

Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México Volumen I

Ignacio Orona Castillo
Ernesto González Gaona
Roberto Sánchez Lucio
Alain Buendía García
Compiladores



2026

Ignacio Orona Castillo
Ernesto González Gaona
Roberto Sánchez Lucio
Alain Buendía García
Compiladores

**Tópicos de investigación agropecuaria con
enfoque sustentable en México**
Volumen I



Pantanal Editora

2026

Copyright© Pantanal Editora

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Ejecutivos: Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diseño: El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

Consejo editorial

Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Institución

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Consejo Científico Técnico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

Catalogación en la publicación
Elaborado por la Bibliotecaria Janaina Ramos – CRB-8/9166

T674

Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México - Volumen I / Organización Ignacio Orona Castillo, Ernesto González Gaona, Roberto Sánchez Lucio, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
181p. ; il.

Otro organizador: Alain Buendía Garcia.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-74-7

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756747>

1. Agricultura orgânica. 2. Sustentabilidade. 3. Produção alimentaria. I. Castillo, Ignacio Orona (Organización). II. Gaona, Ernesto González (Organización). III. Lucio, Roberto Sanchez (Organización). IV. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agricultura orgânica



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Presentación

El contenido de ésta obra, titulada: Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México en su primer Volumen, presenta algunas estrategias de manejo sustentable para la producción de alimentos en México, producto de resultados de investigación de un grupo de investigadores-especialistas en la temática, que pertenecen a prestigiadas instituciones de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto Tecnológico de Torreón, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Durango y la Universidad Politécnica Región Laguna cuya contribución busca ofrecer un mejor futuro, mediante el análisis de técnicas de cultivo que conservan los recursos del medio ambiente, con un enfoque de producción sostenible y de impacto positivo en la economía y en la sociedad.

La agricultura orgánica es una forma de obtener alimentos libres de residuos como fertilizantes y plaguicidas en general. Busca la sustentabilidad mediante el manejo integral del agua y del suelo, considerando su permanencia para garantizar alimentos sanos y abundantes a una sociedad en constante crecimiento.

El objetivo es ofrecer alternativas y experiencias para mejorar la calidad y cantidad de alimentos en beneficio de la población y ello se refleje en mejores ingresos y bienestar del productor.

Los compiladores

Índice

Presentación	4
Introducción	6
Capítulo 1	7
Evaluación de Soluciones Nutritivas en el Desarrollo y la Producción de Forraje Verde Hidropónico	7
Capítulo 2	18
Rendimiento y Calidad Fitoquímica de Frutos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Por Efecto del Estiércol Solarizado y la Inoculación con <i>Azospirillum brasilense</i>	18
Capítulo 3	40
La producción de café por productores del Grupo Terruño Nayarita en México	40
Capítulo 4	55
Perfil Fitoquímico en Chiles Tratados con Fertilización orgánica	55
Capítulo 5	68
Dinámica de Nitratos en la Producción de Lechuga en Acuaponía	68
Capítulo 6	81
Orégano mexicano, propagación y sus propiedades fitoquímicas: una revisión	81
Capítulo 7	94
Efectos de la Fertilización Orgánica e Inorgánica en el cultivo de Chile Jalapeño <i>Capsicum annuum</i> L. var. Autlan en las Características Físico-Químico-Biológicas del Suelo	94
Capítulo 8	116
Biofertilizantes como Alternativa de Producción en dos Genotipos de Maíz Forrajero	116
Capítulo 9	131
Respuesta del cultivo de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a sustratos orgánicos formulados con diferentes proporciones de Vermicompost: Arena	131
Capítulo 10	145
Uso de Enmiendas Orgánicas en la Agricultura: Una Revisión Sistemática Sobre sus Efectos en el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de los Cultivos	145
Capítulo 11	171
Aprovechamiento de Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.) para la Formulación de un Tratamiento Dermatológico	171
Índice	180
Los organizadores	181

INTRODUCCIÓN



El cultivo de la tierra surge como una necesidad para la permanencia del hombre en la tierra; la recolección de plantas y frutos la antecedió una vez que el *Homo sapiens* se hizo sedentario. Sin embargo; a través de los siglos, la combinación de recursos utilizados en la producción de alimentos agropecuarios ha ido cambiando, motivado por el crecimiento demográfico como por el uso de insumos de origen químico en la agricultura.

