



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL CAMOAPA
RECINTO LORENZA MYRIAM ARAGÓN FERNÁNDEZ**

TRABAJO DE GARDUACIÓN

**Evaluación de tres genotipos de maíz (*Zea mays L.*) y
dos densidades de siembra en la producción y calidad
nutritiva del forraje verde hidropónico, Comarca El
Pochote, Comalapa, 2024**

Autor(es)

**Br. Ahmed Alhazmy Arróliga Díaz
Br. Wendy María Rocha**

Asesor(es)

**MSc. Edwin Freddy Ortega Tórrez
Ing. Guadalupe Enoc Suazo Robleto**

Camoapa, Boaco, Nicaragua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL CAMOAPA
RECINTO LORENZA MYRIAM ARAGON FERNANDEZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de tres genotipos de maíz (*Zea mays L.*) y dos densidades de siembra en la producción y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico, Comarca el Pochote, Comalapa, 2024

Autor(es)

Br. Ahmed Alhazmy Arróliga Díaz
Br. Wendy María Rocha

Asesor(es)

MSc. Edwin Freddy Ortega Tórrez
Ing. Guadalupe Enoc Suazo Robleto

**Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado
de Ingeniero Agrónomo**

Camoapa, Boaco, Nicaragua
Julio, 2024

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por el director del centro universitario regional UNA Camoapa, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del honorable comité evaluador

MSc. Kelving John Cerda Cerda
Presidente

Ing. Jasson Josué Oporta Moya
Secretario

MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños
Vocal

Camoapa, Boaco, Nicaragua, (28/Julio/2024)

DEDICATORIA

A **Dios**, a la **Virgen** y a mi patrono **San Francisco De Asís**, por acompañarme, brindarme sabiduría y paciencia en cada paso de mi vida.

A mi madre **Franya Zamira Díaz Mora** por todo su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional, porque ha sabido formarme con buenos hábitos, sentimientos y valores los cuales me han ayudado a salir adelante en momentos difíciles

A mi hermana **Franed Zamira Arróliga Díaz** por siempre confiar en mí, por sus buenos consejos, por su presencial, respaldo y cariño lo que me impulsa a seguir adelante siempre

A mi padre **Ahmed Francisco Arróliga Borquet** por su apoyo en cuanto a recursos los cuales permitieron concluir mi trabajo de culminación de estudios

A la **Universidad Nacional Agraria Centro Regional UNA Camoapa** y a cada uno de mis docentes universitarios por toda la enseñanza que me brindaron en el transcurso de mi carrera, por guiarme para ser una excelente profesional.

A todas las personas que de alguna u otra manera influyeron en la culminación de mi carrera entre ellos: Compañeros, amigos y familiares.

Br. Ahmed Alhazmy Arróliga Díaz

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a **Dios y a la Virgencita De Lourdes** por ser guía en mi camino y luz en mi mente, por darme fuerzas, sabiduría y entendimiento para llegar a este momento y cumplir uno de mis anhelos más deseados.

A mi madre **Nubia del Socorro Rocha Huete** y a mi abuela **Rosa Emilia Huete Mendoza**, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional en todos estos años brindándome su mano amiga y su compañía en cada instante para llegar a iluminar mi profesión y forjarme como ser humano responsable y comprometida con la vida y conmigo misma.

A la **Universidad Nacional Agraria Centro Regional UNA Camoapa** y a cada uno de mis docentes universitarios por toda la enseñanza que me brindaron en el transcurso de mi carrera, por guiarme para ser una excelente profesional.

A todas las personas que de alguna u otra manera influyeron en la culminación de mi carrera entre ellos: Compañeros, amigos y familiares.

Br. Wendy María Rocha

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecerle primeramente a **Dios y a la virgencita de Lourdes** por darnos la vida y salud necesaria para culminar esta profesión, porque nos han el don de perseverancia para alcanzar un logro más en nuestra vida.

También agradecemos a nuestras madres **Franya Zamira Díaz Mora y Nubia Del Socorro Rocha Huete**, por todas las motivaciones y consejos de aliento para seguir adelante en los malos momentos sin dejar de luchar para lograr nuestra profesión.

A nuestros asesores **MSc. Edwin Freddy Ortega Tórrez y Ing. Guadalupe Enoc Suazo Robleto**, agradecemos de manera generosa por su esmero de impartirnos su conocimiento y experiencia científica para el desarrollo de la investigación.

Expresamos nuestra gratitud a la **Ing. Betzallana del Carmen López** por brindarnos de su conocimiento en la presentación de los resultados de la presente investigación.

Gracias a la **Universidad Nacional Agraria Centro Regional UNA Camoapa**, por su apoyo para realizar nuestra investigación final y por habernos permitido forjar nuestros conocimientos como profesionales en esta Alma Mater tan prestigiosa.

Br. Ahmed Alhazmy Arróliga Díaz

Br. Wendy María Rocha

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Antecedentes del forraje verde hidropónico (FVH)	4
3.2 Generalidades del forraje verde hidropónico (FVH)	6
3.3 Ventajas del FVH	8
3.4 Desventajas del FVH	9
3.5 Objetivos de la producción de FVH	9
3.6 Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico	10
3.7 Ubicación del invernadero	12
3.8 Prueba de germinación	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Ubicación y fecha del área de estudio	14
4.2 Diseño experimental	15

4.3 Manejo del ensayo	16
4.3.1 Temperatura y humedad relativa del invernadero	18
4.4 Datos evaluados	20
4.4.1 Variable comportamiento agronómico y productivo	20
4.4.2 Variable calidad nutritiva	21
4.4.3 Variable análisis económico	22
4.5 Análisis de datos	25
V. RESULTADOS Y DISCUCIÓN	26
5.1 Comportamiento agronómico y productivo	26
5.1.1 Número de hojas por planta a los 14 dds	26
5.1.2 Área foliar a los 14 dds	28
5.1.3 Altura de planta a los 14 dds	29
5.1.4 Materia verde a los 14 dds	31
5.2 Calidad nutritiva a los 14 dds	33
5.3 Análisis económico de los tratamientos evaluados	34
5.3.1 Presupuestos parciales	34
5.3.2 Análisis de dominancia	35
5.3.3 Taza interna de retorno (TIR)	36
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. LITERATURA CITADA	40
IX. ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1 Factores y niveles de investigación	15
2 Cuadro de doble entrada	15
3 Operacionalización de las variables	24
4 Número de hojas por planta a los 14 dds de la siembra	27
5 Área foliar (cm ²) a los 14 dds	28
6 Altura de planta (m) a los 14 dds	30
7 Peso materia verde (Kg m ⁻²) a los 14 dds	32
8 Resultados de calidad nutritiva del FVH a los 14 dds	33
9 Presupuesto parcial (U\$) de las interacciones evaluadas en el periodo comprendido entre mayo y junio, 2024, El Pochote, Comalapa	35
10 Análisis de dominancia (U\$) de los tratamientos evaluados en el periodo comprendido entre mayo y junio, 2024, El Pochote, Comalapa	36
11 Análisis de la tasa de retorno marginal (U\$) de las interacciones evaluados en el periodo comprendido entre el 22 de mayo al 5 de junio, 2024, El pochote, Comalapa	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1 Mapa de ubicación del área de estudio	14
2 Plano de campo	16
3 Temperatura (°C) y humedad relativa (%) al interior del invernadero	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Estructura del cuadro de análisis de presupuestos parciales	46
2	Estructura del cuadro de análisis de dominancia	46
3	ANDEVA para la variable número de hojas a los 14 dds	46
4	ANDEVA para la variable área foliar (cm ²) a los 14 dds	47
5	ANDEVA para la variable altura de planta (m) a los 14 dds	47
6	ANDEVA para la variable peso materia verde (Kg m ⁻²) a los 14 dds	47
7	Resultados de análisis para materia seca y fibra cruda	48
8	Dia tres de establecido el FVH	49
9	FVH 13 días después de la siembra	50
10	Dia de cosecha del FVH	50
11	Resultados de análisis de laboratorio de proteína del FVH	51
12	Costos totales presentados en dólares (U\$) por tratamiento durante los 14 días del ensayo	53
13	Costos totales presentados en dólares(U\$) por tratamiento durante los 14 días del ensayo (con una producción vertical con 3 estratos)	54

RESUMEN

El Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), es una alternativa de suplementación en la alimentación pecuaria, aunque poco difundida entre los productores por tal motivo se realizó la presente investigación en la que se evaluaron tres genotipos (NB-9043, NB-6 y Olotillo) siendo el factor A y dos densidades de siembra (2.5 Kg m^{-2} y 3 Kg m^{-2}) como factor B. El experimento se ejecutó durante 14 días en un invernadero no convencional ubicado en el municipio de Comalapa, comarca El pochote en Chontales. Se evaluó el comportamiento agronómico y productivo, así como la calidad nutritiva, además del análisis económico utilizando la metodología de presupuestos parciales. La investigación fue experimental con un diseño completo al azar en arreglo bifactorial, se definieron seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron número de hojas, área foliar, altura de planta, materia verde a las que se les aplicó análisis de varianza al 95 % de confianza y prueba de separación de medias por Duncan el 5 %; para proteína bruta, fibra cruda y materia seca se utilizaron porcentajes resultados del análisis bromatológico y para presupuestos parciales se utilizó la metodología del CIMMYT. El tratamiento NB-9043 con 2.5 Kg m^{-2} presentó el mayor número de hojas con 3.88, mientras que las variables área foliar, altura de planta, y materia verde el tratamiento Olotillo con la densidad de 3 Kg m^{-2} destacaron con 19.38 cm^2 , 0.3929 m y 17.72 Kg m^{-2} , también este tratamiento logró los mayores valores de fibra cruda y proteína bruta con 27.06 y 18.19 % y en materia seca el tratamiento NB-9043 con 3 Kg m^{-2} con 11.16 %. El análisis económico presentó la interacción NB-9043 * 2.5 como la mejor con una tasa de retorno marginal de 0.033 %.

Palabras claves: Genotipo, FVH, análisis económico, densidades

ABSTRACT

Hydroponic green forage of corn (*Zea mays* L.) is an alternative for supplementation in livestock feeding, although it is little disseminated among producers. For this reason, the present investigation was carried out in which three genotypes were evaluated (NB-9043, NB-6 and Olotillo) being factor A and two planting densities (2.5 Kg m^{-2} and 3 Kg m^{-2}) as factor B. The experiment was carried out for 14 days in a non-conventional greenhouse located in the municipality of Comalapa, El pochote region in Chontales. The agronomic and productive behavior, as well as the nutritional quality, were evaluated, in addition to the economic analysis using the partial budget methodology. The research was experimental with a complete randomized design in a bifactor arrangement, six treatments and four repetitions were defined. The variables evaluated were number of leaves, leaf area, plant height, green matter to which analysis of variance was applied at 95% confidence and Duncan's mean separation test at 5%; For crude protein, crude fiber and dry matter, percentages resulting from the bromatological analysis were used and for partial budgets the CIMMYT methodology was used. The NB-9043 treatment with 2.5 Kg m^{-2} presented the highest number of leaves with 3.88, while the variables leaf area, plant height, and green matter, the Olotillo treatment with the density of 3 Kg m^{-2} stood out with 19.38 cm^2 , 0.3929 m and 17.72 Kg m^{-2} , this treatment also achieved the highest values of crude fiber and crude protein with 27.06 and 18.19 % and in dry matter the NB-9043 treatment with 3 Kg m^{-2} with 11.16 %. The economic analysis presented the interaction NB-9043 * 2.5 Kg m^{-2} as the best with a marginal rate of return of 0.033%.

Keywords: Genotype, FVH, economic analysis, densities

I. INTRODUCCIÓN

El sector ganadero y lácteo de Nicaragua aporta el 25 % del PIB y genera 650.000 empleos entre formales e informales en un país de 6,5 millones de habitantes (Efeagro, 2022).

