

# Inovações em pesquisas agrárias e ambientais

Volume III

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
Luciano Façanha Marques  
Organizadores



Pantanal Editora

2024

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
**Luciano Façanha Marques**  
Organizadores

**Inovações em pesquisas agrárias e  
ambientais**  
**Volume III**



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys 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  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

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  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

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

Ficha Catalográfica

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

I58

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume III / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Luciano Façanha Marques. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.  
130p.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-31-0

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756310>

1. Ciências agrárias. 2. Meio ambiente. 3. Pesquisa. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Marques, Luciano Façanha (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Ciências agrárias



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da 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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Apresentação**

Bem-vindos ao mundo fascinante das pesquisas agrárias e ambientais! É com grande entusiasmo que apresentamos o e-book “Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume III”, uma compilação que destaca as últimas e mais notáveis descobertas no campo da agricultura e do meio ambiente.

No decorrer dos capítulos deste e-book, são explorados os seguintes tópicos: Análise da pastagem por meio de imagens RGB obtidas com VANT; Fibras vegetais no Brasil: um potencial socioeconômico e biotecnológico; Caracterização das Práticas de Bem-Estar Animal em Suínos Abatidos em Abatedouro Frigorífico com Inspeção Oficial; Análise da gestão de produtores de hortaliças na comunidade rural de Santa Rosa, Capanema-PA; Ecofisiologia da germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu; Producción sustentable de lechuga (*Lactuca sativa*) en sistemas hidropónicos: NFT y raíz flotante; A Inserção de Primavera do Leste, no sistema capitalista de produção; e a Análise de custos e lucratividade de churrascarias no município de Capanema, PA.

Este livro, é mais do que um simples livro; é um convite para explorar o futuro da agricultura e do meio ambiente. Esperamos que os leitores se inspirem e colaborem para moldar um futuro mais sustentável e próspero para todos.

Agradecemos aos autores por suas contribuições e esperamos que este e-book seja uma fonte valiosa de conhecimento para estudantes, pesquisadores e profissionais interessados nessas áreas vitais.

Boa leitura!  
Os organizadores

## Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>6</b>
Análise da pastagem por meio de imagens RGB obtidas com VANT.....	6
<b>Capítulo II.....</b>	<b>18</b>
Fibras vegetais no Brasil: um potencial socioeconômico e biotecnológico .....	18
<b>Capítulo III.....</b>	<b>42</b>
Caracterização das práticas de bem-estar animal em suínos abatidos em abatedouro frigorífico com inspeção oficial.....	42
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>56</b>
Análise da gestão de produtores de hortaliças na comunidade rural de Santa Rosa, Capanema-PA..	56
<b>Capítulo V .....</b>	<b>69</b>
Ecofisiologia da germinação de sementes de <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul.....	69
<b>Capítulo VI.....</b>	<b>79</b>
Producción sustentable de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) en sistemas hidropónicos: NFT y raíz flotante....	79
<b>Capítulo VII.....</b>	<b>98</b>
A inserção de Primavera do Leste, no sistema capitalista de produção .....	98
<b>Capítulo VIII .....</b>	<b>118</b>
Análise de custos e lucratividade de churrascarias no município de Capanema, PA .....	118
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>129</b>
<b>Sobre os organizadores.....</b>	<b>130</b>

# Producción sustentable de lechuga (*Lactuca sativa*) en sistemas hidropónicos: NFT y raíz flotante

Recibida em: 02/05/2024

Aprobado em: 14/05/2024

 10.46420/9786585756310cap6

Juan Carlos Gil Núñez<sup>1</sup> 

David Morales Valenzuela<sup>2</sup>

Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>2</sup> 

Leandris ArgenteI-Martínez<sup>2\*</sup> 

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día la producción de alimentos depende en gran medida de la disponibilidad de recursos, como lo son la tierra, el agua, los combustibles fósiles y los nutrientes. Además, la deforestación y el incremento eventual de la competencia por el agua y el suelo han derivado en problemáticas, como el poner en peligro la seguridad alimentaria mundial, sobre todo en las naciones en desarrollo (Aldaya et al., 2011).

Por otro lado, hay impedimentos que restringen logros en el desarrollo de la agricultura en nuestro país: ya sea el incremento potencial de la población, aumentando así la demanda de alimentos. Otros factores a considerar son tanto el cambio climático como la escasez de agua (Mekonnen y Hoekstra, 2016).

De esta manera, la hidroponía se presenta como una alternativa de producción ante las dificultades mencionadas. Su principal ventaja es la eficiencia de agua y el incremento de producción por unidad de superficie. Sin embargo, es importante evaluar su factibilidad técnica antes de recomendar la implementación de este sistema productivo, el cual requiere de una alta inversión económica.

En contraste, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es conocida como una hortaliza de hoja de tipo anual, de ciclo corto y con un alto rendimiento en condiciones de invernadero, especialmente en hidroponía (Juárez-Rangel et al., 2023). Se cultiva abundantemente alrededor del mundo por su valor tanto nutricional como económico. Además, es eficiente adaptándose a distintas épocas del año, por lo que se obtienen altos rendimientos y una buena productividad (Juárez-Rangel et al., 2023). El crecimiento exponencial de la población, junto con el uso masivo de recursos naturales y la reducción eventual de terreno agrícola, son factores que reclaman un aumento en la producción de alimentos sin afectar la calidad de los mismos. Esto conlleva a la búsqueda e inclinación hacia nuevos métodos de cultivo

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Sonora - Departamento de Veterinaria y Ciencias Agronómicas

<sup>2\*</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bácum Sonora, México, CP: 85270 .Autor(a) correspondiente: [oleinismora@gmail.com](mailto:oleinismora@gmail.com)

sustentables, tales como la hidroponía. Es por ello que en la presente investigación se propone utilizar tanto la técnica NFT como la de raíz flotante, a fin de que los productores del Valle del Yaqui consideren dichas alternativas viables a establecer en sus campos, sin dejar por fuera los elementos de cantidad y calidad de sus productos. Así pues, se expone la siguiente pregunta: ¿Cuál será el comportamiento morfológico y fisiológico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando hidroponía tanto con la técnica NFT como con la de raíz flotante?

El proyecto se origina por la necesidad de adaptar nuevos métodos de producción más viables para el cultivo de hortalizas como la lechuga, ya que sequías en años anteriores en el Valle del Yaqui han demostrado que se requiere precisar el uso eficiente del agua y consigo, el de fertilizantes. Otra razón, es la demanda de hortalizas en la actualidad, que a su vez necesita satisfacer los requerimientos nutricionales en la región, por lo que se requiere obtener lechugas de calidad mediante nuevas alternativas, como lo son el sistema hidropónico NFT y raíz flotante. Por lo tanto, al reconocer qué tipo de sistema hidropónico es más eficiente para producir lechugas beneficiará a la población local al acceder a hortalizas de buena calidad, al igual que fomentará en la región nuevos sistemas de producción que permitan el ahorro de agua al igual que de fertilizantes. Por lo antes expuesto, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el comportamiento morfológico y fisiológico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando hidroponía tanto con la técnica NFT como la de raíz flotante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización del experimento*

El experimento se realizó en el Invernadero de producción de plántulas del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, que se localiza sobre la calle 600, en el block 611 del Valle del Yaqui, municipio de Bácum, Sonora, México (Figura 1).