Los sistemas de riego han dado respuesta al mejor aprovechamiento del recurso ante la cada vez mayor escasez en cantidad y calidad del agua, y nuevos tipos de agricultura protegida e intensiva han prosperado a fin de satisfacer la demanda de insumos a la industria agroalimentaria que abastece el consumo alimenticio de una población en constante crecimiento, surgiendo así el uso de semillas transgénicas resistentes a sequía, plagas y enfermedades.

Como una respuesta a la producción de alimentos libres de residuos tóxicos y en armonía con la naturaleza surge la agricultura orgánica, que busca proteger el medio ambiente y la salud humana, por lo cual, el propósito de este libro, es mostrar avances de investigación logrados en distintos temas como son: el uso de estiércoles y vermicompostas, uso de bacterias promotoras de crecimiento, biofertilizantes, control biológico de plagas y sustratos en los cultivos de tomate, café, algodón, chile jalapeño, maíz forrajero, nogal pecanero, y la producción de café.

CAPÍTULO 1



Evaluación de Soluciones Nutritivas en el Desarrollo y la Producción de Forraje Verde Hidropónico

Evaluation of Nutrient Solutions in the Development and Production of Hydroponic Green Fodder

Recibida em: 07/11/25

Aprobado em: 04/02/2026

 10.46420/9786585756747cap1

Suzette Rodríguez-Pardo¹ 

Zulema Rodríguez-Pardo¹ 

Magdalena Galindo-Guzmán¹ 

Juan Luis Ríos-Plaza¹ 

David Antonio Zúñiga-Gracia^{1,2} 

Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa^{1‡} 



¹ Universidad Politécnica de la Región Laguna, Calle Sin Nombre Sin Número Ejido Santa Teresa Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México C.P. 27942.

² Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Durango. México. C.P. 35111.

‡ Autor para correspondencia: riverazamarripa.a.d@gmail.com

RESUMEN

El forraje verde hidropónico (FVH) representa una alternativa para la producción de alimento vegetal bajo sistemas de manejo intensivo y uso eficiente de recursos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del tipo de fertilización y del tiempo de evaluación sobre el crecimiento y rendimiento del FVH de maíz. El experimento se estableció bajo un diseño factorial 3×5 , con tres tipos de fertilización (testigo absoluto, orgánica y comercial) y cinco tiempos de evaluación, analizando variables relacionadas con el desarrollo radicular, crecimiento del tallo, peso fresco y contenido de materia seca. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los resultados indicaron diferencias significativas entre tratamientos y tiempos de evaluación, destacando la fertilización orgánica por su mayor peso fresco total y la fertilización comercial por su mayor contenido de materia seca. En conjunto, los resultados confirman la influencia del manejo nutricional y del momento de cosecha en la productividad del FVH de maíz.

Palabras clave: Fertilización orgánica, forrajes alternativos, maíz.

SUMMARY

Hydroponic green fodder (HGF) represents an alternative for plant feed production under intensive management systems with efficient resource use. The objective of this study was to evaluate the effect of fertilization type and evaluation time on the growth and yield of maize HGF. The experiment was conducted under a 3×5 factorial design, including three fertilization treatments (absolute control, organic fertilization, and commercial fertilization) and five evaluation times. Variables related to root development, stem growth, fresh weight, and dry matter content were analyzed. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison using Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed significant differences among fertilization treatments and evaluation times, highlighting organic fertilization for higher total fresh weight and commercial fertilization for higher dry matter content. Overall, the findings confirm the influence of nutrient management and harvest timing on the productivity of maize hydroponic green fodder.

Index Words: organic fertilization, alternative forages, corn.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera es una de las más importantes a nivel global y en México para la producción de leche, carne y derivados, durante 2021 la leche ocupó el 5to puesto en producción mundial con un total de 757 millones de ton de leche de ganado bovino (FAO, 2021), de los cuales México produjo 12.8 millones de ton, con un valor de \$ 90.8 mil millones de pesos mexicanos (SIAP, 2021). La Región Laguna (Coahuila-Durango) es una de las mayores productoras de leche a nivel nacional, con 1.46 y 1.41 millones de ton de leche en Coahuila y Durango respectivamente, siendo superados solo por Jalisco con un total de 2.69 millones de toneladas (SIAP, 2021).

