, J. y Challapa, G. (2020). *Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile*. IDESIA (Arica),38(3):113-122. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300113>

- Tubon, A. A. (2022). *Producción y calidad nutritiva de avena (Arrenatherium elatius) de corte e hidropónica bajo el efecto de dosis de siembra y tiempo de cosecha*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34647>
- Valverde-Lucio, Y., Ayón-Villao, F., Orlando-Indacochea, F., Alcívar-Cobeña, J. L. y Gabriel-Ortega, J. (2018). *Producción de tres variedades de Forraje verde hidropónico con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado*. Journal of the Selva Andina Research Society, 9(2):120-126. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000200008&lng=es&tlng=es.
- Yansi, A. y Gonzáles, V. C. (2018). *Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el período de enero-marzo, 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3757>
- YARA PERÚ. (2022). *YaraMila Complex*. <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/productos/yaramila/yaramila-complex/>
- Zagal-Tranquilino, M., Martínez-Gonzáles, S., Salgado-Moreno, S., Escalera-Valente, F., Peña-Parra, B. y Carrillo-Díaz, F. (2016). *Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas*. Abanico Veterinario, 6(1):29-34. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029&lng=es&tlng=es

ANEXOS



Figura 6.
Herramientas, materiales e insumos del estudio.



Figura 7.
Delimitación con malla rashell del vivero.



Figura 8.
Vista frontal del vivero con los tratamientos previamente aleatorizados.



Figura 9.

Tratamientos previos de las semillas. a) Dilución de hipoclorito de sodio en agua. b) Remojo o lavado de las semillas de MAD por tres veces. c) Remojo de la semilla de MAD durante 24 horas. d) Proceso de secado de la semilla de MAD.



Figura 10.

Pesando la semilla de maíz amarillo duro.



Figura 11.

Semillas de maíz amarillo duro en bandeja hidropónica.



Figura 12.
Rompimiento de dormancia de las semillas de maíz amarillo duro.



Figura 13.
Semillas de maíz amarillo duro en germinación.



Figura 14.
Aparición del mesocotilo y coleóptilo.



Figura 15.
Aparición de la hoja cotiledonal.



Figura 16.
Insumos para cada tratamiento.



Figura 17.
Medición del abono orgánico foliar para dosificar los tratamientos T1 (0.5l/cil=2.5ml/l), T5 (1l/cil=5ml/l) y T9 (1.5l/cil=7.5ml/l).



Figura 18.

Medición del fertilizante foliar 20-20-20 para dosificar los tratamientos T2 (0.5l/cil=2.5ml/l), T6 (1l/cil=5ml/l) y T10 (1.5l/cil=7.5ml/l).



Figura 19.

Pesado del fertilizante nitrogenado para dosificar los tratamientos T3 (0.5l/cil=2.5g/l), T7 (1l/cil=5g/l) y T11 (1.5l/cil=7.5g/l).



Figura 20.

Pesado del fertilizante químico con macro y micronutrientes para dosificar los tratamientos T4 (0.5l/cil=2.5g/l), T8 (1l/cil=5g/l) y T12 (1.5l/cil=7.5g/l).



Figura 21.
Atomizador con la solución de fertilizante químico con macro y micronutrientes.



Figura 22.
Aplicación de las soluciones a los tratamientos del estudio (horario: 6:00 y 18:00).



Figura 23.
Vista panorámica del vivero de producción de FVH.



Figura 24.
Vista aérea de los tratamientos del estudio.



Figura 25.
Cosecha del FVH transcurrido 19 días de su establecimiento.



Figura 26.
Inicio de las evaluaciones.



Figura 27.
Medición de la altura de planta (cm) de todos los tratamientos.



Figura 28.
Pesado de la masa radicular (g) de todos los tratamientos.