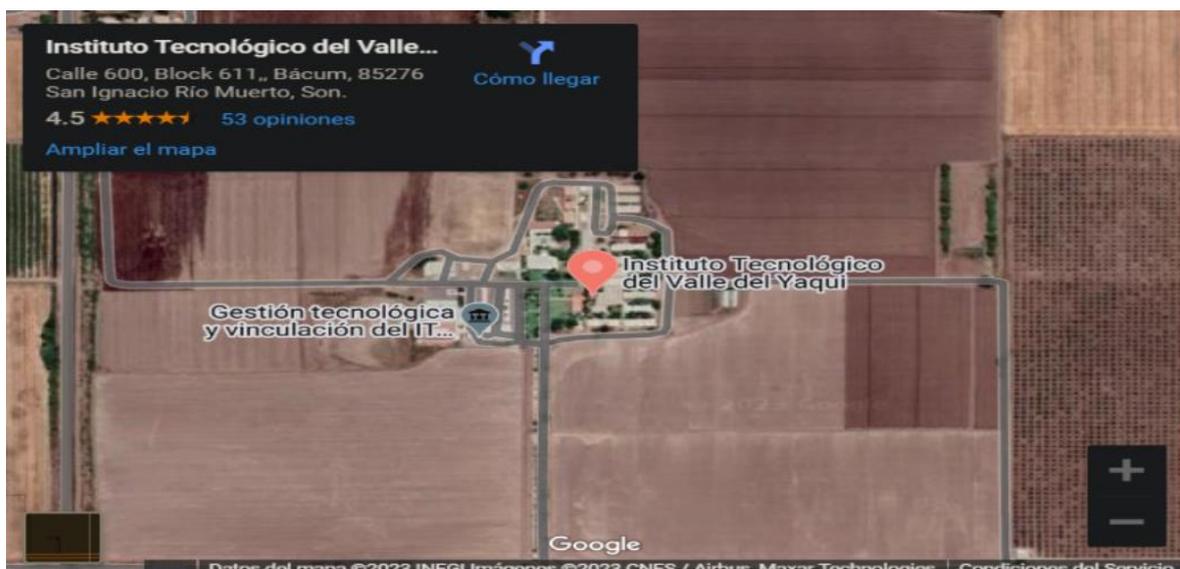


Figura 1. Croquis del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Fuente: Google Maps®.

### ***Siembra de lechugas***

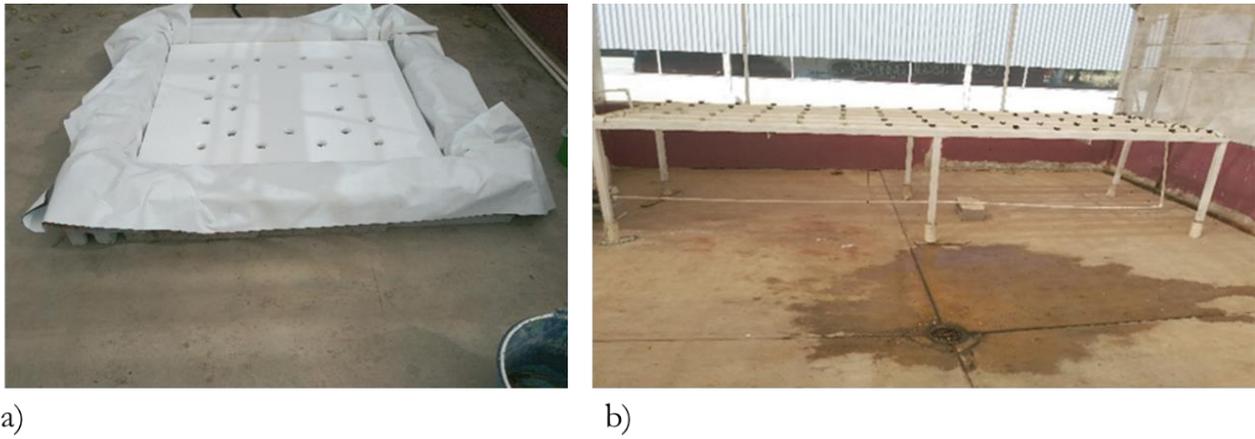
Esta investigación inició el día 18 de octubre de 2023, con la siembra de tres variedades de la marca “Rijk Zwaan”: lechuga romana var. Maximus; lechuga italiana var. Starfighter y lechuga sangría var. Ruby Sky. Dicha siembra se realizó en la mitad de una charola de 128 cavidades (Figura 2), sembrando 16 semillas por cada variedad, colocando una semilla por cavidad, con una profundidad de 0.5 cm. Por su parte, el sustrato utilizado fue Peat Moss de la marca “Berger”. Al terminar la siembra, dicha charola se cubrió con un plástico negro a fin de conservar la humedad, al igual que fue puesta en un cuarto de crecimiento con una temperatura constante de 25 °C. Seguidamente, una vez las semillas germinaron, se estuvo regando con la ayuda de un atomizador cada 2 días.



**Figura 2.** Siembra de lechuga en charola.

### ***Instalación y Puesta en Marcha de Ambos Sistemas de Producción***

Se estableció el sistema de raíz flotante (Figura 3) dentro del Invernadero de Producción de Plántulas, con dimensiones de 1.0 x 1.0 x 0.20 m, creado con 12 bloques de concretos (colocando 3 por cada lado), cubierto con una lona blanca doble capa y con una capacidad de 120 L. Posteriormente, dicho sistema fue llenado con agua a un nivel de 12 cm y colocando por encima una placa de unicel con 24 cavidades (Figura 3), con una separación de 0.20 m de largo y 0.17 m de ancho.

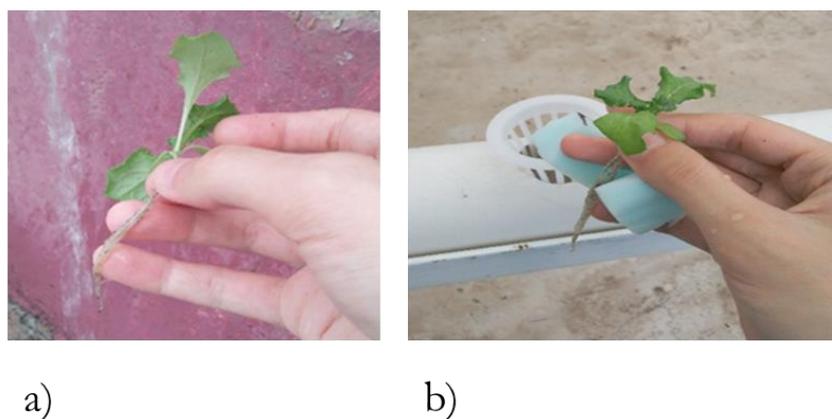


**Figura 3.** Sistema hidropónico de raíz flotante con placa de unicel (a) y sistema hidropônico NFT (b).

El sistema NFT (Figura 3) cuenta con una dimensión de 4.42 x 1.3 m; se utilizaron 5 tubos de largo y 2 de ancho, los cuales tienen un diámetro de 75 mm. Dicho sistema cuenta con una capacidad de 108 L y con 75 cavidades, además fue desinfectado con hipoclorito de sodio al 5% al igual que las canastillas hidropónicas, para después ser llenado con agua.

#### *Trasplante a los sistemas hidropónicos*

Una vez desarrolladas plenamente las plántulas de lechuga su primer par de hojas verdaderas, como se observa en la Figura 4 a), se procedió al trasplante en ambos sistemas los días 7 y 8 de noviembre de 2023. Se extrajo cada cepellón de la charola cuidadosamente a fin de evitar pérdida de raíz, y fue lavado bajo la caída del chorro de agua de una llave para eliminar la mayor cantidad de sustrato posible.



**Figura 4.** Lavado de raíz (a) y depósito em canastillas de crecimiento (b).

Después del lavado la raíz de cada plántula, se fueron insertando dentro en un recorte de hule espuma y se colocó cada una en su debida canastilla hidropónica de ambos sistemas (Figura 5 b). Además, en cada sistema se colocaron 8 plántulas de lechuga por cada variedad.

**Formulación, aplicación y seguimiento de plan de fertilización**

A los 2 días posteriores al trasplante, se aplicó fertilizante triple 19 en cada sistema con la ayuda de una cubeta, según la fenofase del cultivo, por lo que se utilizó 100 g para cada sistema hidropónico. En el caso del sistema NFT, la solución se fue agregando en donde se presentaba el régimen turbulento para así homogenizar la misma por todo el sistema. Dicha solución nutritiva se estuvo cambiando 1 vez por semana.