Esta actividad se ve afectada por el actual problema del cambio climático, las altas temperaturas afectan directamente a los sistemas de producción de forrajes y generar un impacto directo en el desempeño productivo del ganado bovino, también la escasez de forrajes durante la temporada de sequía aumenta los costos de producción al tener que comprar este insumo a un mayor precio (Cuevas-Reyes et al., 2022).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una alternativa para la producción de alimento que considera menor uso y mayor aprovechamiento del agua, altos rendimientos en menor espacio, calidad nutricional y menor impacto sobre el medio ambiente (López-Aguilar et al., 2009).

La producción de FVH se puede desarrollar en sectores donde existe escases de agua, donde el suelo se encuentre muy deteriorado y sobre todo donde se desarrolle el sector pecuario, pues es una producción a bajo costo. Adicionalmente existe un buen número de investigaciones donde se avala el uso de fertilizantes químicos como te de compost, lixiviado de humus de lombriz, estiércol de conejo entre otros reduciendo considerablemente los costos de producción y manteniendo un sistema de producción más sustentable (Valverde et al., 2017). Por lo antes señalado, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el desarrollo y el rendimiento en la producción de FVH bajo tres sistemas de fertilización (testigo absoluto, fertilización orgánica y fertilización comercial) en condiciones de invernadero en la Región Laguna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

La presente investigación se realizó durante los meses de febrero y marzo del 2024 en el laboratorio de suelos y el invernadero del campo experimental de la Universidad Politécnica de la Región Laguna (UPRL) ubicada en la localidad de Santa Teresa perteneciente al municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

Densidad de siembra

Se utilizaron semillas de maíz blanco comercial (*Zea mays* L. 1753) de buena calidad física y se eliminaron manualmente las semillas quebradas o con daños físicos, posteriormente se pesó el equivalente a 1500 gr de semilla para cada muestra.

Lavado y desinfección de la semilla

El día 26 de febrero dentro del laboratorio de suelos de la UPRL se realizaron 3 lavados de cada una de las muestras en botes plásticos de 20L con agua limpia para retirar las impurezas y posteriormente se dejó en remojo durante 15 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 10% para desinfectar la semilla. Después, se realizó un lavado más para eliminar los restos de hipoclorito de sodio y se le agregó agua limpia para dejar el grano en remojo durante 24hrs.

Siembra en bandejas

Pasadas las 24 horas de remojo se extendió de forma uniforme cada una de las muestras en charolas de polipropileno rígido con dren de ceja larga (59.5x36.5x4.5 cm), y se colocaron dentro en bolsas plásticas negras de forma individual para mantener la humedad y estimular la germinación. Se realizaron monitoreos de forma diaria hasta que el sistema radicular se encontrara entre los 2 y los 3.5 cm de longitud (Figura 1). Posteriormente se trasladaron las charolas al invernadero de la UPRL y se colocaron en anaqueles para FVH con un sistema de riego por aspersión programado para realizar 3 aspersiones diarias de 10 minutos durante un periodo de 15 días.

Fertilización

Se realizaron 4 fertilizaciones después de colocar las bandejas en el invernadero, los días corresponden al 01, 05, 08 y 12 de marzo. Para la fertilización orgánica se utilizó lixiviado de humus de lombriz enriquecido con algas marinas y guano de murciélago marca Liximbriz en una disolución del 10% en 1L de agua. En el caso de la fertilización comercial se utilizó una solución nutritiva marca Steiner al 1% en 1 L de agua siguiendo las indicaciones del producto (Figura 1).

Longitud de tallo y raíz de FVH

Se midió de la longitud del tallo y la raíz más larga mediante un vernier digital, tomando 15 plantas por bandeja con apariencia homogénea distribuidas en 5 puntos representativos de cada bandeja (muestreo 5 de oros) durante el periodo de 1, 3, 5, 10 y 15 días después de la primera fertilización. Estos datos se anotaron en la bitácora de campo para posteriormente pasarla a una hoja de cálculo en Excel (Figura 1).