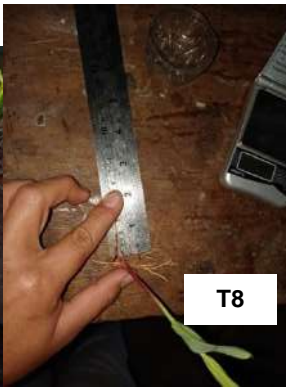
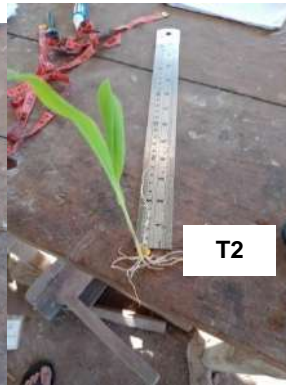
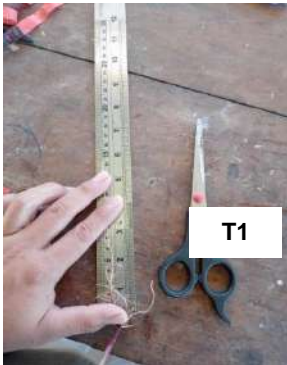
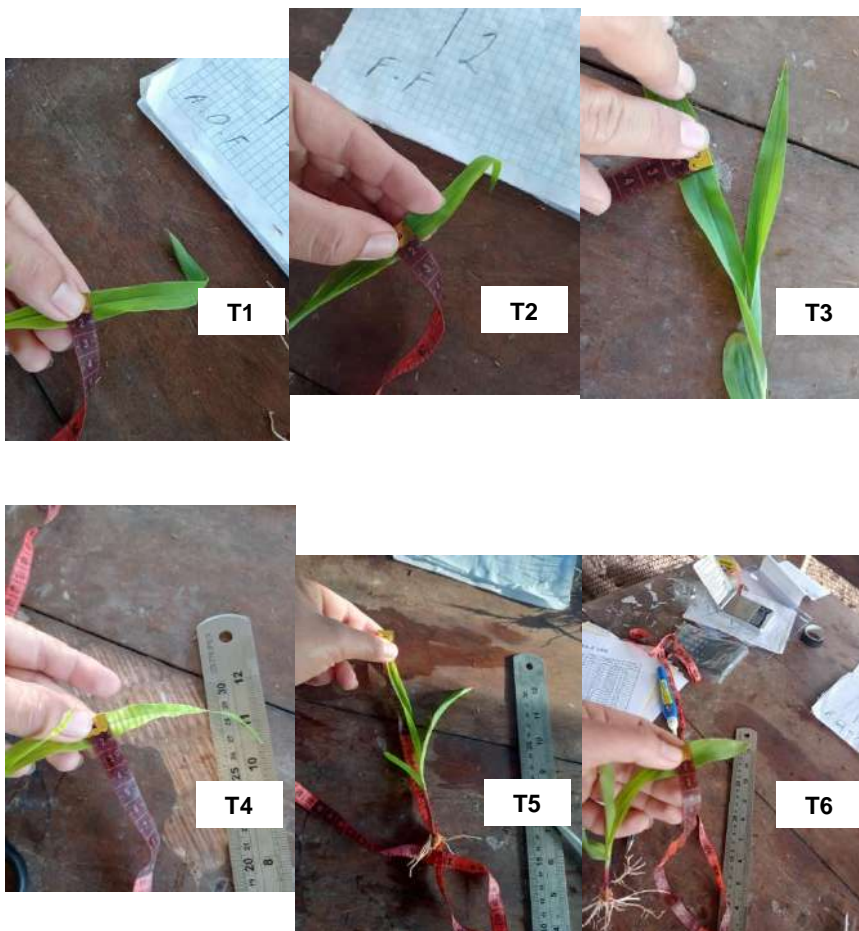




Figura 29.
Medición de la longitud de raíz (cm).