Por otro lado, en la tercera semana posterior al trasplante, se utilizó una solución nutritiva Steiner, ideal para lechuga (Tabla 2). Esta misma fue agregada en cantidades según la etapa fenológica del cultivo y en base a la cantidad de agua que porta cada sistema. Así pues, se tuvieron en cuenta los siguientes porcentajes en la concentración de la solución nutritiva:

- Plántula (50-69%)
- Desarrollo (70-89%)
- Cercano a la cosecha (90-100%)

**Tabla 1.** Nutrimientos contenidos en la solución Steiner utilizada en la segunda semana después del trasplante.

NUTRIMENTO ESENCIAL	ppm, mg/L	mmol/L	NUTRIMENTO ESENCIAL	ppm, mg/L	umol/L
Nitrógeno-NO <sub>3</sub>	224	16.0	Boro (B)	0.25	23.1
Nitrógeno-NH <sub>4</sub>	14	1.0	Hierro (Fe-EDTA)	2.61	46.7
Fósforo (P)	47	1.5	Zinc (Zn-EDTA)	0.357	5.5
Potasio (K)	371	9.5	Cobre (Ce-EDTA)	0.179	2.8
Calcio (Ca)	180	4.5	Manganeso (Mn-EDTA)	1.39	25.4
Magnesio (Mg)	24	1.0	Molibdeno (Mo)	0.11	1.1
Azufre (S)	66.5	2.1			

**Tratamientos y Diseño Experimental**

Se realizó un diseño factorial, conformado por las fuentes de variación sistemas hidropónico (dos niveles y con tres variedades de lechuga cada uno, y a su vez cada variedad cuenta con 8 repeticiones. De esta manera, cada planta en los sistemas representa una unidad experimental.

- Tratamiento 1. Sistema hidropónico NFT.
- Tratamiento 2. Sistema hidropónico de raíz flotante.

Variedades

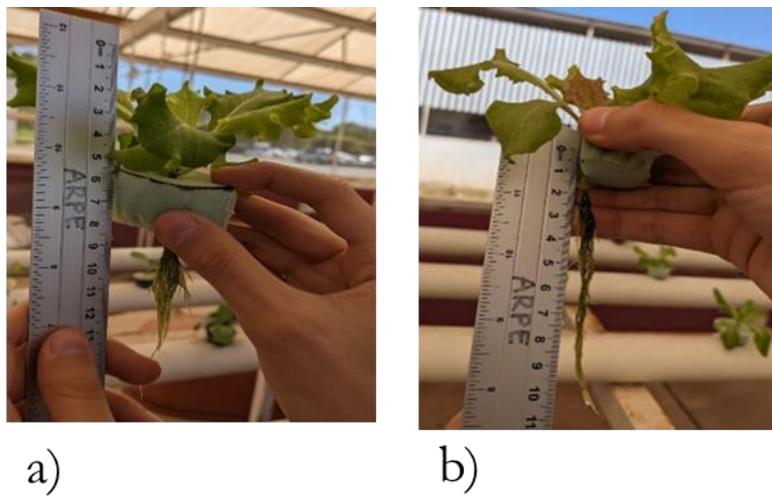
- Variedad 1. Starfighter.
- Variedad 2. Maximus.
- Variedad 3. Ruby Sky.

### *Variables evaluadas en la Solución nutritiva*

La solución nutritiva se monitoreó 3 veces por semana con un medidor multiparamétrico marca HANNA®, abarcando los parámetros de pH y conductividad eléctrica. Dicho monitoreo se realizó tomando 5 muestras de las zonas con régimen laminar. Además, después de cada muestra realizada, el medidor multiparamétrico se lavó con agua destilada.

### *Variables evaluadas en las plantas*

**Altura de planta.** Se utilizó una regla metálica colocándola desde la base de la planta para medir la altura de planta 1 vez por semana (Figura 5).



**Figura 5.** Medición altura de planta (a) y la longitud de las raíces (b) con regla metálica.

**Longitud radicular.** Con la ayuda de una regla metálica se midió la longitud radicular. Dicha medición se realizó una vez por semana (Figura 5b).

**Número de hojas.** Se realizó un conteo del número de hojas de cada planta semanalmente de manera manual.

**Porcentaje de sobrevivencia.** Se evaluó una vez por semana el porcentaje de sobrevivencia de las plantas.

**Vigorosidad vegetal.** Se utilizó una escala del 1 al 3 para comprobar la vigorosidad vegetal en cada planta de lechuga, donde cada numeración representa:

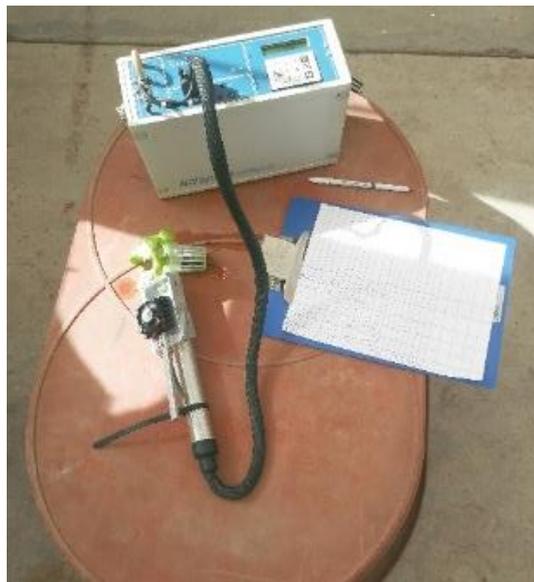
- 1) Planta en condición óptima
- 2) Marchitez
- 3) Planta muerta

**Temperatura de planta.**

Con la ayuda de un medidor láser de temperatura marca Truper se midió dicho parámetro en cada sistema, tomando 5 muestras en diagonal en el caso del sistema hidropónico NFT, mientras que en el sistema de raíz flotante se tomó una muestra en cada planta de la esquina y otra adicional en una planta lateral, resultando así también en 5 muestras. Además, se monitoreó este parámetro 3 veces a la semana, cada día realizando 3 monitoreos:

1. 08:30 A.M.
2. 10:30 A.M.
3. 12:30 P.M.

**Fotosíntesis, transpiración, eficiencia en el uso del agua y conductancia estomática.** Se utilizó un multiparámetro de variables fisiológicas de la marca “PP SYSTEMS” mediante el modelo TPS-1 para la medición de la variable fotosíntesis (Figura 6). En cada medición se aseguró tener expuesta a la planta a plena radiación solar, por lo que se tomó en días soleados. Así mismo, se tomaron en cuenta 6 muestras en cada tratamiento para la medición de dicha variable, asegurándose además de siempre evaluar las mismas plantas.



**Figura 6.** Multiparámetro de la marca “PP SYSTEMS” con plântula de lechuga en la cámara de medición para determinar fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática.

La eficiencia de uso de agua se determinó mediante la razón entre la actividad fotosintética máxima y la transpiración de las hojas. Esta variable se expresó en  $\mu\text{mol de CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

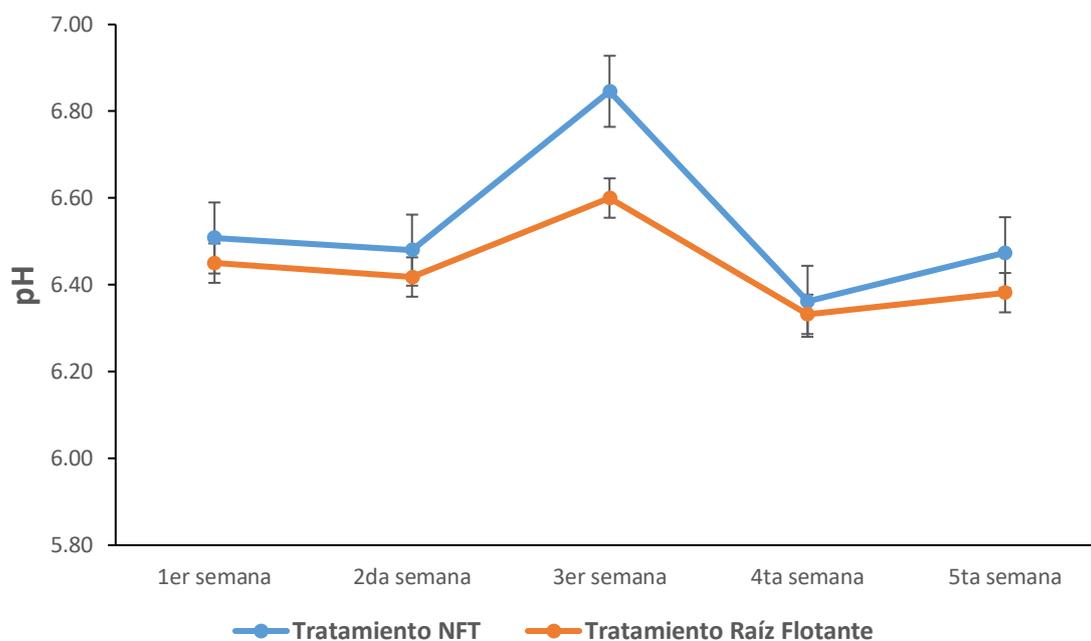
**Contenido de clorofila** Se determinó mediante el un dispositivo portátil de tipo SPAD se realizaron tres tomas en cada hoja de las plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Comportamiento del pH de la solución nutritiva en los sistemas hidropónicos establecidos*

En la Figura 7 se presentan los valores de pH presentados en ambos sistemas durante 5 semanas después del trasplante. El valor de pH inicial en el tratamiento NFT fue de 6.51 y aumentó considerablemente en la semana 3, alcanzando un valor de 6.85 al utilizar la solución Steiner, mientras que, en la siguiente semana alcanza su punto más ácido con un valor de 6.36 al aumentar la concentración en la solución nutritiva.