El cambio climático representa una amenaza ambiental de gran alcance para los pastizales, ya que tiene el potencial de modificar significativamente los patrones de crecimiento de las comunidades vegetales a través de la alteración de su fenología, este impacto se origina por el aumento de las condiciones de sequía, lo que resulta en una disminución en la productividad de las plantas, desde esta perspectiva la utilización de pastizales en la producción de forraje, es importante destacar que la productividad está relacionado en parte con su biodiversidad (Doussoulin, 2022).

Se define como (FVH) al forraje verde hidropónico, el cual es un proceso de germinación de granos cereales o leguminosas, durante 10 a 12 días absorbe la energía solar y asimila los minerales de una solución nutritiva (Balam, 2019).

Se ha venido investigando sobre la germinación de granos, anteriormente las técnicas hidropónicas necesitaban ambientes controlados para su producción y por ende una infraestructura costosa y personal capacitado, sin embargo, hoy en día los tiempos han cambiado y prácticamente cualquier productor puede adquirir los insumos necesarios y establecer su sistema de producción de forraje verde hidropónico obteniendo muy buenos resultados (INTAGRI, 2017).

La elección del material genético es crucial en el FVH las semillas de alta calidad y variedades adecuadas influyen en la germinación, desarrollo de las plantas, así como también en la calidad nutritiva de las mismas, en Nicaragua existen diferentes genotipos liberados en el mercado que tienen diferentes características, sin embargo, aún no existe una variedad específica para este tipo de producción (INTAGRI, 2017).

La presente investigación tiene como propósito generar información en los municipios de Camoapa y Comalapa, acerca del comportamiento agronómico, productivo y nutritivo del forraje verde hidropónico utilizando tres genotipos de maíz con dos densidades de siembra. La información generada beneficiará a productores que decidan implementar esta técnica en sus actividades pecuarias, aprovechando de mejor manera sus recursos y logrando un producto que ayudaría a aumentar sus rendimientos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) y dos densidades de siembra en la producción y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico.

2.2 Objetivos específicos

Estimar el comportamiento agronómico y productivo del forraje verde hidropónico de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.), utilizando dos densidades de siembra

Determinar la calidad nutritiva del forraje verde hidropónico de tres genotipos de maíz utilizando dos densidades de siembra

Realizar análisis económico de la producción de forraje verde hidropónico utilizando la metodología de presupuestos parciales

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Antecedentes del forraje verde hidropónico (FVH)

Tito (2016), evaluando cuatro abonos orgánicos (Bocashi, biol, humus líquido y jiracha) y su efecto sobre la producción de FVH. Utilizando maíz amarillo variedad CRIRIGUANO 36, con densidad de 3.4 Kg m^{-2} , realizo tres riegos diarios en dos de ellos aplico los abonos y en el último por la tarde solo agua, cosechó a los 20 días. Evaluó altura de planta en la cual el biol destaco con 0.2574 m. En la longitud de raíz jiracha presento el mayor valor con 0.2728 m. En el área foliar el Humus líquido y el biol presentaron un promedio de 16.50 cm^2 . El mayor porcentaje de materia seca se logró sin abono orgánico con 13.42 %. En el análisis económico el mayor beneficio lo obtuvo el abono orgánico de jiracha, con una ganancia de 0.73 bolivianos por cada boliviano invertido y el de menor fue el testigo (sin abono orgánico) con una ganancia de 0.49 bolivianos por cada boliviano invertido.

Gómez (2012), evaluando la producción y valor nutritivo del FVH de maíz y cebada con densidades de siembra de (2, 3 y 4 Kg m^{-2}), con cuatro repeticiones por tratamiento y distribuidos bajo un diseño de bloques completo al azar. Realizándose la cosecha para la cebada en el día 13 y para maíz en el día 16. Determinó que el mayor rendimiento de FVH de cebada se alcanzó con la densidad de 2 Kg m^{-2} , obteniendo por cada kg de semilla 8.99 Kg de forraje y también con esta misma densidad la cebada presenta mayor cantidad de materia seca con 14.43 %, para proteína cruda y fibra bruta la cebada actúa mejor con densidad de 3 Kg m^{-2} obteniendo 13.68 % y 14,88 % respectivamente. La mejor producción de FVH de maíz se obtuvo con la densidad de siembra de 4 Kg m^{-2} obteniendo por cada kg de semilla utilizada 6.35 Kg de forraje, de igual forma con esta misma densidad el maíz obtuvo mayor proteína cruda con 12.14 %.

Zagal et al. (2016), produciendo forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) con riego de agua cada 24 horas aplicando un litro de agua por Kg de maíz. Utilizo semilla de maíz F2 amarillo y charolas de cartón de huevo recicladas y desinfectadas con agua clorada 24 horas antes, las cuales estuvieron sobre una superficie de nylon. El grano fue tapado durante tres días, para favorecer el término de germinación. Cosecho los días 13,14 y 15, con 10 repeticiones cada día de cosecha. Obtuvo los mejores resultados con la cosecha del día 13, de altura se alcanzó una media de 0.3045 m, un rendimiento de 3.5175 Kg de forraje por cada kg de maíz y un 80.5 % de germinación. concluyendo que es factible la producción de FVH de maíz en charolas de cartón con riego cada 24 horas.

Pereira y Zúniga (2016), evaluando el aporte nutricional del FVH de tres densidades (0.4, 0.5 y 0.6 Kg m⁻²) de maíz y sorgo con la inclusión de bagazo de caña como sustrato, reflejaron que, a medida que aumentó la densidad, aumentó el aporte nutricional de los forrajes. Presentando valores para materia Seca de 12.7 y 11.9 %, proteína cruda 13.3 y 11.9 %, fibra neutro detergente 34.3 y 51.5 %, fibra ácida detergente 13.5 y 20.3 %, materia seca digerible 78.4 y 73.1 %, para maíz y sorgo respectivamente, en un ciclo de 14 días. También formularon dietas para vacas lecheras de 15 litros disminuyendo la suplementación de concentrado en las mismas, a su vez, el tratamiento maíz con 0.6 Kg m⁻², tuvo un rendimiento de 26.5 Kg m⁻² de materia fresca, el cual fue superior a todos los tratamientos generando mayor aporte nutricional y rendimientos.

Varela (2017), determinando el efecto de utilizar dos fertilizantes orgánicos (biol ovino, biol gallinaza) sobre el rendimiento y calidad nutritiva del FVH de maíz y sorgo con dos genotipos de maíz (NB-6 y NB-S) y dos genotipos de sorgo (SP-1 y SIM) en dos fechas de cosecha (12 y 15 después de la siembra). Obtuvo la mayor producción de biomasa fresca de maíz del genotipo NB-S fertilizado con Biol ovino y cosechado a 15 días con un valor de 27.28 kg m², seguido del FVH de maíz NB-6 con biol ovino a los 15 días con 21.7 kg m² Ambos superando la producción de los FVH de sorgo. Sin embargo, en materia seca la mayor producción se obtuvo en el FVH de maíz NB-6 con biol gallinaza y cosechado a los 15 días 29.68 % de igual forma la mayor producción de proteína se obtuvo del NB-6 cosechado a los 15 días 22.82 %.

3.2 Generalidades del forraje verde hidropónico (FVH)

Izquierdo y Figueroa en el 2001 comentan lo siguiente:

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal. Existen diferentes fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas.

El mismo autor aduce que dichos fenómenos que afectan han incrementado significativamente su frecuencia en estos últimos años, Afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales es por esto que la humanidad se vio en la necesidad de desarrollar nuevas alternativas en la producción de forraje de las cuales podemos destacar la hidroponía. (p. 5 y 6)

Beltrano y Giménez (2015), mencionan lo siguiente:

La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. (p. 10)

En la solución nutritiva, como su nombre dice, se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta, la hidroponía, se ha desarrollado con una mayor velocidad a partir de experimentos para determinar los elementos que intervienen en el crecimiento de las plantas (INTAGRI, 2017).

Beltrano y Giménez (2015) Mencionan que:

El FVH como herramienta de cultivo manejado por el hombre, empezó en la antigua Babilonia, en los famosos jardines colgantes que se conocen como una de las siete maravillas del mundo antiguo, en lo que probablemente fuera uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas sin suelo. Además, existen referencias que esta técnica fue utilizada en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba, y existen notas que fue utilizada por algunas tribus asentadas en el lago Titicaca; desarrollándose mucho más tarde a niveles muy elevados, en países con limitaciones serias de suelo y agua. (p. 12)

Asimismo, hace más de 1000 años ya se practicaba la hidroponía en China, India y Egipto (orillas del río Nilo), misma que se realizaba mediante esquemas rústicos de producción hidropónica para alimentar a sus pobladores (INTAGRI, 2017).

El forraje verde hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento de las plantas en las primeras etapas vegetativas del cultivo utilizando materiales genéticos viables. El forraje verde hidropónico es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (Margarita, 2010).

En la práctica, consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) y en otros casos sin contar con medios controlados del todo, usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo, el FVH si bien es un alimento bastante completo en dependencia del tipo de ganado al que se le brinde este no podrá ser la dieta completa. (Izquierdo y Figueroa, 2001, p. 1)

3.3 Ventajas del FVH

Chavarría et al. (2018), mencionan que el FVH contiene: “alto contenido en proteína y gran cantidad de vitaminas, como, por ejemplo: vitamina E; complejo B. A la vez, el FVH es generador de las vitaminas esenciales como la Vitamina A y la Vitamina C, por tener una alta cantidad de carotenos” (p. 1034).

Izquierdo y Figueroa (2001), proponen en sus estudios referente a ventajas de la producción de FVH lo siguiente:

De igual forma la inocuidad: Al producirse en condiciones adecuadas de manejo este es un forraje limpio e inocuo sin la presencia de plagas ni enfermedades. Por lo tanto, los animales no consumen hierba o pastura indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción, se puede producir y suministrar durante todas las épocas del año, se puede producir mayor forraje en un espacio reducido en comparación con la producción de forrajes convencional.

Puede producir en diversos ecosistemas siempre y cuando se cuente con el agua suficiente, tiene una alta palatabilidad por lo que disminuye problemas digestivos, en el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por Kg de materia seca. (p. 3 y 5)

Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18%.

3.4 Desventajas del FVH

Según Vivas y Mejía (2022), el FVH requiere de cuidados especiales, de igual forma se necesita que los trabajadores estén capacitados para hacer el germinado, por otro lado, se debe establecer una adecuada rutina de trabajo, de igual forma existe el riesgo de contaminación si el sistema no se limpia adecuadamente, el agua puede convertirse en un caldo de cultivo para bacterias y enfermedades, lo que puede dañar la cosecha.

3.5 Objetivos de la producción de FVH

En el año 2021, Hernández. et al. En su guía técnica proponen que:

El uso de fertilización está en dependencia de los recursos con que cuenta el productor o la unidad de producción porque se puede hacer uso de fertilizantes convencionales, orgánicos y hasta se puede optar por no usar. Cualquiera que sea la decisión no va a impedir que se cumpla con el objetivo de producir forraje.

A su vez proponen que durante los primeros cinco días es recomendable adicionar 0.5 g de cal por cada litro de agua y aplicarlo una vez al día (en el riego de la tarde) para evitar la proliferación de hongos, entiéndase por (dds) como días después de la siembra para el resto de este trabajo. A los 5 dds es recomendable garantizar el adecuado suministro del agua. En dependencia de las dimensiones y requerimiento de FVH, se puede decidir por el riego manual o buscar una alternativa de uso eficiente, como riego por goteo innovado y también se puede instalar riego automatizado por aspersión en dependencia de la disponibilidad de agua. Se debe garantizar agua de calidad (p. 5 y 7).

3.6 Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

FAO (2001) destacan en su manual técnico los siguientes factores:

- ***Calidad de la semilla***

Se aconseja elegir semillas de alta calidad genética. Para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH, la semilla debe indicar al menos un porcentaje de germinación del 75 %. Hay que considerar su valor económico y su disponibilidad (p. 14).