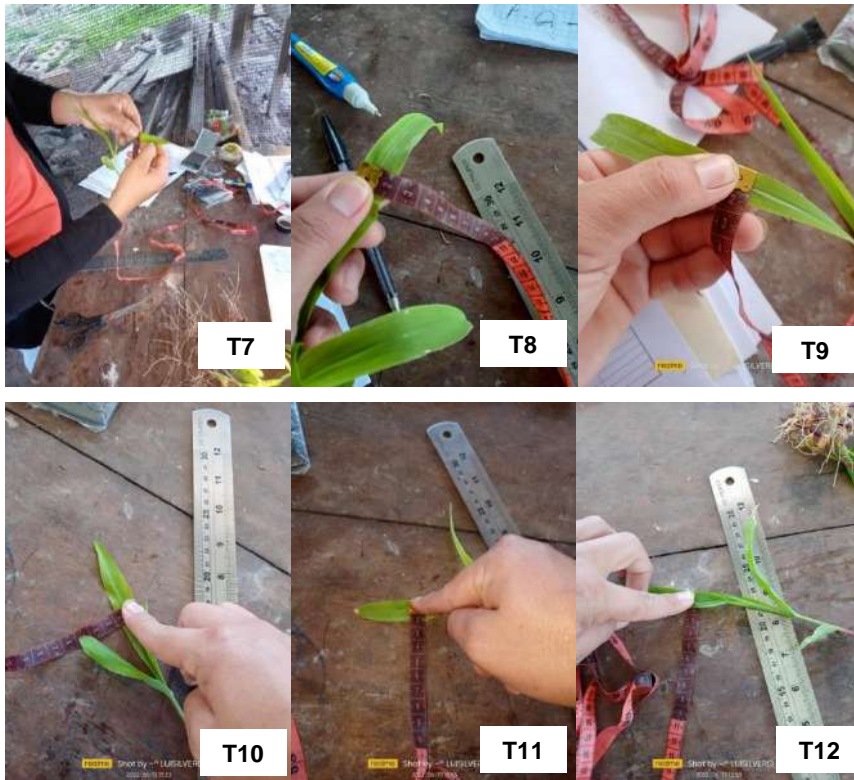


Figura 30.
Medición del área foliar (cm²).