Por su parte, el tratamiento raíz flotante mostró un pH inicial ligeramente más ácido a comparación del tratamiento NFT, con una diferencia de 0.06 en la escala del pH. En la semana 3 aumentó su valor hasta 6.60, para luego descender hasta 6.33 en la semana 4 mostrando así, un valor relativamente similar con el otro sistema hidropónico. De acuerdo con Alcántar y Trejo (2016), el rango de pH de 5.5 a 6.5 favorece la disponibilidad de nutrimentos como lo son el Fe, Mn, Cu, Zn, Mo y el P en la solución nutritiva.

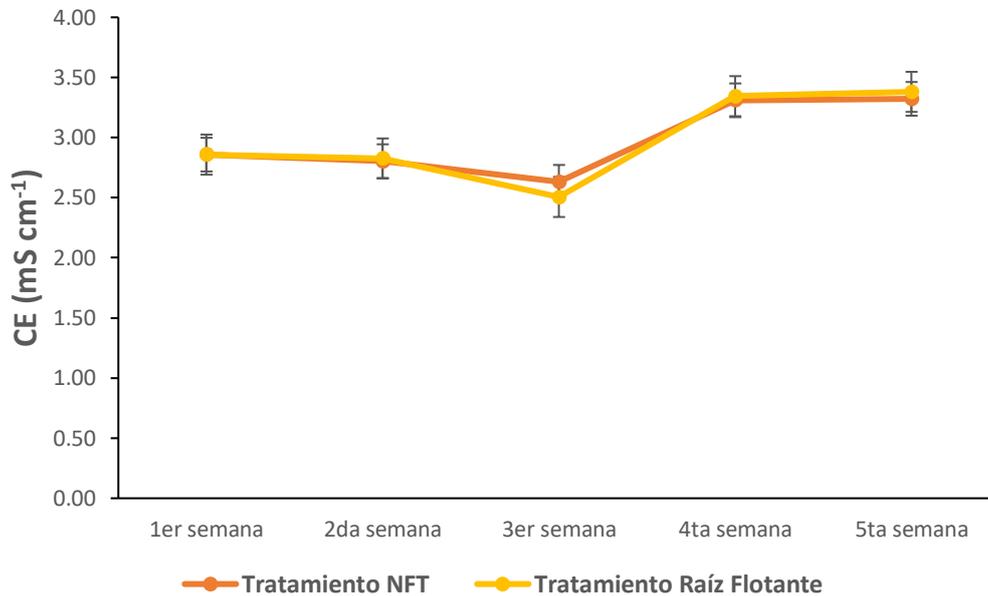


**Figura 7.** Medición de PH durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

### *Conductividad eléctrica de la solución nutritiva*

El agua utilizada para la preparación de solución nutritiva contenía un alto contenido de sales, por lo que, según Alcántar y Trejo (2016), es complicado lograr los rendimientos potenciales de los cultivos hidropónicos. En el caso de la conductividad eléctrica (Figura 8), ambos tratamientos presentaron similitud en la primera semana de resultados, para después descender sus valores eventualmente hasta la semana 3, consiguiendo así el tratamiento raíz flotante su valor mínimo de  $2.51 \text{ mS cm}^{-1}$ . Seguidamente, durante la cuarta semana hubo un repunte en los valores de conductividad eléctrica en ambos sistemas al

haber incrementado la concentración de fertilizante en la solución, mostrando así valores próximos con una diferencia de  $0.03 \text{ mS cm}^{-1}$ .



**Figura 8.** Medición de la conductividad eléctrica (CE) durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

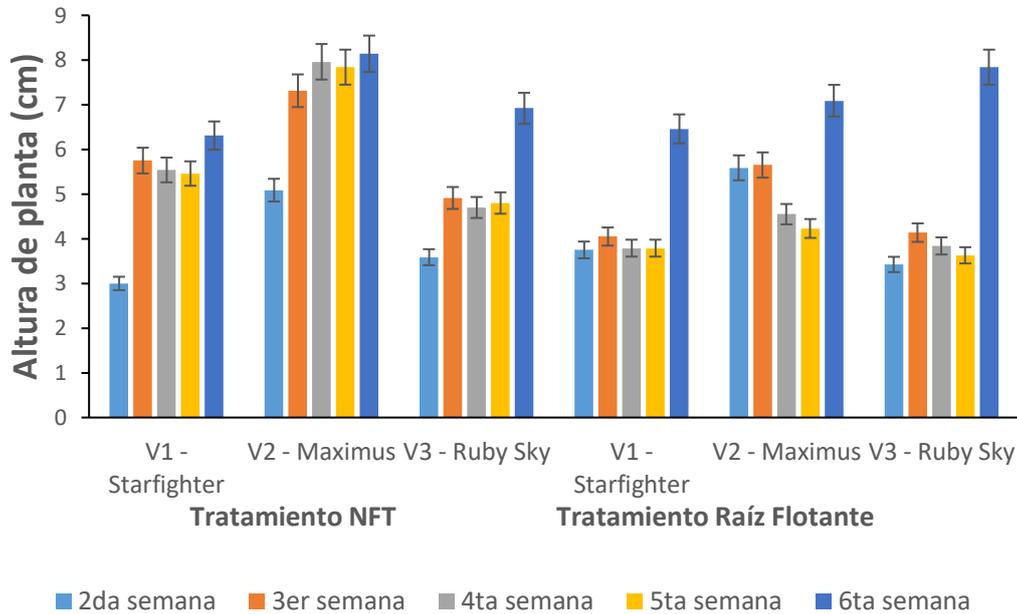
### *Altura de planta*

En la Figura 9 se presenta la medición de altura en ambos sistemas durante el periodo evaluado. Por su parte, la variedad Starfighter en el tratamiento NFT muestra un valor de 3 cm durante la segunda semana después del trasplante, siendo este el valor más mínimo de los datos recopilados, mientras que, por el contrario, en el tratamiento Raíz Flotante la misma variedad mostró un resultado de 3.75 cm.

Durante el periodo de la semana 3 a la 5 hubo un descenso en los valores de altura en planta en la mayoría de las variedades en ambos sistemas, puesto que no se efectuó la recirculación en los sistemas durante toda la tercera semana, esto debido a su vez a la falta de luz eléctrica en el invernadero de producción de plántulas. Según Berrus, (2019), se puede presentar mal formaciones en el cultivo hidropónico, al igual que una ineficaz absorción de nutrientes causado por una hipoxia radicular en los cultivares de placa flotante.

En la sexta semana, la variedad Maximus en el tratamiento NFT mostró un valor máximo de 8.14 cm, mostrando así una diferencia de 1.05 cm respecto a la misma variedad en el tratamiento Raíz Flotante. Mientras que, en la variedad Ruby Sky del tratamiento Raíz Flotante se mostró un resultado de 7.84 cm, siendo este el mayor de dicho tratamiento, el cual difiere con el valor de 6.92 cm en el tratamiento NFT de la misma variedad. Valores próximos se muestran al haber utilizado variedades de lechuga del tipo

Batavia, las cuales reportaron una altura promedio en su cultivo hidropónico con un valor de 6.4 cm a los 35 días después del trasplante (Cajo, 2016).