- ***Iluminación del invernadero***

Si no existiera luz dentro de los recintos para FVH. Las células verdes de las hojas no podrían cumplir con la función fotosintética y, por lo tanto, no habría producción de biomasa como resultado, la radiación solar es fundamental para el desarrollo vegetal y promueve la producción de sustancias como las vitaminas, que son cruciales para la alimentación animal.

Durante los primeros 4 días ocurre la fase oscura en la cual el uso de la luz durante esta fase debe de ser muy tenue, esta fase favorece la germinación de los brotes y el posterior desarrollo de la raíz, algunos productores que utilizan invernaderos no convencionales optan por cubrir las semillas con algún tipo de membrana o plástico (p. 15).

- ***Temperatura del invernadero***

Se estima que un rango óptimo para la producción de forraje verde hidropónico de maíz esta entre los 18 y 26°C. Por lo que se recomienda que exista un control en la regulación de la temperatura. Ya que esto permitirá una buena germinación y crecimiento de los granos en el FVH, cabe destacar que la temperatura adecuada varia en dependencia del tipo de grano a utilizar (p. 16).

- ***Humedad relativa del invernadero***

La humedad en el interior de los recintos es importante, ya que la humedad relativa no puede ser inferior al 90 %. Valores de humedad superior al 90 % sin buena ventilación puede causar graves problemas fitosanitario principalmente enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar por lo que incrementaría los costos de operación. Una situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución de la producción por deshidratación del cultivo (p. 16).

- ***Calidad del agua para riego***

Este es crucial para el desarrollo del FVH, las condiciones básicas que debe presentar el agua usada para el sistema hidropónicos son de carácter de potabilidad, cuyo origen puede ser de pozo, lluvia o agua corriente de cañería. Por lo que si el agua no es potable se tendría problemas sanitarios y nutricionales con el FVH (p. 17).

- ***pH del agua***

El valor del pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7 salvo excepciones para las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta un pH 7.5. Para el resto de semilla de cereales usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor de 7 (p. 17).

- ***Infraestructura del invernadero***

Las dimensiones y nivel tecnológico de la infraestructura implementada en la producción de FVH varia en dependencia del presupuesto con el que cuenta el productor, puede ir desde un galpón de gran tamaño con mecanismos automatizados y tecnologías para el control del ambiente interno del mismo. como también invernaderos no convencionales, los cuales se conocen de esta manera debido a los materiales empleados para su construcción, ya que estos utilizan materiales pre existentes dentro de las unidades de producción, los mismos pueden ser implementados por productores primerizos en este

tipo de técnicas.

Según el tipo de infraestructura utilizada se obtendrán algunas ventajas y desventajas, con los invernaderos no convencionales la inversión será inferior pero las plantas serán más susceptibles a la variabilidad climática y factores externos y por otro lado con una infraestructura de mayor costo, sería lo más cercano a un ambiente controlado en el cual lo que paso en el exterior no afecta de manera directa al FVH (p. 2).

3.7 Ubicación del invernadero

Vivas y Mejía (2022), destacan en su guía técnica la importancia de la ubicación comentando lo siguiente:

Las instalaciones deben estar en un lugar nivelado, que este protegido por vientos fuertes para evitar posibles daños a la cubierta e incluso a la estructura del invernadero y que cuente con la disposición de agua de riego de calidad para abastecer la producción de forraje hidropónico.

La ubicación del invernadero está en dependencia de la luz y los vientos, por lo que se recomienda que se oriente de Norte a Sur para aprovechar con mayor eficiencia la luminosidad y la radiación solar que ayuda al desarrollo del forraje verde hidropónico. Aunque otro autor recomienda la orientación de Este a Oeste, siendo que el lado más largo del invernadero mire hacia el norte. (p. 5)

3.8 Prueba de germinación

Vivas y Mejía (2022, p. 18), describen el proceso de elaboración de pruebas de germinación de la siguiente manera:

La prueba de germinación es necesaria para determinar la viabilidad de las semillas que utilizemos para la producción de forraje verde hidropónico, consiste en tomar una muestra de semilla para estimar el porcentaje de germinación requerida para el

establecimiento del FVH. Lo que se recomienda es hacer esta prueba 15 días antes de establecer el forraje hidropónico, para realizar la prueba de germinación se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Obtener una muestra de la semilla donde ha sido almacenada. Si tiene dos recipientes tomar muestra y mezclarlas
- b) Recoger una muestra de 400 semillas sin escogerlas de la muestra
- c) Forma cuatro grupos de 100 semillas cada uno
- d) Colocar cuatro grupos de 100 semilla en el suelo o arena cada grupo tiene que estar separado.
- e) Regar diariamente
- f) Las plántulas emergerán entre 4 a 5 dds. Hay que recordar que la semilla se tiene que limpiar y desinfectar con cloro al 1% en baño de inmersión por 3 minutos. Un resultado de germinación de 75 %, se considera de óptimo
- g) Contar las plántulas que emergieron en cada uno de los grupos, luego sumar los grupos y dividirlo el total de plantas emergidas entre cuatro
- h) El resultado obtenido de la división será el porcentaje de germinación de la semilla

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación y fecha del área de estudio

El presente estudio se desarrolló en el departamento Chontales, municipio de Comalapa, comarca El Pochote, Comalapa se encuentra a 130 km al noreste de la capital Managua Nicaragua. “Este municipio tiene como actividades económicas principales la ganadería y la agricultura con cultivos de maíz, frijol, sorgo y frutales como mangos, jocotes y cítricos” (Mapa Nacional De Turismo, 2023). La comarca El Pochote se ubica a 25.5 kilómetros al noroeste del municipio de Comalapa. Limita al norte con El agua agria, al sur con El talpetate, al este con Pueblo viejo y al oeste con El Cebollín.

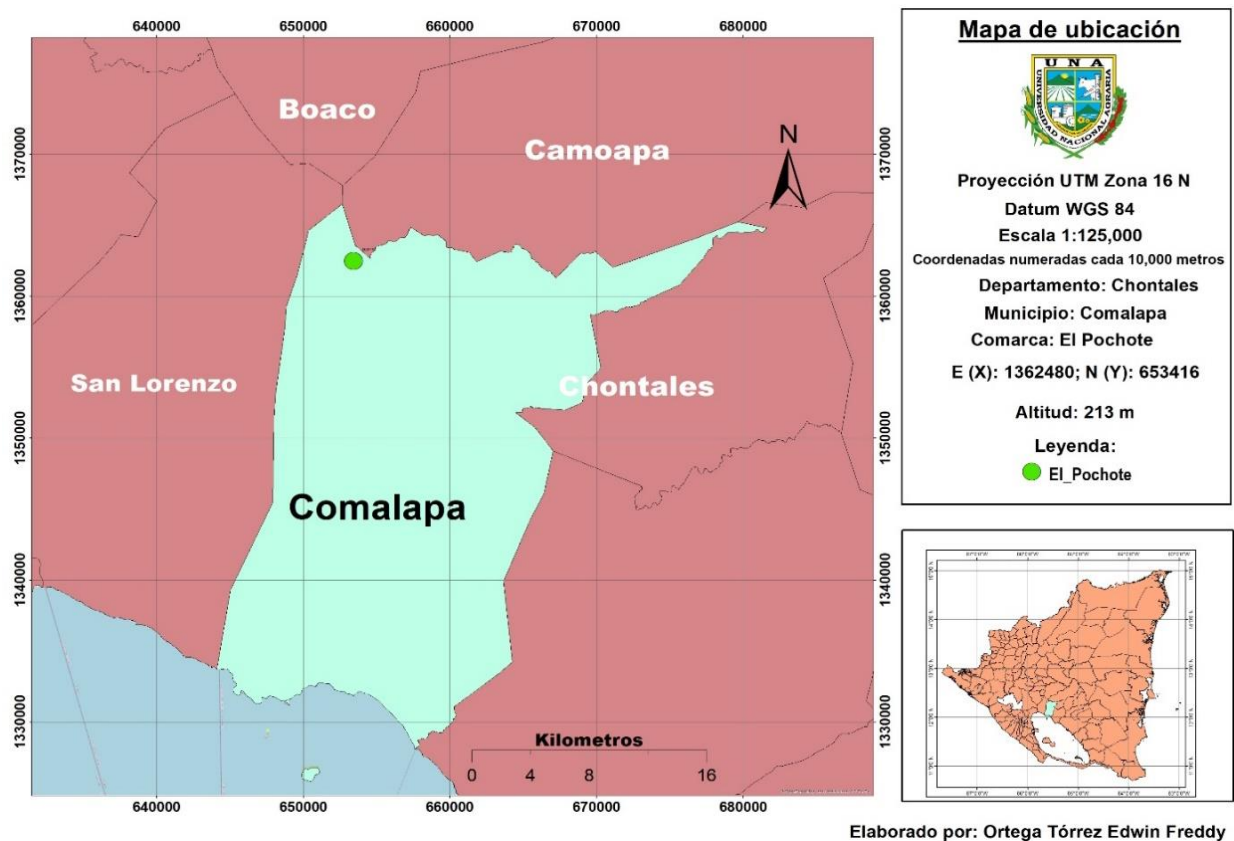


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

El presente experimento se realizó en las coordenadas 653416 de latitud norte y 1362480 de longitud este, a una altitud de 213 m.s.n.m. El estudio se estableció del 22 de mayo al 5 de junio.

4.2 Diseño Experimental

La investigación fue de tipo experimental con un diseño completo al azar (DCA) en arreglo bifactorial, conformando por dos factores. El factor A que correspondió a los genotipos estuvo conformado por dos variedades y un material criollo de *Zea mays L.* Por lo que consto de tres niveles, NB-9043 (a_1), NB-6 (a_2), Olotillo (a_3). Y el factor B que correspondió a las densidades de siembra con dos niveles, 2.5 Kg m⁻² (b_1) y 3 Kg m⁻² (b_2).

Cuadro 1. Factores y niveles de investigación

	Factor A:	Genotipos	Factor B:	Densidades
Niveles	a_1 :	NB-9043	Niveles b_1 :	2.5 Kg m ⁻²
	a_2 :	NB-6	b_2 :	3 Kg m ⁻²
	a_3 :	Olotillo		

Cuadro 2. Cuadro de doble entrada

	Genotipos		
Densidades	a_1	a_2	a_3
b_1	$a_1 b_1$	$a_2 b_1$	$a_3 b_1$
b_2	$a_1 b_2$	$a_2 b_2$	$a_3 b_2$

El área experimental utilizada contó con un total de 24 unidades experimentales. Cada parcela experimental contó con unas dimensiones de 0.55 m de longitud y de 0.35 m de ancho, para un área total de 0.19 m² y un área interna de 0.5 m x 0.3 m de ancho para un área efectiva de 0.15 m² y no hubo distancia entre bandejas.

El área experimental consto de una longitud de 2.8 m y un ancho de 2.7 m para un área de 7.56 m² considerando en todo su perímetro interior una defensa externa de 0.3 m que corresponde a un área de 3.3 m².