Rendimiento de FVH

Al transcurrir los 15 días de desarrollo se pesó el FVH en una balanza gravimétrica sacando de la bandeja todo el follaje junto con el sistema radicular completo y el grano y se anotó el peso final. Adicionalmente se tomaron 100 plantas al azar distribuidas en 5 puntos representativos de cada bandeja (muestreo 5 de oros) por tratamiento, y se pesó individualmente el tallo, el grano y el follaje y para su peso en fresco. Posterior a ello se colocaron las muestras de raíz, tallo y grano en un horno de secado a 60°C durante 24 horas y se registró su peso seco (Figura 1).



Figura 1. Metodología para la producción de FVH y toma de variables: (a) Longitud del sistema radicular entre 2 y 3.5 cm; (b) Fertilización con lixiviado de humus de lombriz; (c) Toma de muestras para medir longitud de raíz del FVH; (d) 100 muestras tomadas de cada tratamiento para determinación de peso fresco y seco de raíz, tallo y grano.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño factorial 3×5 , donde el primer factor correspondió al tipo de fertilización con tres niveles: T1 = testigo absoluto, T2 = fertilización orgánica y T3 = fertilización comercial; y el segundo factor correspondió al tiempo de evaluación, con cinco niveles (1, 3, 5, 10 y 15 días después de la primera fertilización). Cada tratamiento contó con dos repeticiones, considerando cada bandeja como unidad experimental.

Las variables evaluadas fueron la longitud de raíz y la longitud de tallo del forraje verde hidropónico de maíz, medidas en cada fecha de muestreo. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) factorial, con el fin de evaluar los efectos principales de los factores fertilización

y tiempo, así como su posible interacción. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico PASW Statistics versión 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de longitud de tallo y longitud de raíz presentaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 1). La mayor longitud de raíz registrada fue de 80.67 mm (T2) a los 15 días después de la primera fertilización, seguida por 80.20 mm (T1) a 10 días y finalmente 54.34 (T3) a 15 días (Tabla 2).

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA factorial) para la longitud de raíz y longitud de tallo del forraje verde hidropónico de maíz.

Fuente de variación	GL	Longitud de raíz ($P > F$)	Longitud de tallo ($P > F$)
Fertilización	2	0	0.001
Tiempo	4	0	0
Fertilización $\times$ Tiempo	8	0	0.001
Error	—	—	—
Total	—	—	—

Nota: Fertilización (T1 = testigo absoluto, T2 = fertilización orgánica, T3 = fertilización comercial); Tiempo (1, 3, 5, 10 y 15 días después de la primera fertilización). Valores de $P \leq 0.05$ indican diferencias estadísticamente significativas.

Para la variable de longitud de tallo el mayor registro fue de 67.19 mm (T3) a los 15 días después de la primera fertilización, seguida por 65.88 mm (T1) a 15 días y finalmente 60.71 mm (T2) a 15 días (Tabla 2).

Tabla 2. Desarrollo radicular y de tallo de FVH a base de maíz bajo tres tipos de fertilización (mm).

Tratamiento	Día	Longitud de raíz (mm)	Longitud de tallo (mm)
T1	1	28.93 ^b	14.82 ^c
T1	3	51.94 ^{ab}	33.17 ^b
T1	5	57.03 ^{ab}	41.53 ^b
T1	10	80.20 ^a	61.30 ^a
T1	15	58.75 ^{ab}	65.88 ^a
T2	1	32.18 ^b	6.37 ^c
T2	3	44.33 ^b	14.02 ^c
T2	5	66.08 ^a	21.24 ^c
T2	10	78.30 ^a	38.97 ^b
T2	15	80.67 ^a	60.71 ^a

Tratamiento	Día	Longitud de raíz (mm)	Longitud de tallo (mm)
T3	1	25.46 ^b	12.75 ^c
T3	3	41.96 ^b	26.17 ^b
T3	5	49.69 ^b	38.16 ^b
T3	10	44.37 ^b	41.03 ^b
T3	15	54.34 ^b	67.19 ^a

Nota: Valores con letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre medias según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). T1 = Testigo absoluto; T2 = Fertilización orgánica; T3 = Fertilización comercial.