**Figura 9.** Medición de altura de planta durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

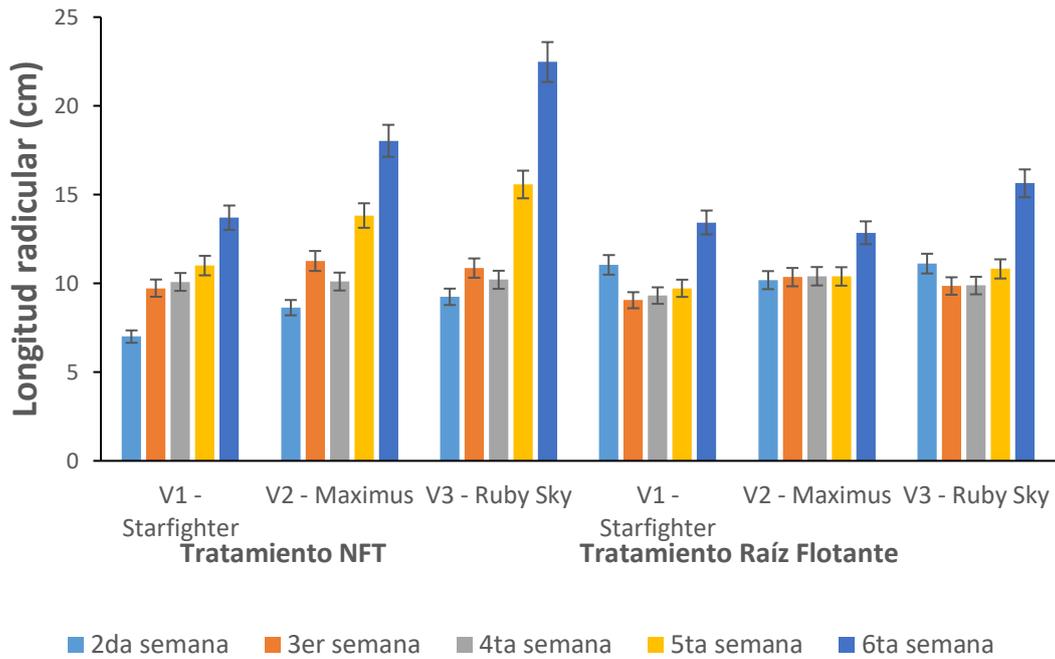
### *Longitud de las plantas*

En el tratamiento NFT la variedad Starfighter mostró el valor mínimo inicial registrado con respecto a las demás variedades en ambos sistemas, con un valor de 7.00 cm en su longitud radicular (Figura 10). En su contraparte, en el tratamiento Raíz flotante la misma variedad arrojó un resultado de 11.04 cm, mostrando una diferencia significativa de 4.04 cm.

Durante la tercera semana a la 5 hubo un cese en el desarrollo radicular, debido a la falta de luz eléctrica en el Invernadero de Producción de Plántulas, por lo que la ausencia de oxígeno resultó un problema al producir lechugas hidropónicas, debido a que provocó que las raíces tuvieran complicaciones durante la absorción de nutrimentos, produciéndose así un ligero desarrollo (Berrus, 2019).

Por su parte, la variedad Ruby Sky mostró un valor de 22.47 cm durante la semana 6 en el tratamiento NFT, mientras que, por el contrario, en el tratamiento Raíz flotante resultó en 15.64 cm, mostrando una diferencia significativa entre ambos tratamientos.

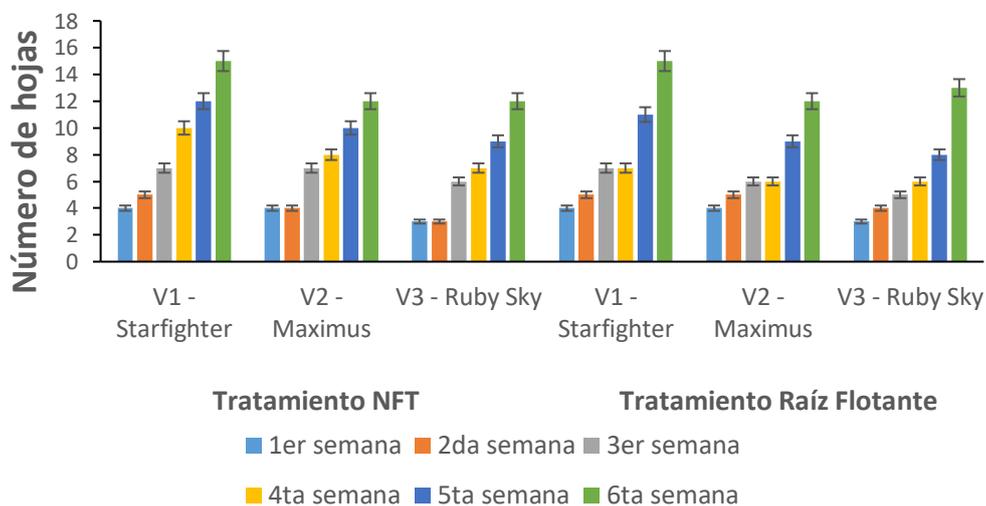
Experimentos de Chavez y Mamani (2023) al producir 3 variedades de lechuga tanto en sistemas de raíz flotante como en NFT mostraron medias en su longitud radicular con valores de 15.8, 15.7 y 14.9 cm en sus variedades: Dancing, Caipira, Lollo rosso respectivamente.



**Figura 10.** Medición de longitud radicular durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

### Número de hojas

En el caso del número de hojas (Figura 11), en el tratamiento NFT tanto la variedad Starfighter como la Maximus presentaron similitud en sus resultados mostrando 4 hojas/planta durante la primera semana, en contraste con la variedad Ruby Sky que mostró 1 hoja menos por planta al igual que en el tratamiento de Raíz Flotante. Así mismo, la variedad Starfighter mostró valores similares en ambos tratamientos durante la semana 6 después del trasplante, con 15 hojas/planta, siendo así, el valor más preponderante entre las variedades. Por su parte, Chavez y Mamani (2023) reportan valores de 8 a 11 hojas/planta a los 30 días después del trasplante en sus variedades (Caipira, Dancing y Lollo rosso), las cuales se mantuvieron en dos sistemas hidropónicos (raíz flotante y NFT).



**Figura 11.** Medición del número de hojas durante 6 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

**Porcentaje de sobrevivencia**

En el caso del porcentaje de sobrevivencia todas las variedades de lechuga (Tabla 3), en ambos tratamientos se mantuvieron vivas en los sistemas en el periodo que abarca de la semana 2 a la 6 después del trasplante, por lo que se traduce en que no hubo muerte de planta alguna y presentaron un porcentaje de 100% de sobrevivencia homogéneamente.

**Tabla 2.** Medición de porcentaje de sobrevivencia durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas.

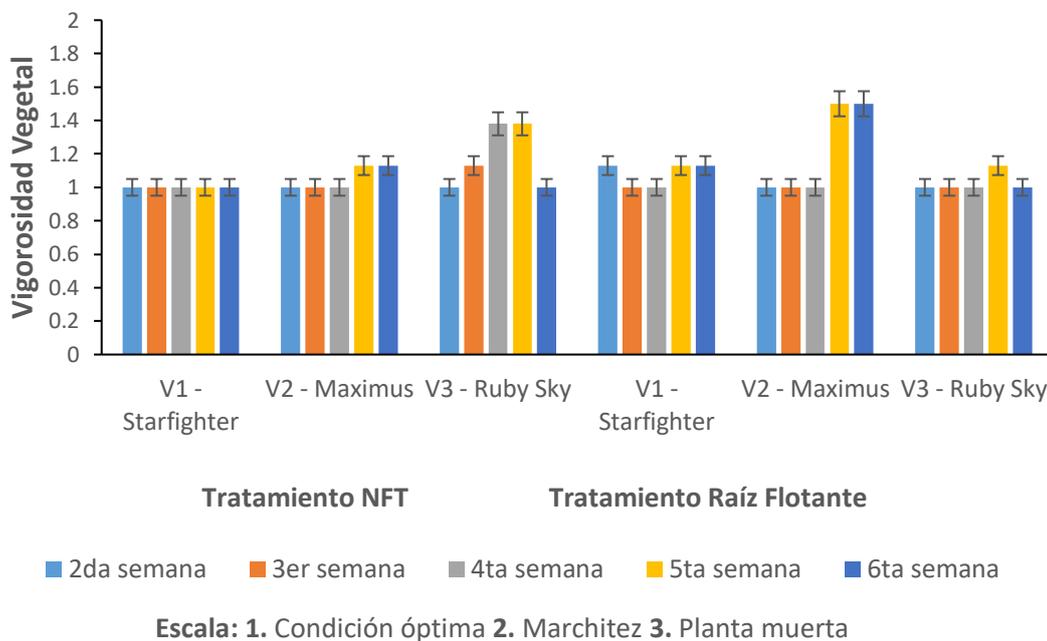
Porcentaje de sobrevivencia						
Tratamiento	% de sobrevivencia	2da semana	3er semana	4ta semana	5ta semana	6ta semana
Tratamiento NFT	V1 - Starfighter	100	100	100	100	100
	V2 - Maximus	100	100	100	100	100
	V3 - Ruby Sky	100	100	100	100	100
Tratamiento R. F.	V1 - Starfighter	100	100	100	100	100
	V2 - Maximus	100	100	100	100	100
	V3 - Ruby Sky	100	100	100	100	100