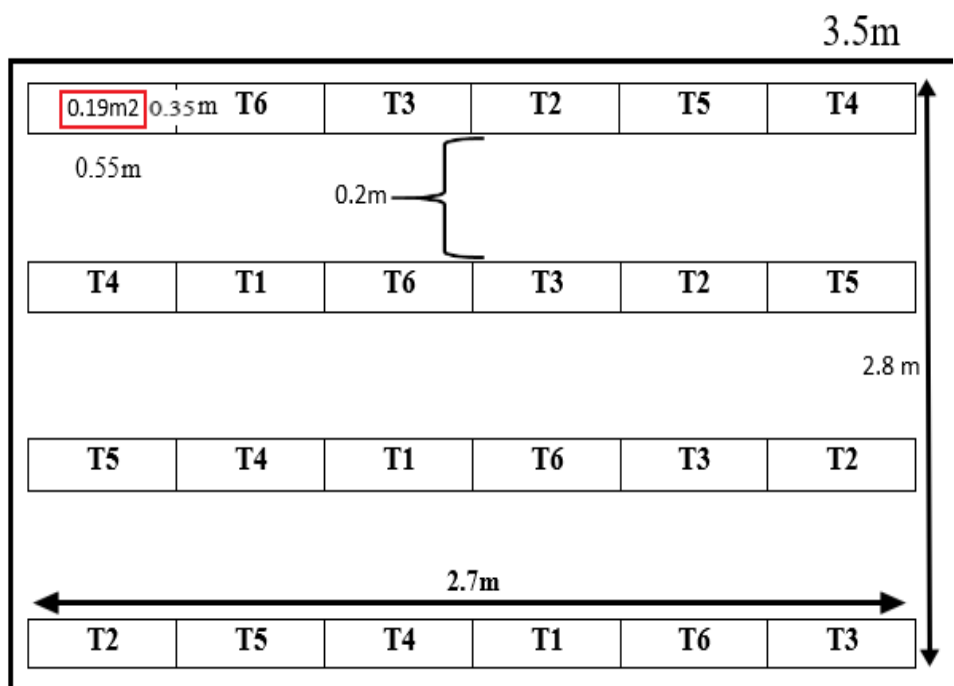


Figura 2. Plano de campo

4.3 Manejo del ensayo

Para la selección del área en la que se estableció el experimento se tomó en cuenta la disponibilidad de agua para el riego, así como también la iluminación y orientación de esta.

Una vez teniendo el área definida se procedió a la construcción del invernadero en el cual se estableció el FVH, para la construcción de este se utilizó principalmente madera, clavos y la malla anti-áfidos 50 imesh comercializada por Agrológico de Nicaragua S.A, posteriormente se adquirieron las bandejas y el material genético los cuales fueron obtenidos en la ciudad de Camoapa en casas comerciales y en el caso del Olotillo este fue comprado a un comerciante independiente.

Una vez construido el invernadero se realizó la desinfección de las semillas y bandejas, para el desinfectado de las semillas se utilizó cloro al 50% a razón de 2cc por litro de agua equivalente a una dosis del 1%, terminado este proceso se enjuago la semilla con abundante agua y posteriormente se sometió está a 16 horas de imbibición, luego se procedió a la siembra del maíz en el cual durante los primeros 3 días transcurrió la fase oscura con el objetivo de promover la germinación, en el cual todas las bandejas fueron tapadas con plástico negro calibre 1000, posteriormente este fue removido, en los primeros 5 días se aplicó cal a razón de 0.5g por litro de agua en el riego de las 6 pm, también los primeros 7 días se realizaron 5 riegos diarios a las 7 am, 10 am, 1 pm, 3 pm y 6 pm, luego de eso en los próximos 7 días del ciclo del cultivo se realizaron entre 2 y 4 riegos diarios dependiendo de las precipitaciones.

El día 6 luego de la siembra se presentó una ligera necrosis apical en las hojas, la cual fue tratada de manera exitosa abriendo la compuerta de ventilación del invernadero en periodos de 30 minutos cada 3 horas.

El día 14 se realizó la cosecha y se midieron las variables de materia verde, altura de planta, área foliar, número de hojas, el mismo día se llevaron muestras de 500 gramos de materia fresca por tratamiento al laboratorio de análisis bromatológicos de la facultad específica de ciencia animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria, así como también al laboratorio de suelos y agua (LABSA) en la facultad de Agronomía (FAGRO).

4.3.1 Temperatura y humedad relativa del invernadero

En esta investigación sostenemos, tal como afirma Castilla citado por Noreña et al (2013), que:

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, temperaturas superiores o inferiores al rango óptimo originan estrés térmico sobre la planta e inciden sobre los procesos metabólicos y la producción de materia seca, razón por la que afectan la productividad de los cultivos. (p.61)

Pérez y Cortés (2007), definen la humedad como:

Un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, por lo que pueden deshidratarse. (p.24)

La temperatura (°C) en el interior del invernadero durante las diferentes horas del día en los 14 días que duro la investigación registró variaciones, obteniendo una temperatura promedio de 31.44 °C, así mismo en todo el transcurso que duro la investigación se tuvo un promedio de temperaturas mínima y máxima de 28.4 °C y 34.5 °C. Respecto a la humedad relativa (HR), se obtuvo un promedio de 62.87 %, así mismo en todo el transcurso que duro la investigación se tuvo un promedio de humedad relativa mínima y máxima de 54.8 °C y 66.6 °C.

Para realizar las mediciones de temperatura (°C) y humedad relativa (%) se utilizó el aparato medidor de Temperatura y humedad relativa (Testo 608-H1 - Termohigrómetro digital de pantalla grande Humedad/punto de rocío/temperatura 0560-6081).

A continuación, observamos la temperatura (°C) y humedad relativa (%) registrada durante cada día de la fase de campo del forraje verde hidropónico al interior del invernadero. (Figura 3)

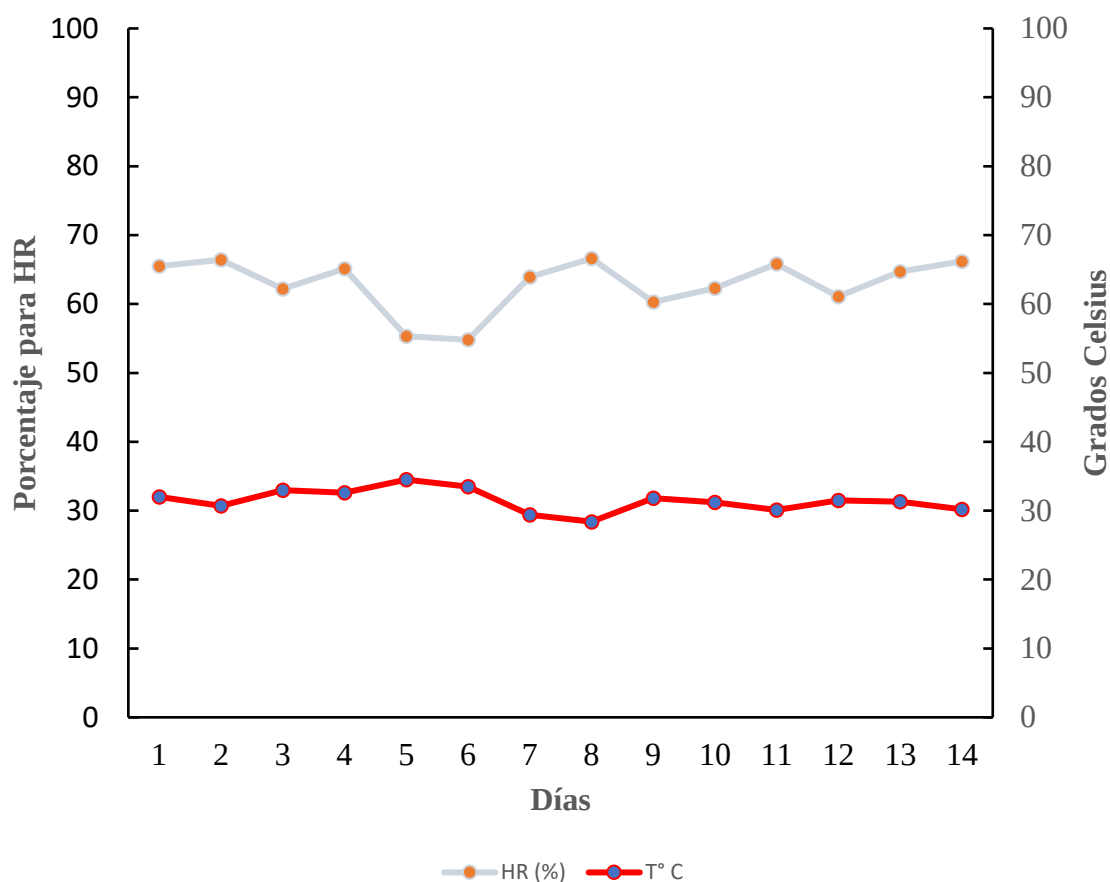


Figura 3. Temperatura (°C) y humedad relativa (HR) al interior del invernadero

4.4 Datos evaluados

4.4.1 Variable comportamiento agronómico y productivo

Para darle respuesta al primer objetivo específico se utilizó la variable comportamiento productivo y agronómico, la cual, se cumplió utilizando las siguientes subvariables:

Número de hojas por planta: De igual forma se tomarán 10 plantas al azar por bandeja para realizar las mediciones.

Área foliar (cm^2): de igual forma se tomaron 10 plantas al azar de cada repetición de cada tratamiento y con una cinta métrica se midió el largo y ancho de la hoja media de la planta, se multiplicaron las medidas por el factor de conversión; y se aplicó la siguiente formula.

$$AF = A * L * 0.75 (FC)$$

AF: Área Foliar

A: Ancho de la hoja

L: Longitud de la hoja

FC: Factor de conversión

Altura de planta (m): Se tomaron 10 plantas al azar de cada repetición de cada tratamiento, la medición se realizó desde el tallo hasta el ápice de la hoja más larga.

Peso materia verde ($Kg m^{-2}$): Corresponde al peso fresco del FVH se pesó el contenido de la bandeja en su totalidad, con ayuda de una pesa graduada, este resultado será transformada a t/ha.

4.4.2 Variable calidad nutritiva

Para darle respuesta al segundo objetivo específico se utilizó la variable calidad nutritiva, la cual, se cumplió utilizando las siguientes subvariables:

Porcentaje de proteína cruda: La medición de esta variable se realizó en laboratorio de suelos y agua (LABSA) utilizando 500 g de muestra de FVH fresca por tratamiento, por medio de un análisis de nitrógeno total, utilizando la metodología de digestión de Kjeldahl

La metodología de digestión de Kjeldahl según Sáez et al. (2019) es de la siguiente manera:

Tiene como objetivo durante su primera etapa destruir los enlaces de nitrógeno de la muestra y convertir todo el nitrógeno unido orgánicamente en iones amonio (NH_4^+). En este proceso la materia orgánica se carboniza dando lugar a la formación de una espuma negra, durante la digestión, la espuma se descompone y finalmente se convierte en un líquido claro que indica que la reacción química ha terminado, posteriormente durante el proceso de destilación los iones amonio (NH_4^+) se convierten en amoniaco (NH_3) mediante la adición de un álcali (NaOH). El amoniaco (NH_3) es arrastrado al vaso receptor por medio de una corriente de vapor de agua.

Luego de eso cuando se utiliza una solución valorada de ácido sulfúrico como solución absorbente, el ácido sulfúrico residual (es decir, el exceso que no reacciona con NH_3) se valora con una solución estandarizada de hidróxido sódico y la cantidad de amoniaco se calcula por diferencia. Esta valoración se llama valoración indirecta o por retroceso. Una vez obtenido el porcentaje de nitrógeno total, este es multiplicado por el factor de corrección (6.25) y de esta forma obtenemos proteína bruta. (p. 15 y 16)

Porcentaje de fibra cruda: De la misma manera esta variable fue medida en laboratorio, en este caso en el laboratorio de análisis bromatológicos de la facultad de ciencia animal (FACA) utilizando 500 g de muestra de FVH fresca por tratamiento.

Para la metodología de obtención de fibra cruda se realiza bajo la norma (AOAC 978.10) la cual hace referencia al Análisis de la fibra cruda (FC) en el pienso animal, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec. Ramírez y Arrubla (2016), mencionan que “este método permite calcular el contenido de fibra en la muestra después de que la muestra haya sido digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el resto. La diferencia de pesos después de la calcinación muestra el contenido de fibra” (p. 5).