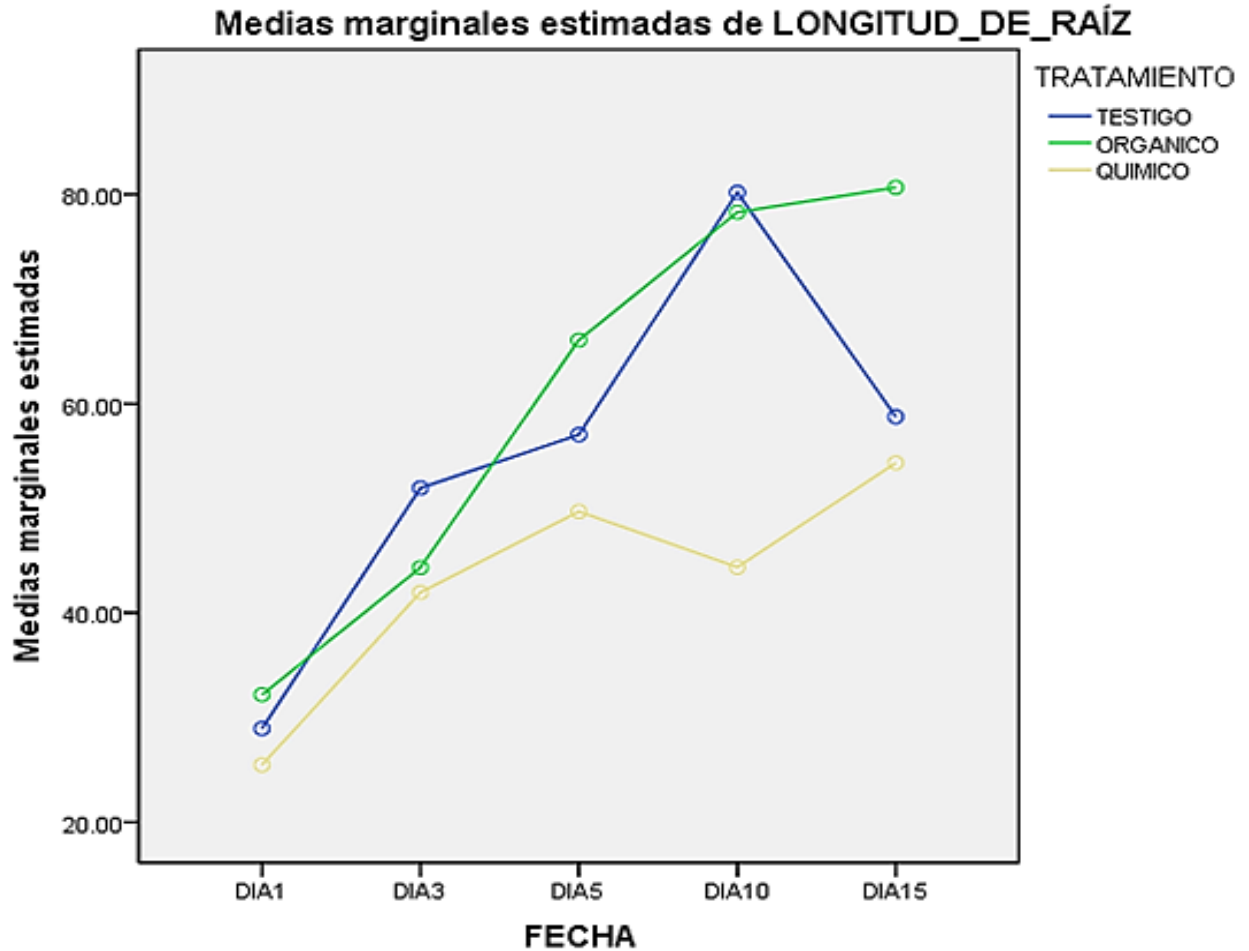


Figura 2. Distribución de las medias de longitud de raíz en mm para el FVH.

Los datos de longitud de raíz son cercanos a los descritos por Andino-Viteri et al. (2023), bajo un tratamiento de biol al 30% obtuvieron raíces con una longitud de 12.57 cm, el tratamiento más cercano fue T2 con una longitud de 8.06 cm (Figura 2). Andino-Viteri *et al.* (2023) demostraron que a mayor cantidad de fertilizantes disueltos sobre todo ricos en N, se aumenta la longitud de raíz, de tallo y el rendimiento. Para complementar la presente investigación se pretende evaluar diferentes dosis de fertilizantes además de diferentes tipos, con el fin aumentar el desarrollo vegetal y diferenciar con más claridad la longitud de raíz.