Según Saavedra et al. (2017), al haber utilizado semilla peletizada, la cual consiste en agregarle una cubierta a la semilla, principalmente con un componente inerte con pesticida, permitió un aumento considerable en la sobrevivencia en las primeras semanas del cultivo al haberla sembrado en almácigo.

**Vigorosidad vegetal**

En el caso de la variable vigorosidad vegetal (Figura 12), la variedad Starfighter demostró un óptimo desarrollo en el tratamiento NFT durante las 5 semanas de evaluación, mientras que la variedad Ruby Sky mostró una marchitez máxima en el mismo tratamiento de 1.38 en la escala del 1 al 3 durante las semanas 4 y 5.

En contraste la variedad Maximus en el tratamiento Raíz Flotante muestra una marchitez con un valor del 1.5 en la misma escala, mostrando así que dicha variedad mostró mayor signo de marchitez entre plantas.



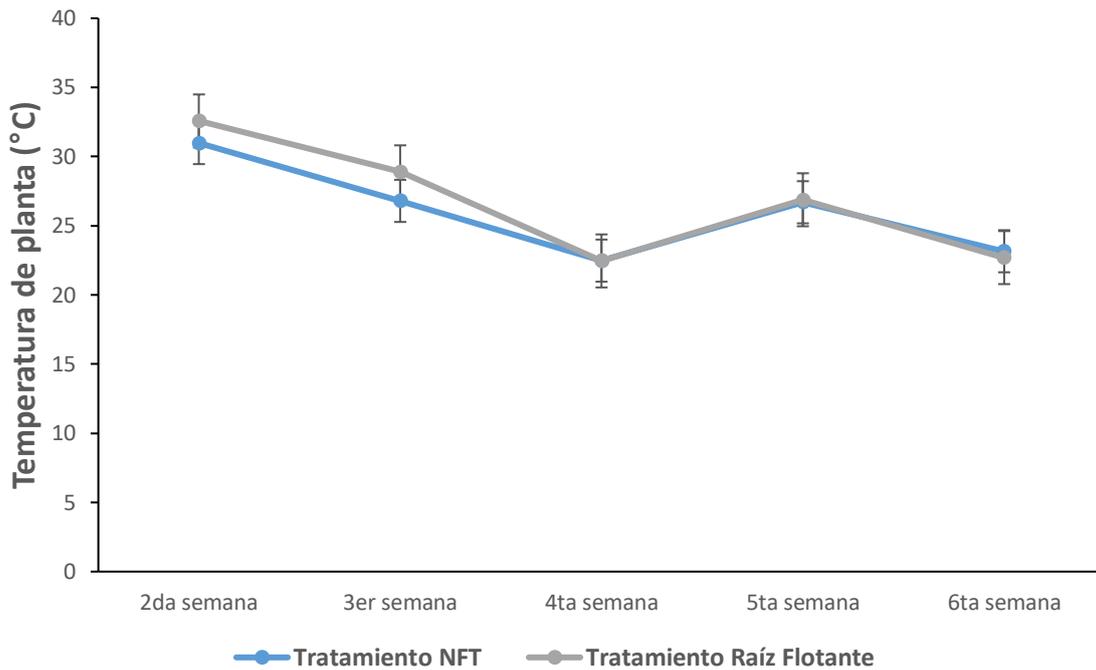
**Figura 12.** Medición de la vigorosidad vegetal durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Por su parte, Chavez y Mamani (2023) reportan un óptimo vigor en sus plántulas de lechuga al haber efectuado el trasplante a un sistema hidropónico NFT conservando las plantas 6 a 8 pares de hojas verdaderas y presentado una longitud radicular de 15 a 19 cm, por lo que sugiere realizar el trasplante una vez surjan las primeras hojas verdaderas para así garantizar el vigor de la planta.

### *Temperatura de planta*

Por su parte, la variable temperatura de planta (Figura 13) muestra un descenso eventual en ambos sistemas en el periodo comprendido desde la semana 2 a la 4, siendo el sistema de raíz flotante el que presenta mayor temperatura desde la segunda semana con un valor de 32.58 °C, mostrando así una diferencia de temperatura en la segunda semana de 1.6 °C con respecto al otro tratamiento.

Al llegar a la semana 4 la temperatura de planta en ambos tratamientos es relativamente similar, con solo una diferencia de 0.02 °C, para seguidamente en la semana 5 aumentar la temperatura de 4.22 a 4.42 °C en los tratamientos. Durante la semana 6 el tratamiento NFT presentó una temperatura de 23.16 °C, en contraste con el tratamiento Raíz Flotante que mostró un valor de 22.7 °C.



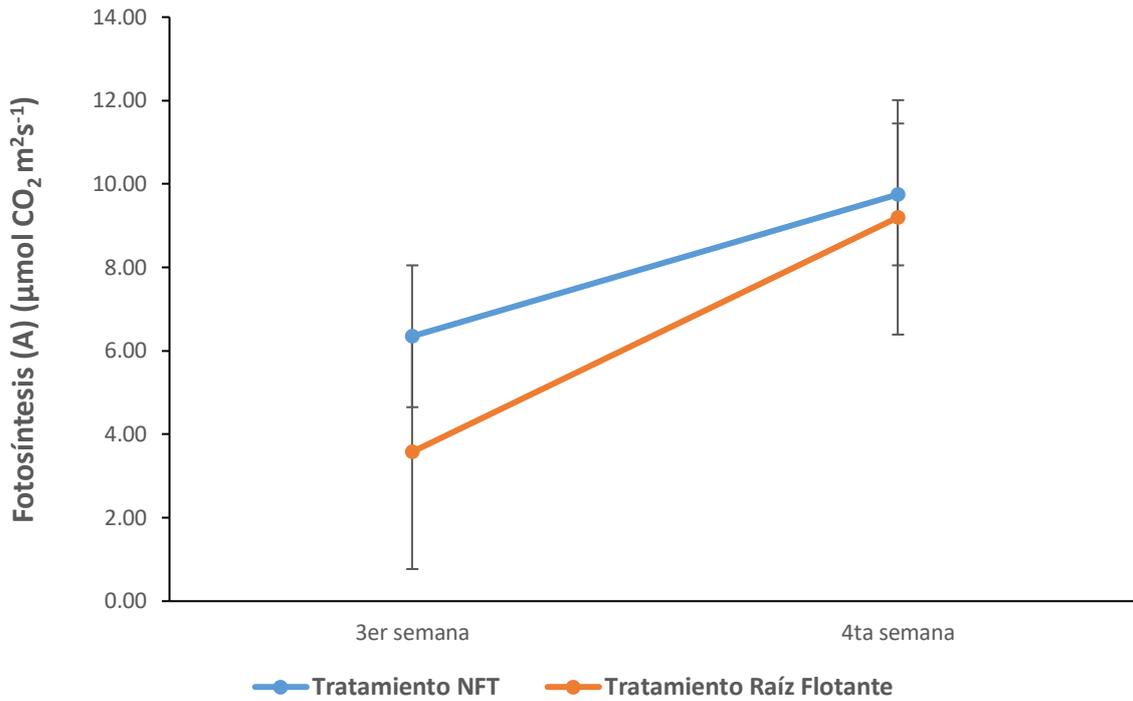
**Figura 13.** Medición de temperatura de planta (°C) durante 5 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Según Juella, J. (2016), el cultivo de lechuga tolera más las bajas temperaturas con respecto a las altas, ya que logra tolerar temperaturas desde  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta los  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por lo que las temperaturas registradas favorecieron el desarrollo vegetativo de la lechuga.