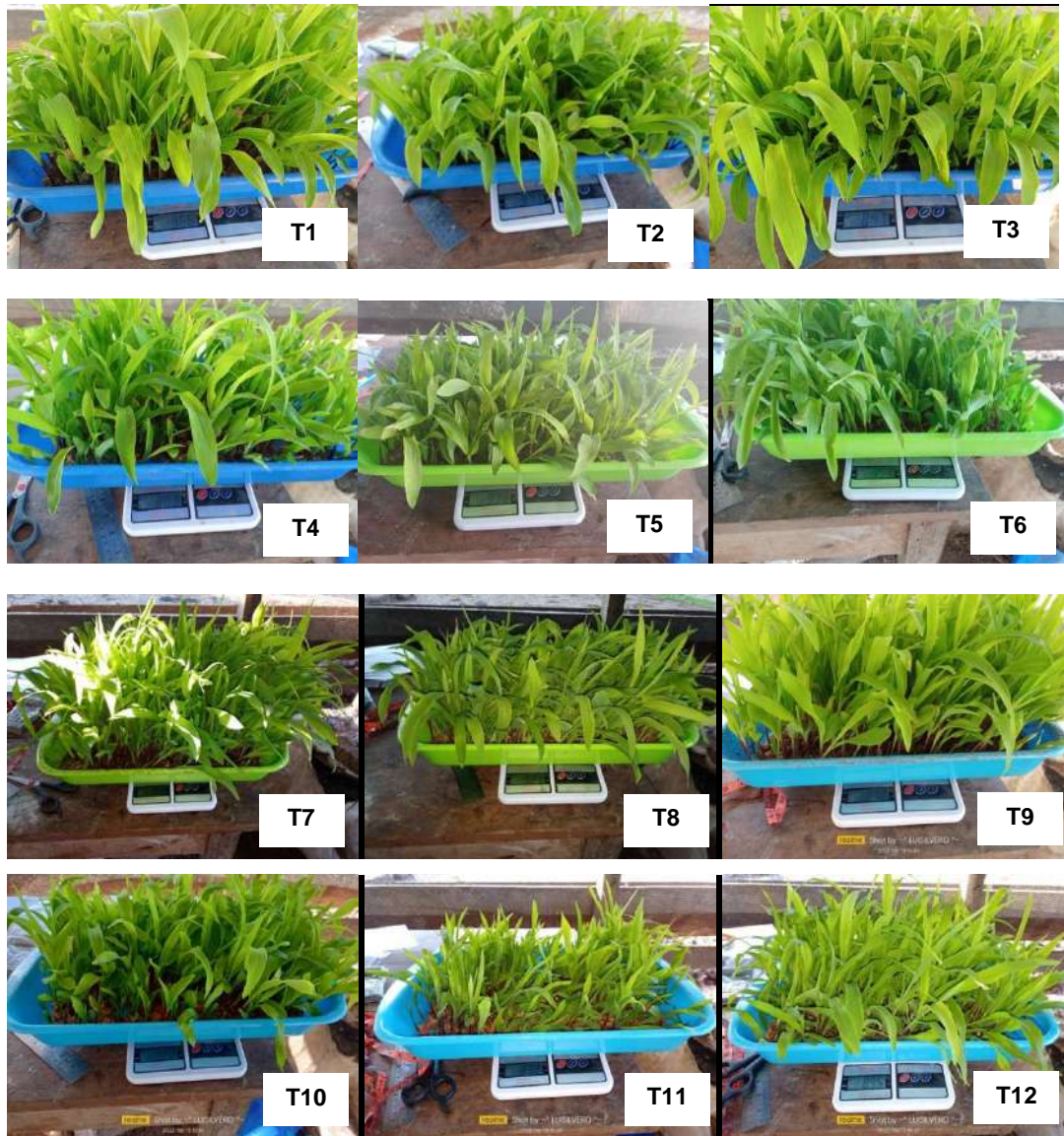


Figura 31.
Pesado de FVH de todos los tratamientos en estudio.



Figura 32.
Alimentación en base al FVH producido en el estudio.

Atomizador de 2.5 l	Unidad	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00
Plástico negro	m2	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00
Cinta adhesiva	Unidad	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51
Tijera	Unidad	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24
SERRUCHO	Unidad	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40
Machete	Unidad	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20
Clavo de 2"	Kg	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36
Balde de 20l	Unidad	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70
Vaso dosificador	Unidad	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08
Hipoclorito de sodio	Litros	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24
Nivel	Unidad	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20
Libreta de campo	Unidad	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24
Lapicero	Unidad	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34
Regla milimetrada	Unidad	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60
Malla rassel	m2	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00
Wincha	Unidad	0.08	S/.10.00	S/.0.80	0.08	S/.10.00	S/.0.80	0.08	S/.10.00	S/.0.80	0.08	S/.10.00	S/.0.80	0.08	S/.10.00	S/.0.80	0.08	S/.10.00	S/.0.80
5. Servicios				S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00
Impresión	Global	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00
Total, de costos directos				S/.168.26			S/.160.76			S/.213.26			S/.175.76			S/.168.26			S/.160.76
Gastos Administrativos (5%)				S/.16.83			S/.16.08			S/.21.33			S/.17.58			S/.16.83			S/.16.08
Beneficios sociales (50%)				S/.84.13			S/.80.38			S/.106.63			S/.87.88			S/.84.13			S/.80.38
Total, de costos indirectos				S/.100.96			S/.96.46			S/.127.96			S/.105.46			S/.100.96			S/.96.46
Costo total en 19 días S/.				S/.269.22			S/.257.22			S/.341.22			S/.281.22			S/.269.22			S/.257.22

Atomizador de 2.5 l	Unidad	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00	0.08	S/.25.00	S/.2.00		
Plástico negro	m2	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00		
Cinta adhesiva	Unidad	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51	0.17	S/.3.00	S/.0.51		
Tijera	Unidad	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24		
SERRUCHO	Unidad	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40	0.08	S/.30.00	S/.2.40		
Machete	Unidad	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20		
Clavo de 2"	Kg	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36	0.17	S/.8.00	S/.1.36		
Balde de 20l	Unidad	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70	0.17	S/.10.00	S/.1.70		
Vaso dosificador Hipoclorito de sodio	Unidad	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08	0.08	S/.1.00	S/.0.08		
Nivel	Litros	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24		
Libreta de campo	Unidad	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20	0.08	S/.15.00	S/.1.20		
Lapicero	Unidad	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24	0.08	S/.3.00	S/.0.24		
Regla milimetrada	Unidad	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34	0.17	S/.2.00	S/.0.34		
Malla rachel	m2	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60	0.08	S/.20.00	S/.1.60		
Wincha	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00	7	S/.3.00	S/.21.00
5. Servicios				S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00			S/.2.00		
Impresión	Global	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00	1	S/.2.00	S/.2.00		
Total, de costos directos				S/.213.26			S/.175.76			S/.168.26			S/.224.81			S/.277.31			S/.239.81		
Gastos Administrativos (5%)				S/.21.33			S/.17.58			S/.16.83			S/.22.48			S/.27.73			S/.23.98		
Beneficios sociales (50%)				S/.106.63			S/.87.88			S/.84.13			S/.112.41			S/.138.66			S/.119.91		
Total, de costos indirectos				S/.127.96			S/.105.46			S/.100.96			S/.134.89			S/.166.39			S/.143.89		
Costo total en 15 días S/.				S/.341.22			S/.281.22			S/.269.22			S/.359.70			S/.443.70			S/.383.70		

Fichas técnicas de los insumos utilizados para las soluciones de cada tratamiento



Ficha Técnica
Fertilizantes Nitrogenados

Urea Agrícola

Composición: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Aspecto: Gránulos blancos.