Porcentaje de materia seca (Kg): La materia seca es el rendimiento en peso del forraje una vez este haya pasado por un proceso de deshidratación completa. ($\% MS = PS/PF \times 100$) este proceso se lleva a cabo en laboratorio para el cual se necesita obtener el peso fresco del forraje y se somete al horno de mufla a 70 grados Celsius hasta llegar a peso constante.

4.4.3 Variable análisis económico

Para darle respuesta al tercer objetivo específico se utilizó la variable análisis económico, (para esta variable se utilizaron las medias obtenidas del peso materia verde del FVH) la cual, se cumplió utilizando las siguientes subvariables:

Presupuesto parcial de las interacciones evaluadas: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, (CIMMYT 1998) comenta que:

Es un método que se utiliza para la organización de los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos evaluados. El presupuesto parcial es una forma de calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento de un experimento en una finca, así mismo incluye los rendimientos medios, rendimientos ajustados y beneficio bruto del campo. (p. 13)

Según Reyes (2002), los elementos que compone el cuadro de la variable presupuestos parciales son rendimiento $Kg\ ha^{-2}$, rendimientos ajustados al 10 %, precio de venta en campo, beneficios brutos de campo, costos totales que varían, beneficios netos. Los precios de venta en campo se

definen al momento de la cosecha en el sitio de producción, el beneficio bruto de campo se calcula multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de venta en campo, los costos totales que varían es la sumatoria de todos aquellos costos variables como sustratos y semilla. Los beneficios netos son el resultado de los beneficios brutos de campo menos los costos totales variables. (Anexo 1)

Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados

Alemán 2004 citado por Cerda. (2011), afirma que: “realizar un examen inicial de los costos y beneficios de cada tratamiento, sirve para excluir algunos de los tratamientos y como consecuencia simplificar el análisis” (p. 13).

Por tanto, Barreno (2006) afirma que “un análisis de dominancia se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menor a mayor total de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos” (p. 13).

Reyes (2002), expresa que, “un tratamiento es dominado cuando un incremento en los costos, no conduce a un incremento en los beneficios netos. Es dominado porque al menos existe un tratamiento de menor o igual costo que genera mayores beneficios” (p. 4).

Cuadro 3. Operacionalización de las variables

Variables evaluadas	Subvariables	Método de medición
Comportamiento agronómico y productivo	Numero de hojas por planta	Conteo en campo
	Área foliar (cm ²)	Cálculo (longitud hoja*ancho hoja*Fc)
	Altura de planta (m)	Medición con cinta métrica
	Peso materia verde (Kg)	% MV = Peso Fresco
Calidad nutritiva	Proteína bruta	Análisis bromatológico en laboratorio: Proteína bruta: Método Kjeldahl
	Fibra cruda	
	Materia seca	Fibra cruda: Metodología Crisol o Fibertec % MS = PS/PF*100
Análisis económico	Presupuestos parciales Análisis de dominancia	Metodología de presupuestos parciales del CIMMYT

4.5 Análisis de datos

Las subvariables altura de planta, área foliar, número de hojas y materia verde se analizaron a través de análisis de varianza ANDEVA al 95% de confianza, cuando hubo efecto de los tratamientos se aplicó la separación de medias por Duncan para identificar estadísticamente el mejor tratamiento, para ello se utilizó el software InfoStat versión libre 2020 de Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, González, Tablada y Robledo. Proporcionado por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2011.

Las subvariables materia seca, proteína bruta y fibra cruda se analizaron a través de estadística descriptiva, calculando los porcentajes en Excel del paquete Microsoft office 2019. Para las subvariables de análisis económico se utilizó la metodología propuesta por CIMMYT (1998), para analizar los datos se utilizó el programa Excel del paquete Microsoft office 2019.

El modelo estadístico utilizado para un estudio bifactorial en DCA fue:

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, a = 2$: niveles del factor A.

$j = 1, 2, 3, \dots, b = 3$: niveles del factor B.

$k = 1, 2, 3, \dots, n = 4$: Repeticiones.

Y_{ijk} = La k -ésima observación del rendimiento del ij -ésimo tratamiento.

μ = Estima a la media poblacional.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto debido al j -ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción entre factores

ε_{ijk} = Efecto aleatorio de variación.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Comportamiento agronómico y productivo

5.1.1 Número de hojas por planta a los 14 dds

Casas y Torres (2012), plantea que “las hojas presentan mayor cantidad de proteína que los tallos y también alta cantidad de minerales y de caroteno” (p. 2). Por lo tanto, basado en lo anterior el número de hojas es relevante para la nutrición pecuaria.

Para la subvariable número de hojas por planta a los 14 dds, el análisis de varianza al 95 % de confianza no presentó diferencia estadística para el factor A (Genotipos) y para el factor B (Densidades de siembra); pero si presentó diferencia estadística altamente significativa al 99 % de confianza para la interacción (Genotipo * Densidad de siembra).

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para las interacciones (Genotipo * densidad) estableció tres categorías (a, ab y b). La interacción (NB-9043 * 2.5 Kg m⁻²) con 3.88, corresponde a la categoría a; la interacción (NB-6 * 3 Kg m⁻²) con 3.60 corresponde a la categoría ab; y las interacciones (Olotillo * 3 Kg m⁻², Olotillo * 2.5 Kg m⁻², NB-9043 * 3 Kg m⁻², NB-6 * 2.5 Kg m⁻²) con 3.45, 3.45, 3.40, 3.30 número de hojas por planta correspondiendo a la categoría b.

Cuadro 4. Número de hojas por planta a los 14 dds de la siembra

Fuente de variación	Número de hojas	p - Valor
Factor (A)		0.1014
NB-9043 (a1)	3.64 a	
NB-6 (a2)	3.45 a	
Olotillo (a3)	3.45 a	
Factor (B)		0.4610
2.5 Kg m ⁻²	3.54 a	
3 Kg m ⁻²	3.48 a	
Interacciones		0.0025
NB-9043 * 2.5 Kg m ⁻² (T1)	3.88 a	
NB-6 * 3 Kg m ⁻² (T4)	3.60 ab	
Olotillo * 3 Kg m ⁻² (T6)	3.45 b	
Olotillo * 2.5 Kg m ⁻² (T5)	3.45 b	
NB-9043 * 3 Kg m ⁻² (T2)	3.40 b	
NB-6 * 2.5 Kg m ⁻² (T3)	3.30 b	
CV (%)	5.40	

Sánchez et al. (2023), probando densidades de 6.46, 8.07 y 9.69 Kg m⁻² de semilla, encontraron que la densidad de siembra con 9.69 Kg m⁻² señaló el mayor resultado con una media de 3.83 hojas por planta. Datos recolectados a los 15 dds, los resultados de la presente investigación fueron ligeramente superiores a los presentados Sánchez et al.

García et al. (2017), probando con una densidad de 2.094 Kg m⁻² y con 2 variedades, criollo tipo occidental (grano rojo) y híbrido QPM (maíz de alto contenido de proteína, grano blanco) del programa de maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), señaló los mejores resultados para número de hojas por planta de 3.8 para la variedad criolla y 3.6 para la variedad híbrido, ambos muestreos realizados a los 15 dds.

Con respecto a la variable número de hoja la mejor interacción estadísticamente fue el genotipo NB-9043 con densidad de 2.5 Kg m⁻².

5.1.2 Área foliar a los 14 dds

Warnock et al (2006), propone que “el área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios” (p. 23). Por tanto, basado en lo mencionado anteriormente el área foliar es importante en la nutrición vegetal.

Para la subvariable área foliar a los 14 dds, el análisis de varianza al 95 % de confianza presentó diferencia estadística altamente significativa al 99 % de confianza para el factor A (Genotipos), para el factor B (Densidades de siembra) y las interacciones (Genotipo * Densidad de siembra) no se presentó diferencias estadísticas significativas.

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para el factor A (Genotipos) estableció tres categorías (a, ab y b). El genotipo (Olotillo) con 19.38 cm² correspondiendo a la categoría a; el genotipo (NB-9043) con 17.31 cm² correspondiendo a la categoría ab; y el genotipo (NB-6) con 16.02 cm² correspondiendo a la categoría b.

Cuadro 5. Área foliar a los 14 dds

Fuente de variación	Área foliar	p - Valor
Factor (A)		0.0003
Olotillo (a3)	19.38 a	
NB-9043 (a1)	17.31 ab	
NB-6 (a2)	16.02 b	
Factor (B)		0.7105
2.5 Kg m ⁻²	17.67 a	
3 Kg m ⁻²	17.47 a	
Interacciones		0.4473
Olotillo * 3 Kg m ⁻² (T6)	19.45 a	
Olotillo * 2.5 Kg m ⁻² (T5)	19.32 a	
NB-9043 * 3 Kg m ⁻² (T2)	17.52 a	
NB-9043 * 2.5 Kg m ⁻² (T1)	17.09 a	
NB-6 * 2.5 Kg m ⁻² (T3)	16.61 a	
NB-6 * 3 Kg m ⁻² (T4)	15.44 a	
CV (%)	7.49	

Paucara (2014), utilizando dos densidades de siembra de (2 Kg m^{-2} y 3 Kg m^{-2}) en maíz blanco de la variedad Hualtaco, no encontro diferencias estadísticas entre las densidades de siembra para la variable área foliar, Paucara refleja un área foliar promedio igual a 16.56 cm^2 , dicho promedio es inferior al obtenido en la presente investigación.

Mientras que Duran (2007), utilizando maíz blanco (ICA V-155) y amarillo (ICA V-109) con tres densidades de siembra, 2, 2.5 y 3 Kg m^{-2} , determino que la mejor densidad de siembra con respecto al área foliar fue 2.5 Kg m^{-2} a los 15 dds con 29.75 cm^2 , lo que podría ser el resultado de los genotipos utilizados y el plan de fertilización. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a los obtenidos por Durán.

Con respecto a la variable área foliar el mejor genotipo fue el Olotillo con 19.38 cm^2 , la mejor densidad numéricamente fue 2.5 Kg m^{-2} con 17.67 cm^2 y la mejor interacción numéricamente fue Olotillo * 3 Kg m^{-2} con 19.45 cm^2 respectivamente.

5.1.3 Altura de planta a los 14 dds

Rivera 2008 citado por López (2017), define que “evaluar la altura de la planta es muy importante ya que nos indica que la planta está aprovechando los nutrientes y elementos existentes en su medio de siembra” (p. 26). Por lo cual es muy conveniente que la planta alcance una buena altura ya que como forraje se le ofrece al animal toda la planta, sus hojas, tallo, y sus raíces.

Para la subvariable altura de planta a los 14 dds, el análisis de varianza al 95 % de confianza presentó diferencia estadística altamente significativa al 99 % de confianza para el factor A (Genotipos), no presentó diferencia estadística significativa para el factor B (Densidades de siembra); y presento diferencia estadística para la interacción (Genotipo * Densidad de siembra).

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para el factor A (Genotipos) estableció dos categorías (a y b). El genotipo (Olotillo) con 0.3929 m respondiendo a la categoría a; los

genotipos (NB-9043 y NB-6) con 0.3267 m y 0.3220 cm correspondiendo a la categoría b.

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para las interacciones (Genotipo * Densidad de siembra) estableció cuatro categorías (a, ab, bc y c). La interacción (Olotillo * 3 Kg m⁻²) con 0.3969 m, corresponde a la categoría a; la interacción (Olotillo * 2.5 Kg m⁻²) con 0.3888 m, corresponde a la categoría ab; la interacción (NB-9043 * 3 Kg m⁻²) con 0.3430 m corresponde a la categoría bc; y las interacciones (NB-6 * 2.5 Kg m⁻², NB-9043 * 2.5 Kg m⁻² y NB-6 * 3 Kg m⁻²) con 0.3363 m, 0.3105 m y 0.3078 m correspondiente a la categoría c.