Los resultados de longitud de tallo obtenidos fueron inferiores a los reportados por Andino-Viteri et al. (2023) quienes con una fertilización de biol al 30% lograron una altura de 18.53 cm, en la presente investigación el mayor desarrollo de tallo fue durante el periodo de 15 días con 6.71 cm correspondiente a la fertilización química al 1% (Figura 3).

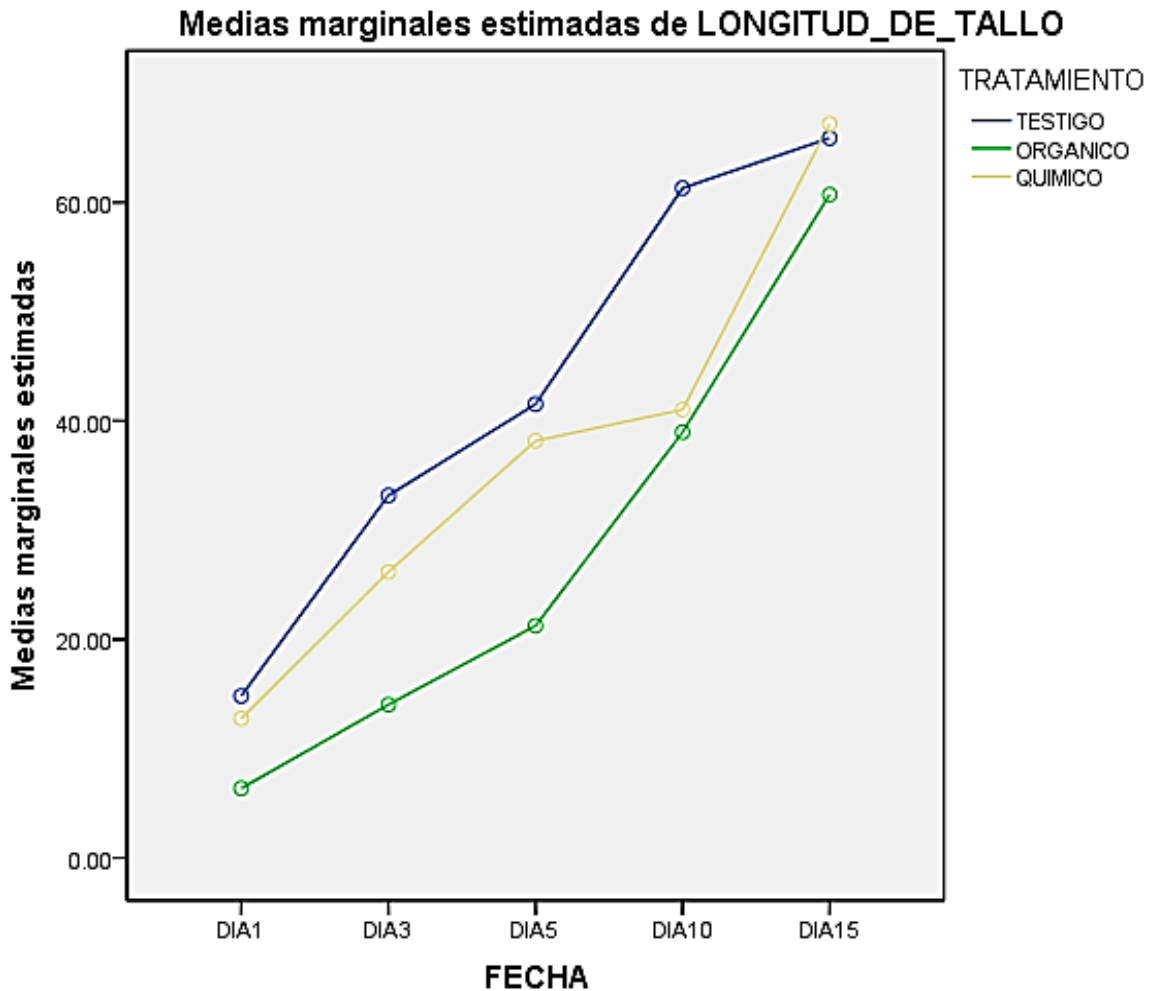


Figura 3. Distribución de las medias de longitud de tallo en mm para el FVH.