Solubilidad (aprox. a 20°C): 105 kg en 100 l de agua pura.

Nitrógeno total (N): 46 %

Presentación: Bolsas de polietileno de 50 kg.

Uso: Fertilizante para aplicación directa al suelo y fertirriego.



ÁREA TÉCNICA

www.molinosyca.com

ventasmolinos@molcom.com.pe

LIMA: Av. Los Ingenieros 154, Urb. Santa Raquel 3da Etapa, Ate - Lima
Central Telefónica: (01) 512 3370 // Fax: (01) 348 0637 / (01) 348 0615



Ficha técnica

Grow More 20-20-20 + micros* EDTA

Fertilizante concentrado 100% soluble con multimezcla de microelementos para aplicación foliar o al suelo con sistemas de fertirrigación.

ESTIMULA EL VIGOR Y EL CRECIMIENTO MULTIPROPÓSITO

***No sedimenta**, no necesita ser agitado en el tanque de mezclado, garantizando que no existirán residuos en las asperjadoras, mangueras, goteros, inyectores y equipos en general de fertilización.

***Naturaleza acida**, tiene una ventajosa acción amortiguadora en el rango adecuado del pH del agua, **previniendo la hidrólisis del pesticida o fungicida**, lo que se traduce en un alto nivel de eficacia de los agroquímicos utilizados en la mezcla para el control de plagas y enfermedades.

***Compatibilidad garantizada** con los pesticidas, fungicidas y reguladores de crecimiento existentes en el mercado.

***Contiene un tinte brillante** que lo protege de la luz ultravioleta, asegurando mantener un alto nivel de eficacia y estabilidad en condiciones acidas o alcalinas de agua y suelo.

***No contiene cloro, sodio, carbonatos** ni otras sales indeseables, formulado con el más **alto grado técnico de pureza** continuamente monitoreado para el control de solubilidad, Ph, color, tamaño de la partícula y contenido de microelementos quelatados.

***Baja dosis, alta efectividad**...Aplicación aérea (avión o helicóptero) Usar 3 a 5 Kg/vuelo disueltos en agua, basándose en una superficie de aspersión de 10 Ha/vuelo....Asperjadoras de espalda y motor : usar 0,5 a 1,0 Kg/Ha o 300 a 500 g disueltos en 200 lts de agua (pipa), ajustar la dosis proporcionalmente a tanques de menor o mayor capacidad...Fertirrigación: a juicio del asesor.



Knowledge grows

YaraMila™ COMPLEX™

Composición Química Garantizada		
Nitrógeno Total	N	12%
N - Nitrato	NO ₃ ⁻	5%
N - Amónico	NH ₄ ⁺	7%
Fósforo	P ₂ O ₅	10%
Potasio	K ₂ O	18%
Magnesio	MgO	2.7%
Azufre	S	8%
Boro	B	0.015%
Hierro	Fe	0.2%
Manganeso	Mn	0.02%
Zinc	Zn	0.02%

YaraMila™ COMPLEX™ es un fertilizante prill complejo NPK para aplicación edáfica de fácil manejo. Sus micro y macronutrientes proporcionan a su cultivo una nutrición completa y equilibrada.

Ventajas de usar YaraMila™ COMPLEX™

- YaraMila™ COMPLEX™ posee una combinación ideal de nutrientes que asegura mejores cosechas. Sus micronutrientes previenen deficiencias que puedan limitar su rendimiento.
- En su fabricación, el Fósforo tiene formas de rápida y progresiva asimilación. Su formulación evita las pérdidas del elemento por fijación en suelos ácidos o calcáreos; el resto es de más lenta asimilación.

¿Por qué usar YaraMila™ COMPLEX™?

- Su índice de salinidad es el más bajo de todos los fertilizantes potásicos.
- Se encuentra libre de Cloruro y Sodio.
- Su alto contenido de Potasio y baja salinidad aseguran una alta absorción de Potasio.
- Cada partícula de YaraMila™ COMPLEX™ contiene un paquete completo y balanceado de nutrientes para la planta, lo que garantiza un cultivo más uniforme y fácil de cosechar, evitando la segregación y aplicación desigual de nutrientes.



Cultivos

Banano, frutales, palma africana, papa, flores, tabaco, hortalizas, entre otros.