Cuadro 6. Altura de planta a los 14 dds

Fuente de variación	Altura de planta	p - Valor
Factor (A)		0.0001
Olotillo (a3)	0.3929 a	
NB-9043 (a1)	0.3267 b	
NB-6 (a2)	0.3220 b	
Factor (B)		0.6754
3 Kg m ⁻²	0.3492 a	
2.5 Kg m ⁻²	0.3452 a	
Interacciones		0.0515
Olotillo * 3 Kg m ⁻² (T6)	0.3969 a	
Olotillo * 2.5 Kg m ⁻² (T5)	0.3888 ab	
NB-9043 * 3 Kg m ⁻² (T2)	0.3430 bc	
NB-6 * 2.5 Kg m ⁻² (T3)	0.3363 c	
NB-9043 * 2.5 Kg m ⁻² (T1)	0.3105 c	
NB-6 * 3 Kg m ⁻² (T4)	0.3078 c	
CV (%)	6.67	

García y Guido (2019), evaluando el FVH de maíz (NB-6) con densidades de siembra de (2,4 y 6 Kg m⁻²) a los 14 dds, encontraron que la densidad de 6 Kg m⁻² presentó la mayor altura de planta con 0.2274 m. Mientras que Espinoza (2019), obtuvo la mayor altura de planta con 0.2555 m a los 15 dds en maíz F2 (30F87) con 3 Kg m⁻².

Los resultados de los dos autores anteriores son inferiores a los presentados en este trabajo. Siendo la interacción Olotillo * 3 Kg m⁻² la que presentó la mayor altura con 0.3969 m. Resultado influenciado mayormente por el genotipo.

5.1.4 Materia verde a los 14 dds

Para efectos del presente trabajo los datos recolectados en campo para la variable materia verde fueron medidos en gramos y procesados estadísticamente de igual manera y para presentarlos en los resultados se transformaron a Kg m⁻².

López (2017), explica que “es importante medir el peso de materia verde para determinar la cantidad de producción que se está obteniendo en cualquier sistema de siembra por área y la cantidad que se les estará brindando a los animales para su alimentación” (p.28). Por lo tanto, es crucial para determinar qué tan productivo resulta el establecimiento del FVH.

Para la subvariable materia verde a los 14 dds, el análisis de varianza al 95 % de confianza presentó diferencia estadística altamente significativa al 99 % de confianza para el factor A (genotipos) y para el factor B (Densidades de siembra); pero no presentó diferencia estadística para la interacción (genotipo * Densidad de siembra).

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para el factor A (Genotipos) estableció tres categorías (a, b y c). El genotipo Olotillo con 17.72 Kg m⁻², corresponde a la categoría a; el genotipo NB-6 con 13.77 Kg m⁻², corresponde a la categoría b; y el genotipo NB-9043 con 10.43 Kg m⁻² correspondiendo a la categoría c.

La prueba de separación de medias por Duncan ($\alpha < 0.05$) para el factor B (Densidades) estableció dos categorías (a y b). La densidad 3 Kg m⁻² con 15.59 Kg m⁻², corresponde a la categoría a; y la densidad 2.5 Kg m⁻² con 12.36 kg m⁻² correspondiendo a la categoría b.

Cuadro 7. Materia verde a los 14 dds

Fuente de variación	Materia verde	ρ - Valor
Factor (A)		0.0001
Olotillo (a3)	17.72 a	
NB-6 (a2)	13.77 b	
NB-9043 (a1)	10.43 c	
Factor (B)		0.0001
3 Kg m ⁻²	15.59 a	
2.5 Kg m ⁻²	12.36 b	
Interacciones		0.8552
Olotillo * 3 Kg m ⁻² (T6)	19.35 a	
Olotillo * 2.5 Kg m ⁻² (T5)	16.09 a	
NB-6 * 3 Kg m ⁻² (T4)	15.55 a	
NB-6 * 2.5 Kg m ⁻² (T3)	11.99 a	
NB-9043 * 3 Kg m ⁻² (T2)	11.88 a	
NB-9043 * 2.5 Kg m ⁻² (T1)	8.99 a	
CV (%)	8.53	

López et al (2009), evaluando el comportamiento productivo del forraje verde hidroponico de maiz amarillo criollo con alto grado de germinacion y utilizando tres densidades de siembra (1.5, 2 y 2.5 Kg m⁻²), encontraron que la densidad de siembra de 2.5 Kg m⁻² señalo el mejor resultado con 21 Kg m⁻² de forraje verde hidroponico, a los 14 dias despues de la siembra. Los resultados de la presente investigacion fueron inferiores a los presentados por López et al (2009).

Ovando (2021), evaluando el comportamiento productivo del forraje verde hidroponico de la variedad tuxpeño, utilizando tres densidades de siembra (4.2, 6.7 y 9.2 Kg m⁻²), encontró que la densidad de siembra 9.2 Kg m⁻² señaló el mejor resultado con 16.83 Kg m⁻² de FVH, datos recolectados a los 12 dds. Los resultados de la presente investigación fueron superiores a los presentados por Ovando.

Con respecto a la subvariable materia verde el mejor genotipo fue el Olotillo y la mejor densidad fue de 3 Kg m⁻² obteniendo valores de 17.73 Kg m⁻² y 15.606 Kg m⁻² respectivamente.

5.2 Calidad nutritiva a los 14 dds

Mejía (2002), comenta que la materia seca del forraje consumido regula la producción de los rumiantes, además afirma que el porcentaje de fibra y proteína son esenciales en la dieta para mantener la salud, el crecimiento y optimizar la producción, además de fortalecer su inmunidad ante problemas sanitarios.

Cuadro 8. Resultados de calidad nutritiva del FVH a los 14 dds

Tratamientos	PB (%)	FC (%)	MS (%)
NB-9043 2.5 Kg m ⁻²	11.75	17.03	10.23
NB-9043 3 Kg m ⁻²	11.87	18.70	11.16
NB-6 2.5 Kg m ⁻²	16.38	20.78	8.97
NB-6 3 Kg m ⁻²	17.75	15.99	10.84
Olotillo 2.5 Kg m ⁻²	18	21.83	6.56
Olotillo 3 Kg m ⁻²	18.19	27.06	8.44

PB: Proteína bruta; FC: Fibra cruda; MS: Materia seca

López et al. (2009), obtuvo 15.8 % de proteína bruta a los 14 dds con densidad de 2.5 Kg m⁻², también Albert et al. (2016) consiguió 13 % de proteína bruta a los 12 dds con densidad de siembra de 1.16 Kg m⁻². De igual manera Espinosa (2019) obtuvo 11 % de proteína bruta a los 15 dds con densidad de 4 Kg m⁻². Así, los tres autores antes mencionados tuvieron resultados inferiores a los encontrados en la presente investigación.

Albert et al. (2016), obtuvo 19.2 % de materia seca a los 12 dds con densidad de 1.16 Kg m⁻², de igual manera López et al. (2009), logro 21.8 % de materia seca a los 14 dds con densidad de 2.5 Kg m⁻². Ambos resultados fueron superiores a los obtenidos en la presente investigación.

Espinosa (2019), obtuvo 24.82 % de fibra cruda a los 15 dds con densidad de 4 Kg m⁻², este resultado es inferior al encontrado en la presente investigación.

Basado en los resultados obtenidos en el presente estudio así como también en los obtenidos por los autores citados el mejor tratamiento será determinado en base a los objetivos de la producción del FVH así como también la especie y categoría animal al cual se le suministrara, en este caso se recomienda el tratamiento Olotillo con 3 Kg m^{-2} para ganado lechero bovino, esto por los altos contenidos de proteína bruta obtenidos, y se debe suplementar la materia seca para de esta forma asegurar que el ganado aproveche al máximo la calidad nutritiva del FVH.

5.3 Análisis económico de los tratamientos evaluados

5.3.1 Presupuestos parciales

Utilizando análisis económico con la metodología de presupuestos parciales propuesta por CIMMYT (1988), se comparó los tratamientos evaluados de tres genotipos de maíz (*Zea mays L.*) con dos densidades de siembra 2.5 Kg m^{-2} y 3 Kg m^{-2} en la comarca El pochote, Comalapa, mayo-junio 2024.

En el cuadro 9, se presenta el cuadro de presupuesto parcial, en él se observa que los mayores costos variables los obtuvieron las interacciones NB-9043 * 3 Kg m^{-2} y NB-6 * 3 Kg m^{-2} ambos con $8.10 \text{ U\$ m}^{-2}$ y el de menor costo variable fue la interacción Olotillo * 2.5 Kg m^{-2} con $2.25 \text{ U\$ m}^{-2}$.

Para calcular los beneficios brutos de campo, se multiplicó los rendimientos ajustados (10 %) por el precio de venta, el cual, se calculó asumiendo una utilidad del 25 % sobre los costos de producción de cada tratamiento (anexo 12). Se debe considerar que el diseño de producción utilizado en este trabajo fue horizontal, por lo tanto, si asumimos una producción vertical con tres estratos, la tabla de costos por tratamiento se incrementará, pero el rendimiento se triplicará, asumiendo el rendimiento logrado horizontalmente en el presente estudio, esto tendrá un efecto a la baja sobre el precio del kg de forraje verde hidropónico por metro cuadrado (anexo 13).

Cuadro 9. Presupuesto parcial (U\$) de las interacciones evaluadas en el periodo comprendido entre mayo y junio, 2024, El Pochote, Comalapa.

Concepto	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento (Kg m ⁻²)	8.99	11.88	11.99	15.55	16.09	19.35
Rendimiento ajustado (10 %) (Kg m ⁻²)	8.09	10.69	10.80	14	14.48	17.42
Beneficios brutos de campo (U\$ m ⁻²)	7.01	5.84	5.28	4.47	2.66	2.34
Costos que varían (U\$ m ⁻²)						
Costos de semilla (U\$)	6.75	8.10	6.75	8.10	2.25	2.70
Total, de costos que varían (U\$ m ⁻²)	6.75	8.10	6.75	8.10	2.25	2.70
Beneficios netos (U\$ m⁻²)	0.26	-2.26	-1.47	-3.63	0.41	-0.36

Precio oficial del dólar: 1U\$= C\$ 36.62 (Julio, 2024). Fuente: BCN

5.3.2 Análisis de dominancia

Luego de haber realizado el análisis de presupuesto parcial, se procede a determinar cuál de los tratamientos ha sido dominado y cual no. En el cuadro 10, del análisis de dominancia se observa que los tratamientos se ordenan de manera ascendente en el total de costos que varían acompañados de sus respectivos beneficios netos en igual orden (aunque se presentan valores negativos).

El análisis de dominancia cuadro 10, nos muestra que existen dos tratamientos no dominados (ND) pertenecientes al tratamiento uno (NB-9043 * 2.5) y cinco (Olotillo * 2.5 Kg m⁻²), el resto de los tratamientos se muestran como dominados (D), debido a sus bajos beneficios netos y mayores costos variables.

Cuadro 10. Análisis de dominancia (U\$) de los tratamientos evaluados en el periodo comprendido entre mayo y junio, 2024, El Pochote, Comalapa.

Tratamiento	Interacción	Total, costo que varían U\$ m ⁻²	Beneficios netos U\$ m ⁻²	Categoría de dominancia
T5	Olotillo * 2.5	2.25	0.41	ND
T6	Olotillo * 3	2.70	-0.36	D
T1	NB-9043 * 2.5	6.75	0.26	ND
T3	NB-6 * 2.5	6.75	-1.47	D
T2	NB-9043 * 3	8.10	-2.26	D
T4	NB-6 * 3	8.10	-3.63	D

ND: No dominado; D: Dominado

5.3.3 Taza interna de retorno (TIR)

Al comparar los costos que varían de la interacción NB-9043*2.5 Kg m⁻² con los costos que varían de la interacción Olotillo*2.5 Kg m⁻² la diferencia fue de 4.5 U\$ ha⁻¹ mayor para NB-9043*2.5 Kg m⁻², pero esa inversión permite obtener una tasa de retorno marginal de 0.033 %. Por lo tanto, la interacción NB-9043*2.5 Kg m⁻² recupera su inversión.