### *Fotosíntesis máxima de las plantas*

Como se muestra en la Figura 14, el tratamiento NFT se mostró en la tercera semana con un valor de fotosíntesis de  $6.35\text{ }\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$ , el cual difiere del resultado obtenido por el tratamiento Raíz Flotante resultando en 3.58 en la misma semana. Por su parte, en la semana 4 en el tratamiento NFT resultó ser de  $9.75\text{ }\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$ , mostrando una diferencia de 0.55 con respecto al otro tratamiento.

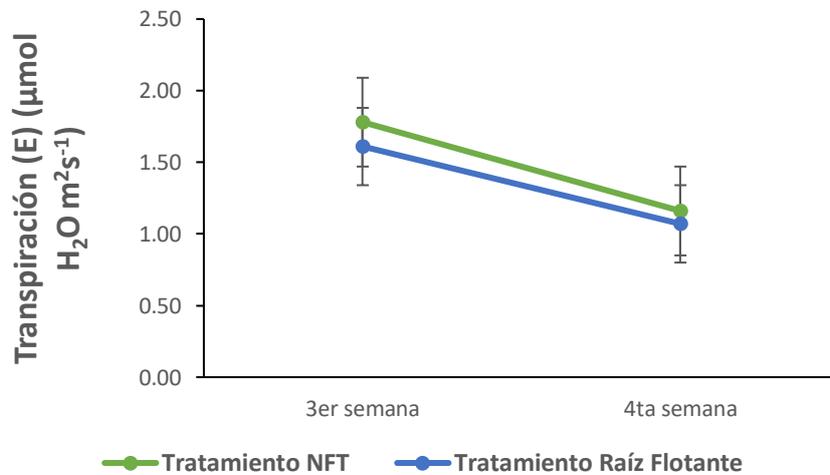
El rendimiento metabólico al igual que el fotosintético de la lechuga depende en gran medida de factores abióticos, tales como la temperatura y la luz. De manera similar, el abastecimiento necesario de nutrimentos como el nitrógeno (N) en el cultivar se asocia directamente con la eficiencia fotosintética. Es por esta razón que el parámetro de fotosíntesis se ve considerablemente influenciado por la radiación solar y la disponibilidad de N en la solución. (Lara-Izaguirre et al., 2020).



**Figura 4.** Medición de fotosíntesis en lechugas durante 2 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

### Transpiración

En la Figura 15 se observa que el tratamiento NFT durante la semana tres presentó una transpiración de  $1.78 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$ , mostrando una diferencia de 0.17 respecto al tratamiento Raíz Flotante. Por su parte, en la semana 4 el tratamiento NFT mostró datos de  $1.16 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$ , mientras que el otro tratamiento resultó de  $1.07 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$ .

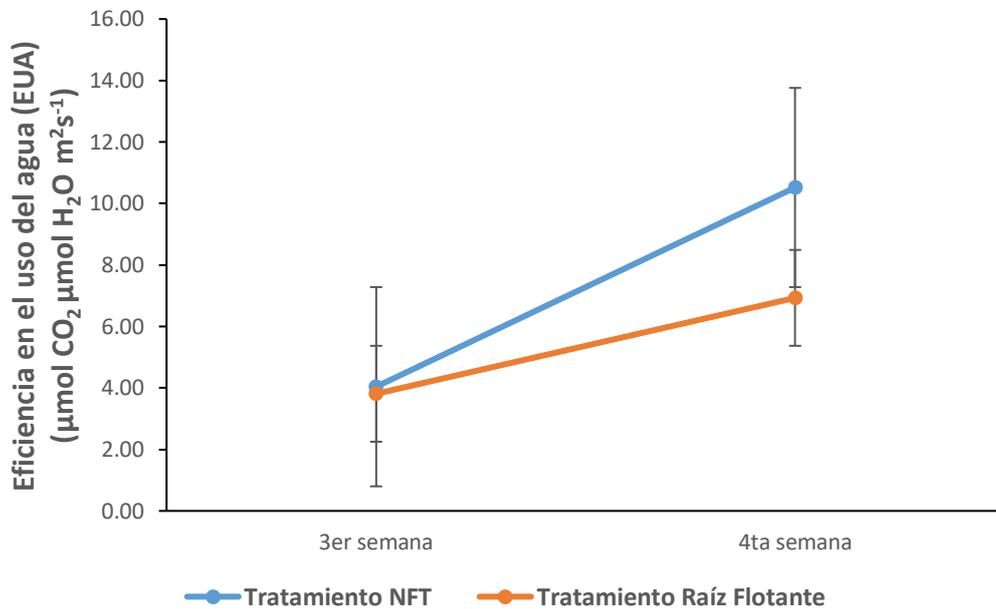


**Figura 15.** Medición de transpiración en lechugas durante 2 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Por otro lado, Mendoza y Velastín, (2018), reportan que la evapotranspiración desregula parámetros como la conductividad eléctrica en la solución nutritiva, por lo que recomienda medir con frecuencia esta última en el sistema hidropónico con el fin de corregir y compensar tanto los nutrientes como el agua evapotranspirada cuando se demande.

### *Eficiencia en el uso del agua*

En el tratamiento NFT durante la semana tres mostró una eficiencia en el uso del agua de 4.04  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$ , presentando así una diferencia de 0.23 con respecto al tratamiento Raíz Flotante en la misma semana. Por otro lado, en la semana 4 el tratamiento NFT mostró un valor de 10.52  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$ , mientras que el tratamiento Raíz flotante resultó de 6.93  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$  (Figura 16).



**Figura 16.** Medición de la eficiencia en el uso del agua en lechugas durante 2 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Según Carmona (2022) obtuvo resultados de 2.37  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$  en lechugas hidropónicas del tipo Batavia verde sobre un sistema de raíz flotante. De esta manera, se muestran diferencias significativas con los resultados obtenidos en ambos sistemas.

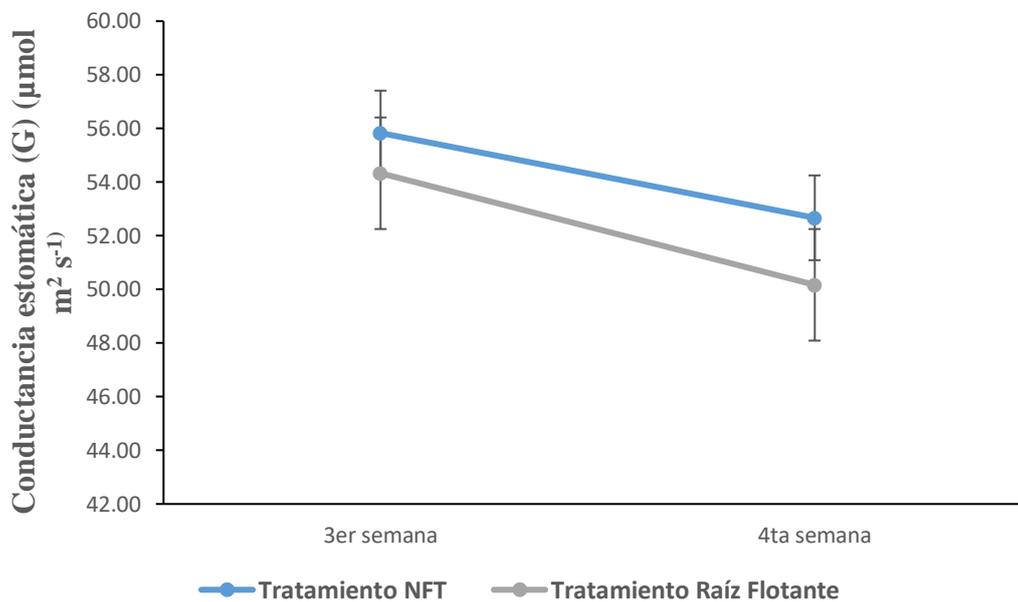
Así mismo, uno de los factores que están relacionados fuertemente con el uso eficiente del agua (UEA) es la transpiración, ya que es un aspecto decisivo en lo que respecta tanto con el balance hídrico en la planta como con el balance energético del follaje (Barroso et al., 2020).

