

**EVALUACIÓN DE CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL RENDIMIENTO DE SIETE ESPECIES DE HORTALIZAS DE HOJA CULTIVADAS SIMULTANEAMENTE BAJO LA TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES**

**PRESENTADO POR**

**CAMILO ANDRES BENAVIDES MUÑOZ  
JUAN JOSÉ RAMOS SIERRA**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO  
FACULTADA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN HORTICULTURA PROTEGIDA  
CHÍA, COLOMBIA  
2021**

**EVALUACIÓN DE CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL RENDIMIENTO DE  
SIETE ESPECIES DE HORTALIZAS DE HOJA CULTIVADAS SIMULTANEAMENTE  
BAJO LA TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES**

**CAMILO ANDRES BENAVIDES MUÑOZ  
JUAN JOSÉ RAMOS SIERRA**

**PRESENTADO A**

**RODRIGO GIL CASTAÑEDA**

**ASIGNATURA  
TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO  
FACULTADA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN HORTICULTURA PROTEGIDA  
CHÍA, COLOMBIA  
2021**

## Contenido

1. Resumen.....	1
2. Introducción .....	1
3. Problema de investigación y preguntas de investigación.....	3
4. Justificación .....	4
5. Hipótesis.....	4
6. Objetivos .....	5
6.1 Objetivo general .....	5
6.2 Objetivo específicos .....	5
7. Materiales y métodos .....	5
7.1 Lugar experimental.....	5
7.2 Material vegetal.....	5
7.3 Ambiente de desarrollo .....	5
7.4 Descripción del montaje.....	6
7.5 Diseño experimental y tratamiento.....	6
7.6 Preparación de la solución nutritiva .....	7
7.7 Condiciones bajo las cuales se desarrolló el sistema hidropónico .....	8
7.8 Trasplante de plántulas.....	8
7.9 Manejo de plagas y enfermedades.....	9
7.10 Cosecha .....	9
7.11 Recopilación y análisis estadístico de datos.....	9
8. Resultados .....	10
8.1 Peso fresco.....	11
8.2 Comparación y separación de medias por tratamiento sin tener en cuenta las especies .....	13
8.3 Comparación y separación de medias por tratamiento y especie .....	14
9. Discusión.....	15
10. Conclusiones .....	17
11. Bibliografía .....	17

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición de nutrientes para los cuatro tratamientos .....	7
<b>Tabla 2.</b> Cantidad de fertilizantes a usar en las soluciones nutritivas con concentradas 1X en 500 litros de agua. ....	8
<b>Tabla 3.</b> Valores estadísticos de las especies vegetales en su respectiva SN.....	11
<b>Tabla 4.</b> ANOVA al 5% sobre modelo de regresión lineal.....	13
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable de peso fresco.....	14
<b>Tabla 6.</b> Prueba de Tukey al 5% para SN y especie en la variable de peso fresco. ....	14

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Montaje sistema hidropónico NFT. ....	6
<b>Figura 2.</b> Cosecha de los sistemas hidropónicos NFT. ....	9
<b>Figura 3.</b> Temperatura promedio y temperatura promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. ....	10
<b>Figura 4.</b> Humedad promedio y Humedad promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. ....	10
<b>Figura 5.</b> Radiación solar promedio y Radiación solar promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. ....	11
<b>Figura 6.</b> Efecto de cuatro soluciones nutritivas en el rendimiento de hortalizas de hoja. ....	13