El tratamiento T2 presentó el mayor valor de peso fresco total del forraje verde hidropónico, con un promedio de 6678 g, seguido por el tratamiento T3, que registró 5955 g, mientras que el tratamiento T1 mostró el menor valor, con 5116.5 g. De manera general, los tratamientos sometidos a fertilización orgánica y química exhibieron un desarrollo vegetal y radicular más homogéneo, lo cual se reflejó en un aspecto visual más uniforme en comparación con el tratamiento testigo, como se aprecia en la Figura 4.



(a)

(b)

Figura 4. Aspecto general del FVH: (a) sistema radicular de bandeja con tratamiento orgánico; (b) bandejas de FVH en desarrollo sobre anaquel con sistema de riego por aspersión.

Salas-Pérez et al. (2010) obtuvieron producciones de 26.41 kg de forraje en solución nutritiva y de 27.22 kg con te de compost bajo un régimen de fertilización diario y fertilizando dos veces al día. Esto indica que a mayor disposición de nutrientes principalmente N, mayor es el rendimiento en peso y materia seca.

Adicionalmente, a partir de la evaluación de 100 plantas se observó que el tratamiento T2 presentó el mayor peso seco de raíz, mientras que el mayor peso seco de tallo se registró en el tratamiento T1, con un valor de 2.57 g. Por su parte, el mayor peso de grano correspondió al tratamiento T3. En cuanto al contenido de materia seca, los valores promedio estimados fueron de 76.44 % para T3, 71.98 % para T2 y 69 % para T1.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Andino-Viteri *et al.* (2023), quienes documentaron porcentajes de materia seca en forraje verde hidropónico que oscilaron entre 75.6 % y 81.43 %, en función del manejo nutricional y del tiempo de desarrollo del cultivo (Tabla 3). En general, el incremento en el contenido de materia seca puede asociarse al avance del desarrollo fisiológico del cultivo, el cual se refleja en una mayor acumulación de biomasa estructural conforme transcurre el periodo de crecimiento.

Tabla 3. Rendimiento del FVH a base de maíz bajo tres tipos de fertilización (gr).

Trat.	Peso fresco			Peso seco			Peso total
	Raíz	Tallo	Grano	Raíz	Tallo	Grano	
T1	8.39	17.03	21.03	1.44 (17.16%)	2.57 (15.09%)	7.73 (36.75%)	5116.50
T2	13.80	13.53	20.48	2.09 (15.14%)	2.48 (18.32%)	7.89 (38.52%)	6678.00
T3	8.23	13.52	20.42	1.53 (18.59%)	2.40 (17.75%)	8.19 (40.10%)	5955.00

Nota: Los valores corresponden al peso fresco (g) y peso seco (g) de raíz, tallo y grano. Los valores entre paréntesis indican el porcentaje de materia seca (%) respecto al peso fresco de cada componente. El peso total corresponde al peso fresco total por tratamiento. T1= Testigo absoluto, T2= Fertilización orgánica, T3= Fertilización comercial

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que el tipo de fertilización y el tiempo de evaluación influyeron en el desarrollo y rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz, observándose respuestas diferenciadas entre tratamientos a lo largo del periodo experimental. En términos generales, la fertilización orgánica (T2) presentó el mayor peso fresco total, mientras que la fertilización comercial (T3) mostró los valores más altos de materia seca, evidenciando la importancia del manejo nutricional en la acumulación de biomasa. La interacción entre ambos factores resalta la necesidad de considerar el momento de cosecha y el tipo de fertilización de manera conjunta para optimizar la producción de forraje verde hidropónico, lo que posiciona a este sistema como una alternativa viable y eficiente para la producción de alimento vegetal bajo esquemas de manejo sustentable.

LITERATURA CITADA

- Andino-Viteri, L. H., Chuquin-Chalaca, M. F., & González-Buitrón, K. T. (2023). Efecto del uso de tres dosis de biol en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en la Granja Experimental Mishilí. *Reincisol*, 2(4), 146-160. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V2\(4\)146-160](https://doi.org/10.59282/reincisol.V2(4)146-160).
- Cuevas-Reyes, V., Loaiza-Meza, A., Reyes-Jiménez, J. E., Gutiérrez-Gutiérrez, O. G. & Sánchez-Toledano, B. I. (2022). Problemática de ganadería y producción de forraje en el sur de Sinaloa bajo un contexto de cambio climático. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, 1161-1166.
- FAO (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (consultado 21 febrero 2024).
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., & Rodríguez-Quezada, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126.
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., Álvarez-Reyna, V. P., Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N., & Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360.