### **Conductancia estomática**

En la Figura 17 se muestra la conductancia estomática que presentaron los tratamientos evaluados. Ambos tratamientos mostraron un descenso eventual en la conductancia estomática. En cuanto al tratamiento NFT durante la tercera semana presentó un valor de  $55.83 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , mostrando una diferencia de 1.5 con respecto al tratamiento Raíz Flotante, el cual resultó de  $54.33 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ .

Así mismo, en la semana 4 el tratamiento Raíz Flotante mostró un valor de  $50.17 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , mientras que, por el contrario, el tratamiento NFT obtuvo un resultado de  $52.67 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ .

Se han obtenido valores de  $2195.50 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en ensayos realizados con tipos de lechuga Batavia verde bajo sistemas hidropónicos flotantes (Carmona, 2022).

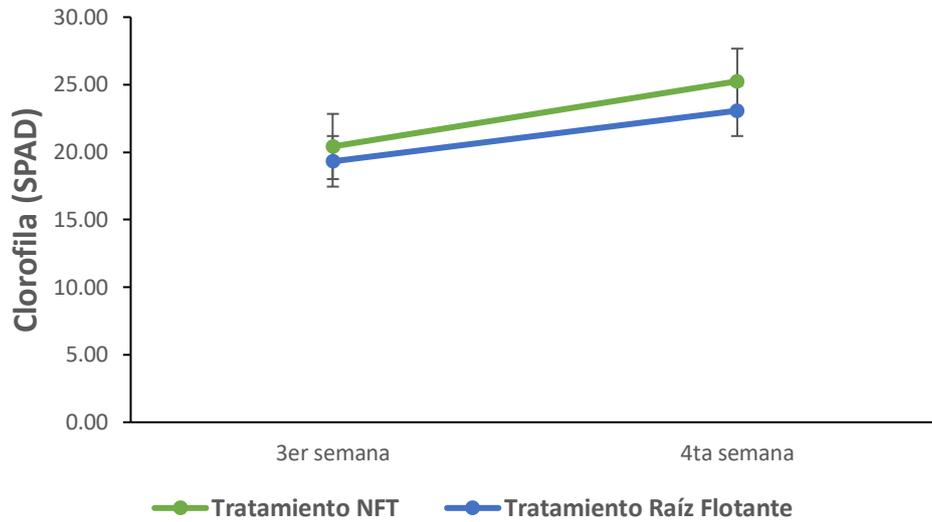


**Figura 17.** Medición de la conductancia estomática en lechugas durante 2 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Según Barroso, J. et al. (2020), la transpiración es uno de los parámetros que afectan directamente sobre la conductancia estomática, por lo que opera en la regulación de la misma.

### **Contenido de clorofilas**

En la Figura 18 se observa la clorofila que presentó cada tratamiento evaluado. El valor de clorofila por parte del tratamiento NFT fue mayor durante las 2 semanas de medición, resultando de 20.42 unidades SPAD durante la tercera semana, conservando así un valor mayor de 1.1 en comparación con el tratamiento Raíz Flotante, el cual fue de 19.32 unidades SPAD. De igual manera, en la cuarta semana el tratamiento NFT mostró un valor de 25.25, habiendo aumentado 4.83 con respecto a la semana anterior.



**Figura 18.** Medición de clorofila en lechugas durante 2 semanas después del trasplante en ambos sistemas. Barras de error representan desviación estándar.

Cebada-Merino et al. (2016), obtuvieron un valor de 23.12 en Unidades del medidor de clorofila SPAD en lechugas hidropónicas sobre un sistema NFT en condiciones de invernadero. Uno de los factores ambientales más influyentes sobre el desarrollo de los cultivos es la luz solar, debido a que a partir de la misma se originan la mayor parte de los procesos biológicos, influyendo directamente así sobre la cantidad de clorofila y, consigo la fotosíntesis (Oasis, 2017). Por lo que, el tratamiento Raíz Flotante al haber recibido ligeramente menor radiación solar debido al posicionamiento dentro del invernadero, mostró un valor menor en cuanto a clorofila.

## CONCLUSIONES

Una vez evaluados los resultados del experimento y las variables planteadas, se concluye que ambas técnicas de producción, tanto NFT, como el sistema de raíz flotante, son idóneas para producir hortalizas de calidad y, asimismo, de un modo sustentable. A pesar de que el tratamiento NFT mostró variaciones en el nivel de PH, no llegó a afectar considerablemente el desarrollo de las plantas de lechuga.

La baja altura de planta al igual que la poca longitud radicular de las lechugas en el sistema de raíz flotante se atribuye a una deficiencia en la oxigenación de las raíces, a causa de que no se colocó un sistema de aireación hasta la tercera semana después del trasplante. El presente ensayo, plantea la posibilidad de establecer la hidroponía como una vía sustentable para producir hortalizas en el Valle del Yaqui. Esto se traduce en la posibilidad de darle continuidad a las investigaciones de dicha área.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcántar, G., Trejo, L. (2016). Nutrición de cultivos. (2a ed.). México. Colegio de Postgraduados.

- Aldaya, M., Niemeyer, I., y Zarate, E. (2011). Agua y Globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*.
- Berrus, L. A. (2019). Manual técnico de producción hidropónica para el Hotel Santa María de Comayagua, Comayagua, Honduras (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.).
- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. Proyecto para el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.
- Carmona, J. (2022). Mejora en la producción y calidad de lechuga mediante la optimización de las condiciones de cultivo en sistemas hidropónicos bajo invernadero. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Cebada-Merino, M., Herrera-Corredor, J.A., Andrés-Meza, P., Leyva-Ovalle, O.R. (2016). Sistema eficiente para producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agro Productividad*. 9 (6), 56-61.
- Chavez, R., y Mamani, E. (2023). Comportamiento de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo dos técnicas hidropónicas utilizando efluentes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) como una solución nutritiva orgánica en vivero UCSM-Sachaca - Arequipa 2022. Tesis de Ingeniero Agrónomo y Agrícola. Universidad Católica de Santa María.
- Juárez-Rangel, A. P., Solís-Oba, A., Martínez-Cásares, R. M., Castro-Rivera, R., y Solís-Oba, M. M. (2023). Producción de lechuga en invernadero fertilizada con extracto de sargazo o lixiviado de vermicomposta. *Mexican Journal of Biotechnology*, 8(1), 21-36.
- Lara-Izaguirre, A. Y., Rojas-Velázquez, Á. N., Ramírez-Tobías, H. M., Jáuregui, J. A. A., Méndez-Cortés, H., y Romero-Méndez, M. J. (2020). Respuesta fotosintética de lechuga hidropónica a relaciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en verano y otoño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43 (4), 565–573.
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2 (2).
- Mendoza, M., & Velastín, S. (Eds.). (2018). *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications: 22nd Iberoamerican Congress, CIARP 2017, Valparaíso, Chile, November 7–10, 2017, Proceedings* (Vol. 10657). Springer.

## Índice Remissivo

### A

angico, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75

### B

bem-estar animal, 42, 43, 44, 46, 49, 50, 52, 53

### F

fibras vegetais, 19, 20, 26, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 39, 40

### H

hidropônico, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 94

### I

índices de vegetação, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 17

### L

lechuga, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 96

lechugas, 80, 81, 88, 93, 94, 95, 96

### M

manejo, 35, 43, 46

matéria-prima, 125

### N

NDVI, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16

NFT, 5, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

### O

ortomosaico, 7, 8, 16

### P

pastagem, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16

PFNM, 18, 19, 26, 29, 40

### R

raíz flotante, 88, 94

recursos genéticos, 18, 30, 33

RGB, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17

### S

sangria, 45, 52

sistemas, 5, 18, 28, 29, 30, 48, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 127

sustentable, 79, 96

### T

transporte e desembarque, 44

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-

books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 118 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 59 organizações de e-books, 43 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com)



  **Luciano Façanha Marques**

Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE (1997). Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2006). Mestre em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2009). Doutor em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2012). Professor Adjunto IV, Universidade Estadual do Maranhão. Contato:

[lucianomarques@professor.uema.br](mailto:lucianomarques@professor.uema.br)



**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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)