## 1. Resumen

El experimento se llevó a cabo en el invernadero F del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Chía, Colombia a partir del 30 de marzo de 2021 hasta el 5 de mayo del mismo año, con el fin de identificar una solución nutritiva adecuada para los cultivos de mizuna variedad verde y roja, rúcula variedad roquette, espinaca variedad celia F1, cilantro variedad long standing, albahaca variedad roja del "Rosso", lechuga crespa verde variedad Vera. Se consideraron cuatro soluciones nutritivas como tratamientos a evaluar. SNA: Solución nutritiva propuesta por Howard Resh (Resh, 2002), SNB: Solución nutritiva comercial, SNC: Solución nutritiva propuesta por Cooper (Jones, 2005) y SND: Solución nutritiva propuesta por Steiner (Rijck & Schrevens, 1998). La SNC (NH<sub>3</sub>:14.29, PO<sub>4</sub>:1.94, K:7.67, Ca:4.24, Mg:2.47, SO<sub>4</sub>:2.37, Fe:0.21, B:0.028, Cu:0.0016, Zn:0.0015, Mn:0.0364, Mo:0.0033 mmol/L) tuvo el mayor efecto sobre el rendimiento independientemente de la especie evaluada. Así mismo la especie que mayor rendimiento registró fue la mizuna verde evaluada en la SNC con un peso fresco promedio de 173.33 g. Se identificó que la mizuna verde, mizuna roja y la lechuga crespa verde son aptas para el cultivo en simultaneo bajo esta técnica.

## 2. Introducción

El presente trabajo se enfoca en el desarrollo de sistemas hidropónicos en ambientes urbanos. Esta es una alternativa a la demanda creciente de métodos de producción que permitan obtener alimentos en espacios reducidos, con recursos limitados de riego, sin acceso a suelos y que reduzcan los impactos ambientales. Es en este contexto donde la hidroponía en las urbes surge como una alternativa para la producción de alimentos con un carácter comercial y social. La hidroponía familiar de autoconsumo o la desarrollada en pequeñas o medianas empresas, se ha consolidado como una alternativa viable desde el punto de vista técnico. La producción urbana y periurbana sostenible de hortalizas y otros cultivos tiene como finalidad promover el desarrollo de fuentes de alimentos de alta calidad, ingresos y empleo (FAO, 1999).

Según la FAO (2021) se recomienda una ingesta diaria mínima de 400 g de frutas y verduras crudas que equivale a 5 porciones de 80 g cada una, esto con el fin de promover la buena salud de la población en general. ¿Pero, cuales son estos beneficios? A continuación, se muestran las conclusiones principales de varios estudios; sin embargo, no se mencionarán temas como la metodología ni los resultados ya que no es el propósito de esta revisión, pero se remite al apartado de bibliografía al lector que tenga deseos en profundizar en estos temas.

Todos los estudios se propusieron investigar la relación entre el aumento de la ingesta de frutas y verduras y la aparición de diferentes enfermedades. Es de resaltar, que ha sido documentado que el solo aumento de una porción diaria de frutas o vegetales empieza a mostrar beneficios, presentando el máximo efecto benéfico con la ingesta de 5 porciones, a partir de este punto no se encontraron diferencias con el aumento de porciones (Hung, 2004). El aumento en el consumo de frutas y verduras se ha asociado con: disminución en el riesgo de fracturas relacionadas con osteoporosis (Brondani, 2019), disminución en el riesgo de presentar hipertensión arterial (Borgi, 2016), reducción del riesgo de cáncer de estómago (Larsson, 2016), reducción en la mortalidad por todas las causas, entendida

esta como las muertes atribuidas a enfermedades crónicas no transmisibles (OECD, 2018), pero principalmente de la mortalidad de origen cardiovascular: muertes secundarias a arteriopatía coronaria, enfermedad cerebrovascular y enfermedad arterial periférica (Wang, 2014; Hung, 2004). Además, este último autor muestra en su estudio que el consumo de vegetales de hoja verdes mostró el mayor descenso en la mortalidad de origen cardiovascular.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante ofrecerles a las familias colombianas, una alternativa segura para la obtención de productos de alta calidad e inocuidad, a través de la implementación de sistemas hidropónicos residenciales. En el presente trabajo se propone emplear sistemas basados en la técnica de flujo laminar de nutrientes o NFT por ser las siglas en inglés de *nutrient film technique*, la cual se caracteriza por ser escalable a espacios reducidos y ser de fácil manejo para la producción de alimento en casa (Carrasco, 1996). La producción hortícola en sistemas NFT permite mejorar la calidad, inocuidad y frescura de los alimentos que se consumen, al tiempo que, se convierte en una alternativa de entretenimiento al unir a las familias alrededor de un modelo de negocio, en donde, además de producir su propio alimento, se podrá disfrutar de esta actividad. Este modelo de agricultura urbana busca que se aprovechen pequeñas superficies dentro de la urbe, ya sea en azoteas o jardines residenciales, para cultivar micro huertas que permitan y promuevan el autoconsumo de vegetales frescos e inocuos.