La TIR indicó la cantidad de dinero obtenida por cada córdoba invertido y reflejó que el mejor tratamiento fue NB-9043*2.5 Kg m⁻², ya que por cada córdoba invertido se obtuvo una tasa de retorno marginal de 0.033 % siendo este el de mayor beneficio.

La interacción NB-9043*2.5 Kg m⁻² resulto ser la mejor la mejor opción al lograr una tasa de retorno marginal de 0.033 % lo que significa que obtiene un retorno de 3.3 %, consecuentemente utilizar NB-9043 con densidad de 2.5 Kg m⁻² resulta ser económicamente ventajoso comparado con el uso de Olotillo con 2.5 Kg m⁻², aunque la semilla NB-9043 sea más cara.

Cuadro 11. Análisis de la tasa de retorno marginal (U\$) de las interacciones evaluados en el periodo comprendido entre el 22 de mayo al 5 de junio, 2024, El pochote, Comalapa.

Interacciones ND	Costo variable U\$ m⁻²	Costo marginal	Beneficios netos U\$ m⁻²	Beneficio marginal	Taza de retorno marginal
Olotillo*2.5 Kg m⁻²	2.25		0.41		
NB-9043*2.5 Kg m⁻²	6.75	4.5	0.26	-0.15	0.033

VI. CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir lo siguiente:

El tratamiento NB-9043 * 2.5 Kg m⁻² obtuvo el mayor número de hojas a los 14 dds con 3.88. Para las variables área foliar, altura de planta y materia verde destacó estadísticamente el genotipo Olotillo con 19.38 cm², 0.3929 m y 17.72 Kg m⁻² influenciado mayormente por el genotipo. Mientras que el tratamiento Olotillo * 3 Kg m⁻² presentó la mayor altura de planta con 0.3969 m y numéricamente para materia verde con 19.35 Kg m⁻² respectivamente.

Se determinó que la calidad nutritiva del FVH del tratamiento Olotillo * 3 Kg m⁻² presentó los mayores resultados en cuanto a proteína bruta y fibra cruda con 18.19 y 27.06 % respectivamente. Mientras que para materia seca los mayores resultados los obtuvo el tratamiento NB-9043 * 3 Kg m⁻² con 11.16 %.

El análisis económico utilizado indicó que los tratamientos con los mayores costos variables fueron NB-9043 con 3 Kg m⁻² y NB-6 con 3 Kg m⁻² con 8.10 U\$ m⁻² y el de menor costo variable el tratamiento Olotillo * 2.5 Kg m⁻² con 2.25 U\$ m⁻², quien además fue el de mayor beneficio neto con 0.41 U\$ m⁻². Las interacciones no dominadas fueron NB-9043 con 2.5 Kg m⁻² y Olotillo * 2.5 Kg m⁻², obteniendo una tasa de retorno marginal más alta la interacción NB-9043 con 2.5 Kg m⁻² con 0.033 %.

VII. RECOMENDACIONES

A productores que quieran implementar esta alternativa se insta a utilizar recursos de la finca para la construcción de invernadero para disminuir los costos y lograr mayores beneficios económico

Basados en las conclusiones del presente estudio se insta a los productores a utilizar el genotipo Olotillo por haberse destacado en la mayoría de la variables en estudio

Continuar los procesos de investigación con materiales criollos como tal así como, en comparaciones con genotipos mejorados en diversas densidades de siembra

VIII. LITERATURA CITADA

- Albert, G; Alonso, N; Cabrera, A; Rojas, L y Rosthoj, S. (2016). *Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo*. Compendio de Ciencias Veterinarias, 6(1), 7-10. <https://n9.cl/eq4gi>
- Balam, L. (2019). *Modelo Tecnológico Para La Producción De Forraje Verde Hidropónico De Maíz (Zea mays. L)*. Universidad Juárez Autónoma De Tabasco. <https://n9.cl/unpec>
- Barreno, J. (2006). *Evaluación de Rentabilidad Económica de Variedades promisorias de Caña de Azúcar en Ingenio La Unión, Escuintla, Guatemala*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. <https://n9.cl/9zv7s>
- Beltrano, J y Giménez, D. (2015). *Introducción al cultivo hidropónico*. Libros de Cátedra. <https://n9.cl/rg6le>
- Casas, M y Torres, A. (2012) *Confeción de heno de buena calidad* [en línea]. Osorno: Informativo INIA Remehue. no. 103. (Consultado: 26 junio 2024). <https://n9.cl/x023s>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, [CIMMYT], (1998). *Capacitaciones estratégicas para el desarrollo del campo*. <https://www.cimmyt.org/es/>
- Cerda, K. (2011). *Evaluación de alternativas de manejo contra el complejo mosca blanca (Bemisia tabaci Gennadius) - Geminivirus en el cultivo de tomate [Solanum lycopersicum L.] (=Lycopersicum esculentum Mill.) en Tisma, Masaya (2009) y Camoapa, Boaco (2010)*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2154/>

- Chavarría, A; Castillo, S y Blanco, R. (2018). *El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja*. Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático, 4(8), 1032–1039. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941755005/3941755005.pdf>
- Doussoulin, M. (2022). *Evaluación de germoplasma forrajero y caracterización de praderas a través del uso de teledetección y SIG*.p 7. ¿Universidad de Córdoba (ESP) <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/22841/2022000002427.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duran, R. (2007). *Comportamiento fisiológico del maíz blanco en condiciones de hidroponía con diferentes dosis de nutrientes para producción de forraje verde en el norte del Cesar*. Universidad Popular del César (UPC). <https://n9.cl/f8vwjo>
- Espinosa, W. (2019). *Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico*. Revista investigaciones agropecuarias, 1(2), 15-27. <https://core.ac.uk/download/pdf/487396507.pdf>
- EFEAgro (2022). *La ganadería de Nicaragua acuerda una agenda de sostenibilidad ambiental*. EFEAgro. <https://efeagro.com/ganaderia-nicaragua-agenda-sostenibilidad-ambiental/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2001). *Manual tecnico Forraje verde hidroponico*. Segunda parte. Oficina Regional de la FAO para América latina y el caribe Santiago, Chile. <http://bioforrajes.com/wp-content/uploads/2019/06/Manual-FVH-2.pdf>
- García, C y Guido, Y. (2019). “*Evaluación del efecto productivo del forraje verde hidropónico de maíz y sorgo a tres densidades de siembra y su efecto sobre el comportamiento productivo en cabras en el CNIA-INTA, 2018*”. Universidad Nacional De Ingeniería. <https://core.ac.uk/download/pdf/336876926.pdf>

- García, J; Cervantes, F; Ramírez, J; Aguirre, C; Rodríguez, G; Ochoa, F; y Mendoza, M. (2017). *Determinación de lisina, triptófano y proteína en germinados de maíz criollo y QPM*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(4), 877-890. <https://n9.cl/lj7jv>
- Gómez, M. (2012). “*Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes*”. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1813/1/17T0725.pdf>
- Hernández, L; Masís, R y Suazo, G y Borge, M. (2021). *Guía Técnica N° 26 Usos Del Forraje Verde Hidropónico A Base De Maíz En Pollos De Engorde*. Universidad Nacional Agraria, Sede Regional Camoapa (repositorio.una.edu.ni). <https://repositorio.una.edu.ni/4176/1/NL02H557.pdf>
- INTAGRI. (2017). *La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida*. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. México, <https://n9.cl/01v7b>
- Izquierdo, J y Figueroa, J. (2001). *Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico*, Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación, Santiago de Chile, (bioforrajes.com). <https://bioforrajes.com/wp-content/uploads/2019/06/Manual-FVH-1.pdf>
- López, I. (2017). *Rendimiento del material verde del maíz (Zea mayz L.), bajo un sistema hidropónico y tradicional en finca Nayarís comunidad de Villa Nueva/Kukra River Municipio de Bluefields*. Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN). <https://n9.cl/d0w2j>
- López, R; Murillo, B y Rodríguez, G. (2009). *El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas*. Interciencia, 34(2), 121-126. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009

- Mapa Nacional de Turismo. (2023). *Municipio de Comalapa*.
<https://www.mapanicaragua.com/municipio-de-comalapa/>
- Margarita, D. (2010). *Estudio del efecto del forraje verde hidropónico en la alimentación de caprino*. Centro de investigación en química aplicada.
<https://n9.cl/f0je2>
- Mejía, J. (2002). *Consumo Voluntario De Forraje Por Rumiantes en Pastoreo*. Universidad De Guanajuato México. Acta Universitaria ISSN: 0188-6266. 41612204.pdf (redalyc.org)
- Noreña, J; Rodríguez, V; Aguilar, P; Restrepo, J; y Felipe, J. (2013). Control climático bajo condiciones protegidas. *Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas*, 57-92.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1746/45502_62474.pdf?sequence=1
- Ovando, M. (2021). *Determinación de densidades y tipo de bandeja para la producción de forraje verde hidropónico de maíz*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2021.
<https://n9.cl/9br28>
- Paucara, J. (2014). *Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) con diferentes densidades de siembra, en la comunidad de Totorani*. Universidad Mayor De San Andrés. <https://n9.cl/bco8w>
- Pereira, P y Zúniga, T. (2016). *Evaluación de la calidad nutricional de tres densidades de forraje hidropónico de maíz y sorgo sobre bagazo de caña de azúcar como sustrato*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. <https://n9.cl/ww9dm>
- Pérez, H y Cortes, M. (2007). *Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero*.

Universidad De La Salle. facultad de ingeniería de diseño y automatización electrónica.
<https://n9.cl/t3y31>

Ramírez, D y Arrubla, J. (2016) *Implementación de un método de determinación de fibra cruda en materias primas y producto terminado en alimentos para animales en CIPA S.A.* Escuela de Química, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
<https://n9.cl/1np2j>

Reyes, M. (2002). *Análisis económico de experimentos agrícolas conpresupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque.* La Calera, 40-48.
<https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/28/28>

Sánchez, A; Cabrera, W; Pincay, J y Contreras, M. (2023). *Evaluación del cultivo de maíz y soya bajo condiciones hidropónicas para su posterior uso en la alimentación de especies acuícolas.* Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 8(12), 1453-1479.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9257805.pdf>

Santillán, K. (2020). *Desarrollo de manual para presupuestos parciales para el proceso de toma de decisiones agrícolas.* Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/43e2fe65-ba30-4043-a425-2b174fb3fcd8/content>

Sáez, P; García, A y Martín, J. (2019). Una anotación sobre el método de Kjeldahl. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 85 (1), 14-19.
<https://idus.us.es/handle/11441/96406>

Tito (2016). *Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (zea mays l.),*

con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia murillo del departamento de la paz. Universidad Mayor De San Andrés. Aphapi, 3(2), 538-544.
<https://n9.cl/pqj7c>

Varela, P. (2017). *Producción de biomasa y calidad nutritiva de Forraje Verde Hidropónico, Managua, Nicaragua 2016.* Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3713/1/tnf04v293.pdf>

Vivas, J y Mejía, W. (2022). *Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde Hidropónico en invernadero no convencional.* Guía Técnica N° 35 Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde Hidropónico en invernadero no convencional.
<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4576>

Warnock, R; Valenzuela, J; Trujillo, A; Madriz, P y Gutiérrez, M. (2006). *Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota.* Agronomía tropical, 56(1), 21-42. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v56n1/art02.pdf>

Zagal et al. (2016). *Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas.* Abanico veterinario, 6(1), 29-34. versión On-line ISSN 2448-6132.
<https://n9.cl/s3ize>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Estructura del cuadro de análisis de presupuestos parciales

Concepto	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Rendimiento promedio (Kg m ⁻²)				
Rendimiento ajustado al 10 % (Kg m ⁻²)				
Precio de venta en campo U\$ Kg ⁻¹				
Ingreso bruto (U\$ m ⁻²)				
Semilla				
Sustratos				
Costos totales que varían (U\$ m ⁻²)				
Beneficio neto (U\$ m ⁻²)				