YaraEcuador Cía. Ltda.
Km. 1,5 vía a Samborondón Edificio Del Portal
Piso 1 Oficina 107
EC092302 Guayaquil, Ecuador
Tel: +593 43 75 26 73

www.yara.com.ec

[YaraEcuador](#)

[YaraLatinoamerica](#)

[YaraEcuador](#)



Protegemos su cultivo, a precio justo.

CAPEAGRO

Vigor

VIGOR es un bioestimulante orgánico con vitaminas, minerales, aminoácidos, hormonas vegetales, betainas, ácido algínico, antioxidantes todos en su forma natural y materia orgánica como componente principal. **VIGOR** es eficaz en todas las etapas fisiológicas del cultivo y el resultado es visible en cada etapa de crecimiento del cultivo primordialmente medido con el rendimiento. Entre las ventajas del producto esta:

1. Ayuda a un rápido desarrollo del sistema radicular que permite a la planta absorber los nutrientes de manera más eficiente.
2. Aumenta la actividad enzimática mejorando así la utilización de nutrientes por la planta.
3. Aumenta el crecimiento de las raíces y desarrollo de brotes.
4. Favorece la floración y amarre de frutas.

Es compatible con la mayoría de herbicidas, insecticidas y fungicidas.

COMPOSICION:

Elemento	Concentración
Potasio (K)	7.5%
Hierro (Fe)	1.2%
Zinc (Zn)	1.2%
Manganeso (Mn)	1.0%
Boro (B)	0.4%
Cobre (Cu)	0.2%
Molibdeno (Mo)	0.01%
Ácido algínico	2.5%
Total materia orgánica	42.3%

FORMAS DE APLICACIÓN:

APLICACIÓN FOLIAR: Diluir en agua de acuerdo a las recomendaciones de la etiqueta para aplicaciones foliares. Iniciar la aplicación posterior al trasplante y repetir en la etapa vegetativa, pre y floración plena y desarrollo del fruto. Podemos repetir las aplicaciones con intervalos de 15 a 20 días entre aplicación.

CAPEAGRO S.A.C.

Av. Benavides 2150, Of. 803, Miraflores, Lima 18, Perú. Telf.: 4455346
 www.capeagro.com e-mail: administracion@capeagro.com

Protegemos su cultivo, a precio justo.

CAPEAGRO

RIEGO POR GOTEO: Disolver el producto y aplicar en todas las etapas del cultivo con intervalo de 30 días entre 2 aplicaciones.

DRENCH: Disolver y aplicar por drench en todas las etapas del cultivo.

VOLEO. Ideal para aplicar junto al primer abono al pie de la planta como un suplemento adicional a fin de estimular un vigoroso crecimiento radicular. También mezclar con fertilizante y poder volear directo al campo en el caso de arroz y otros cultivos.

DOSIS:

APLICACION FOLIAR:	0.25 Kg para 200 litros de agua.
APLICACIÓN RIEGO GOTEO:	0.5 – 1.0 Kg por hectárea.
DRENCH:	0.25 Kg para 200 litros de agua.
VOLEO:	0.5 Kg – 1.0 Kg por hectárea.

INSTRUCCIONES DE USO:

La frecuencia de aplicación variara de acuerdo a la severidad de la deficiencia, clima, tipo de suelo y método de aplicación.

CULTIVOS: Aplicable para todos los cultivos como hortalizas, frutales y leguminosas.

ALMACENAMIENTO: Almacenar en lugares frescos, lejos de la luz solar directa. Puede ser almacenado en un lugar sin calefacción.

PRECAUCION. MANTENGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.



Av. Benavides 2150. Oficina 803. Telf: 445-5346
Miraflores – Lima
www.capeagro.com

CAPEAGRO S.A.C.

Av. Benavides 2150. Of. 803. Miraflores, Lima 18, Perú. Telf.: 4455346
www.capeagro.com e-mail: administracion@capeagro.com

Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero

por Luis Joel Silvero Garcia

Fecha de entrega: 27-jun-2024 10:47a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2409451952

Nombre del archivo: AGRONOMIA-Luis_Silvero_REVISADO_-_27.06.2024.docx (8.74M)

Total de palabras: 17527

Total de caracteres: 94955

Dosis y tipos de fertilizantes sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en Zapatero

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.una.ac.cr

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

www.elcomercio.com

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.una.edu.ni

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

9

core.ac.uk

Fuente de Internet