- SIAP (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap> (consultado 21 febrero 2024).
- Valverde, Y. A., Mera, A., Castro, C., & Gabriel-Ortega, J. (2017). Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 144-151.

Índice

A

Acuaponía, 68
Agricultura, 132, 142, 144, 145, 146
Aloe barbadensis, 172, 175
Aloe Vera, 172, 174, 175
Arena, 131, 134
Azospirillum brasilense, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33

B

Bacillus, 117, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127
Biofertilización, 19, 33, 35
Bloqueador solar, 172, 173, 175, 176, 177

C

Candelilla, 171, 173, 174, 175, 177
Capsicum annuum, 57, 59, 94, 96, 98, 105, 107, 109, 111, 115

Ch

Chile, 63
Chile Jalapeño, 94

E

Enmiendas Orgánicas, 145
Estiércol, 18, 21, 22, 28, 29, 30, 33
Euphorbia antisiphilitica, 171, 173

F

Fertilización, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 39
fertilizante, 120, 124, 126
Forraje Verde, 7

G

Ganado, 9

I

Inorgánica, 94

J

Jalapeño, 59, 62

L

Lechuga, 68
Lippia graveolens, 83, 84, 87, 88, 89, 90

M

Maíz, 116
Metabolitos, 88, 89
México, 116
Micropropagación, 86
Mojarra tilapia, 69, 72

N

Nitratos, 69, 72, 74, 75, 76, 77, 78

O

Orégano, 81, 83, 84
Orgánica, 94, 99

P

Peces, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78
Piel, 172, 173
Producción, 8, 9, 11, 16, 116
Propagación, 81, 82, 83, 86, 90

Q

Quinoa, 131, 140, 141

S

Suelo, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160
Sustancias húmicas, 146, 147, 148, 156, 160
Sustratos, 131, 132, 133, 135, 136, 138

T

Tomate, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34

V

Vermicompost, 131, 134

Los organizadores



Dr. Ignacio Orona Castillo 

Profesor Investigador de Tiempo Exclusivo de la Universidad Juárez del Estado de Durango, adscrito a la Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicada en ejido Venecia, Gómez Palacio Durango desde 2006. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Líneas de Investigación: Economía de los Recursos Naturales y Comercialización de Productos Agropecuarios.



Dr. Ernesto González Gaona 

Investigador Titular del Programa de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Pabellón en Aguascalientes desde 1984, Miembro del SNII Nivel 1. Líneas de Investigación: Manejo orgánico biológico de plagas y enfermedades en Guayaba, Nopal, Vid, Maíz, así como plagas forestales con énfasis en defoliadores de la familia Diprionidae.



Dr. Roberto Sánchez Lucio 

Investigador Titular del Programa de Inocuidad y Producción Orgánica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit desde 2008, Miembro honorífico del Grupo de Expertos del Consejo Nacional de Producción Orgánica ante SENASICA: líneas de investigación Acompañamiento en la Certificación y Renovación en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC). Asesoría para Obtener el Certificado Orgánico de Producción. Elaboración de Bioinsumos. Producción de Insectos Benéficos y Hongos Entomopatógenos.



Dr. Alain Buendía García 

Se desempeña como Profesor Investigador de Tiempo Completo desde 2018 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicada en Torreón, Coahuila. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores en la categoría de candidato. Sus líneas de investigación se enfocan en la generación de estrategias tecnológicas para la transición de los sistemas agropecuarios, así como la producción integral de cultivos y aprovechamiento de subproductos agropecuarios.

Esta obra, titulada “Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México”, compila estrategias de diversas instituciones académicas para promover una producción de alimentos sana y libre de químicos. A través de la agricultura orgánica y el manejo integral del suelo y el agua, el texto propone técnicas de cultivo que conservan el medio ambiente, buscando no solo la sostenibilidad ecológica, sino también el bienestar socioeconómico de los productores y la seguridad alimentaria de la sociedad.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br