Anexo 2. Estructura del cuadro de análisis de dominancia

Tratamientos	Costos variables U\$ m ⁻²	Beneficio neto U\$ m ⁻²	Categoría
T1			
T2			
T3			
T4			

Anexo 3. ANDEVA para la variable número de hojas a los 14 dds

F.V.	SC	gl	CM	F	ρ-valor
Modelo	0.82	5	0.16	4.55	0.0074
Material genético	0.19	2	0.09	2.61	0.1014
Densidad (Kg m ⁻²)	0.02	1	0.02	0.57	0.4610
Material genético * Densidad de siembra	0.61	2	0.31	8.49	0.0025
Error	0.65	18	0.04		
Total	1.47	23			

Anexo 4. ANDEVA para la variable área foliar a los 14 dds (cm²)

F.V.	SC	gl	CM	F	ρ-valor
Modelo	49.16	5	9.83	5.68	0.0026
Material genético	46.00	2	23.00	13.29	0.0003
Densidad (Kg m ⁻²)	0.25	1	0.25	0.14	0.7105
Material genético * Densidad de siembra	2.91	2	1.46	0.84	0.4473
Error	31.15	18	1.73		
Total	80.31	23			

Anexo 5. ANDEVA para la variable altura de planta a los 14 dds (m)

F.V.	SC	gl	CM	F	ρ-valor
Modelo	289.90	5	57.98	10.81	0.0001
Material genético	251.23	2	125.61	23.42	0.0001
Densidad (Kg m ⁻²)	0.97	1	0.97	0.18	0.6754
Material genético * Densidad de siembra	37.70	2	18.85	3.51	0.0515
Error	96.55	18	5.36		
Total	386.45	23			

Anexo 6. ANDEVA para la variable peso materia verde a los 14 dds (Kg m⁻²)

F.V.	SC	gl	CM	F	ρ-valor
Modelo	276.14	5	55.23	38.90	0.0001
Material genético	212.87	2	106.43	74.97	0.0001
Densidad (Kg m ⁻²)	62.82	1	62.82	44.25	0.0001
Material genético * Densidad de siembra	0.45	2	0.22	0.16	0.8552
Error	25.55	18	1.42		
Total	301.69	23			

Anexo 7. Resultados de análisis para materia seca y fibra cruda



Universidad Nacional Agraria

Laboratorio de bromatología

Formulario del registro de informe de resultados

LABBRO-F-01-PT-08

Versión 01

Revisión 00

Informe de resultados de análisis bromatológico

Nombre y Apellido:	Ahmed Alhazmy Arroliga Díaz	Tipo de muestra:	Forraje verde hidropónico de maíz.
Procedencia:	Camoapa	Nº de muestras:	6
Dirección:	Camoapa	Fecha de recepción:	06-06-2024
E-mail:	ahmeddiaz99@gmail.com	Fecha de entrega:	19-06-2024
Teléfono:	8626-5602	Nº de solicitud:	007-06-24

ID muestra	Materia Seca (%)	Fibra Cruda (%)
039-0606-24	10.23	17.03
040-0606-24	11.16	18.70
041-0606-24	8.97	20.78
042-0606-24	10.84	15.99
043-0606-24	6.56	21.83
044-0606-24	8.44	27.06

Fibra Diferida

Fibra neutro detergente (%)	Fibra ácido detergente (%)
N/A	N/A

Observaciones:

039-0606-24	Forraje Hidroponico T1A1B1
040-0606-24	Forraje Hidroponico T2A1B2
041-0606-24	Forraje Hidroponico T3A2B1
042-0606-24	Forraje Hidroponico T4A2B2
043-0606-24	Forraje Hidroponico T5A3B1
044-0606-24	Forraje Hidroponico T6A3B2

*Metodología: %MS&%H(AOAC 934.01), %FC(AOAC 978.10).

- El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez que ingrese al mismo.
- Los análisis fueron realizados bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- Este resultado hace referencia únicamente a la muestra recibida.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto cuando se haya obtenido previamente el permiso por escrito del cliente.
- Este informe es confidencial entre el cliente y el laboratorio de bromatología.
- Los resultados reportados son en base seca del alimento.

Rosario Rodríguez

Lic. Rosario Rodríguez, MSc.
Responsable de laboratorio



César Quintero

Lic. César Quintero Canizales
Técnico de laboratorio

Campus Universitario Ing. MSc. Tania Beteta Herrera, Cereales El Mejor 1 km. Al lago, 200 m al oeste, celular No: 8787-5216

Anexo 8. Dia tres de establecido el FVH



Anexo 9. FVH 13 días después de la siembra



Anexo 10. Día de cosecha del FVH



Anexo 11. Resultados de análisis de laboratorio de proteína del FVH

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de resultados de análisis químico en Plan
LABSA-FG-7.8-03 Versión 0

Fecha de recepción de muestra: 6/6/2024
Fecha de Muestreo: 6/6/2024
Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T1 A1 B1)
Código/LABSA: P-2024-0050

Fecha emisión/Informe: 05/07/2024
Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No.: 1183

Parámetro	Resultados	Unidades
Ceniza	N/A	%
Nitrogeno	1.88	%
Fosforo	N/A	%
K	N/A	%
Ca	N/A	%
Mg	N/A	%
Na	N/A	%
Fe	N/A	mg/kg
Cu	N/A	mg/kg
Mn	N/A	mg/kg
Zn	N/A	mg/kg
C_org	N/A	g/kg
Humedad (%H ²)	N/A	%
B	N/A	mg/kg
Biomasa (Bm)	N/A	%

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidas por el Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Legenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de resultados de análisis químico en Plan
LABSA-FG-7.8-03 Versión 0

Fecha de recepción de muestra: 6/6/2024
Fecha de Muestreo: 6/6/2024
Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T2 A1 B2)
Código/LABSA: P-2024-0051

Fecha emisión/Informe: 05/07/2024
Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No.: 1183

Parámetro	Resultados	Unidades
Ceniza	N/A	%
Nitrogeno	1.90	%
Fosforo	N/A	%
K	N/A	%
Ca	N/A	%
Mg	N/A	%
Na	N/A	%
Fe	N/A	mg/kg
Cu	N/A	mg/kg
Mn	N/A	mg/kg
Zn	N/A	mg/kg
C_org	N/A	g/kg
Humedad (%H ²)	N/A	%
B	N/A	mg/kg
Biomasa (Bm)	N/A	%

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidas por el Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Legenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de resultados de análisis químico en Planta
LABSA-FG-7.8-03 Versión 02

Fecha de recepción de muestra: 6/6/2024
Fecha de Muestreo: 6/6/2024
Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T3 A2 B1)
Código/LABSA: P-2024-0052

Fecha emisión/Informe: 19/06/2024
Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No.: 11836

Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Ceniza	N/A	%	[Gravimétrico]
Nitrogeno	2.62	%	[Digestión Kjeldahl]
Fosforo	N/A	%	[Colorimétrico]
K	N/A	%	[Emisión Atómica]
Ca	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Mg	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Na	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Fe	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Cu	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Mn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Zn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
C_org	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-03
Humedad (%H ²)	N/A	%	[Gravimétrico]

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidas por el Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.
Se indica con asterisco los parámetros dentro del alcance de Acreditación

Legenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Ing. MSc. Leonardo García Centeno
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de resultados de análisis químico en Planta
LABSA-FG-7.8-03 Versión 02

Fecha de recepción de muestra: 6/6/2024
Fecha de Muestreo: 6/6/2024
Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T4 A2 B2)
Código/LABSA: P-2024-0053

Fecha emisión/Informe: 19/06/2024
Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No.: 11837

Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Ceniza	N/A	%	[Gravimétrico]
Nitrogeno	2.84	%	[Digestión Kjeldahl]
Fosforo	N/A	%	[Colorimétrico]
K	N/A	%	[Emisión Atómica]
Ca	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Mg	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Na	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Fe	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Cu	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Mn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Zn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
C_org	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-03
Humedad (%H ²)	N/A	%	[Gravimétrico]

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidas por el Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.
Se indica con asterisco los parámetros dentro del alcance de Acreditación

Legenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Ing. MSc. Leonardo García Centeno
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de resultados de análisis químico en Planta
LABSA-FG-7.8-03
Versión 02



Fecha de recepción de muestra: 6/6/2024
Fecha de Muestreo: 6/6/2024
Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T5 A3 B2)
Código/LABSA: P-2024-0055

Fecha emisión/Informe: 19/6/2024
Fecha/análisis: 19/06/2024
Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No. 11839

Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Ceniza	N/A	%	[Gravimétrico]
Nitrogeno	2.91	%	[Digestión Kjeldahl]
Fosforo	N/A	%	[Colorimétrico]
K	N/A	%	[Emisión Atómica]
Ca	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Mg	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Na	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Fe	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Cu	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Mn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Zn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
C_org	N/A	g/kg	GLOSOLAN SOP-02
Humedad (%H ²)	N/A	%	[Gravimétrico]

Se da fe únicamente de la muestra analizada.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.
Se indica con asterisco los parámetros dentro del alcance de Acreditación

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado



Ing. MSc. Leonardo García Cevallos
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

Entidad: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Contacto: Ahmed Alhazmy Arroliga Diaz
Descripción de la muestra: Planta (T5 A3 B1)
Código/LABSA: P-2024-0054

Finca: NA
Municipio: Camoapa
Departamento: Boaco
Informe No. 11838

Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Ceniza	N/A	%	[Gravimétrico]
Nitrogeno	2.88	%	[Digestión Kjeldahl]
Fosforo	N/A	%	[Colorimétrico]
K	N/A	%	[Emisión Atómica]
Ca	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Mg	N/A	%	[Espectrofotometría de AA]
Na	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Fe	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Cu	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Mn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
Zn	N/A	mg/kg	[Espectrofotometría de AA]
C_org	N/A	g/kg	GLOSOLAN SOP-02
Humedad (%H ²)	N/A	%	[Gravimétrico]

Se da fe únicamente de la muestra analizada.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.
Se indica con asterisco los parámetros dentro del alcance de Acreditación

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado



Ing. MSc. Leonardo García Cevallos
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

Anexo 12. Costos totales presentados en dólares (U\$) por tratamiento durante los 14 días del ensayo (Para los conceptos de infraestructura, bandejas y bomba se aplicó una amortización en base a la vida útil de los elementos y el tiempo de uso de los mismos)

Concepto	NB-9043 * 2.5 Kg m ⁻²	NB-9043 * 3 Kg m ⁻²	NB-6 * 2.5 Kg m ⁻²	NB-6 * 3 Kg m ⁻²	Olotillo * 2.5 Kg m ⁻²	Olotillo * 3 Kg m ⁻²
Infraestructura	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
Bandejas	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Agua	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Bomba	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Semillas	5.18	6.24	5.18	6.24	1.73	2.08
Mano de obra (manejo)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
Costo total * 0.77 m ⁻²	10.82	11.87	10.82	11.87	7.36	7.71
Rendimiento Kg m ⁻²	8.99	11.88	11.99	15.55	16.09	19.35
Costo * Kg de FVH	1.20	1.00	0.90	0.76	0.46	0.40
Precio de venta (25% sobre el costo de producción)	1.50	1.25	1.13	0.95	0.57	0.50

Anexo 13. Costos totales presentados en dólares (U\$) por tratamiento durante los 14 días del ensayo (con una producción vertical con 3 estratos)

Concepto	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Infraestructura	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
Bandejas	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
Agua	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Bombas	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Semillas	15.55	18.71	15.55	18.71	5.18	6.24
Mano de obra(manejo)	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47
Costo total * 0.77m⁻²	27.36	30.52	27.36	30.52	16.99	18.05
Rendimiento Kg m⁻²	26.98	35.64	35.98	46.66	48.28	58.05
Costo * Kg de FVH	1.01	0.86	0.76	0.65	0.35	0.31
Precio de venta (25% sobre el costo de producción)	1.27	1.07	0.95	0.82	0.44	0.39