La hidroponía es un sistema de producción recomendado para la producción agrícola con reconocidas ventajas con relación a un uso más eficiente del suelo y una disminución en el uso de agroquímicos, principalmente plaguicidas. Específicamente la técnica de NFT que se caracteriza por ser un sistema cerrado basado en la recirculación de la solución nutritiva, permite aprovechar al máximo los recursos, especialmente el agua y los nutrientes. Según Rodríguez (2004) en estos sistemas, los principales factores que se deben tener en cuenta, y sobre los cuales se debe ejercer control, son la presencia de oxígeno disuelto en la solución, el potencial de hidrógeno o nivel de acidez (pH) y la concentración de sales evaluada por medio de la conductividad eléctrica (CE).

Las principales ventajas de este sistema son la significativa reducción del consumo de agua y nutrientes, se tiene un control más preciso de la nutrición de las plantas; de igual forma, requiere muy poca mano de obra, garantiza la calidad microbiológica del agua, reduce el uso de agroquímicos, se da una versatilidad de instalación en espacios reducidos y se obtiene mayor cantidad de producción por metro cuadrado en comparación a la agricultura en suelo. El sistema de producción en sistemas hidropónicos en NFT permite proporcionar una alternativa a los hogares para producir sus propios alimentos en entornos urbanos (Resh, 2002). Además, hay que resaltar que este sistema se adapta ampliamente a una variedad de cultivos y es ideal para cultivos a corto plazo como lechuga, cultivos de hojas y otras hortalizas con características similares (Mohammed, 2018).

Entre las desventajas del sistema, se destaca la muerte de la raíz que puede ser el resultado de la falta de oxígeno en la zona radicular (Antkowiak, 1993), de igual forma, el alto riesgo a infecciones por patógenos como hongos de género *Pythium* debido al constante contacto de las raíces con la solución nutritiva, el cual afecta principalmente a las plantas cultivadas a temperaturas superiores a los 25°C y se puede tratar con la adición de productos como el peróxido de hidrógeno (Winterborne, 2005).

En estos sistemas hidropónicos, uno de los componentes más importantes para tener en cuenta es la solución nutritiva (SN) la cual aporta los nutrientes esenciales para que las plantas puedan absorber, y está compuesta por los iones necesarios para su crecimiento y desarrollo. La formulación y control de la SN junto a una adecuada elección de las fuentes de las sales minerales solubles son un factor de éxito para el cultivo de especies vegetales bajo el sistema NFT (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Según Bautista (2000) no existe una solución ideal para un cultivo en particular ya que la concentración óptima de elementos nutritivos depende de la porción de la planta que se va a cosechar, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta. Igualmente, para Resh (1997) no existe una receta establecida para la preparación y dosificación adecuada en las SN. Cada planta tiene requisitos especiales de nutrientes en determinadas etapas y condiciones de crecimiento, por lo que el productor debe realizar evaluaciones, correcciones y ajustes.

Se han realizado estudios en donde se evalúan y comparan distintas SN universales principalmente para la producción de lechuga en sistemas NFT (De Rijck & Schrevens, 1998). Teniendo en cuenta que la información de SN para otras especies es todavía escasa, es necesario evaluar dichas SN para la producción de otras especies vegetales como la mizuna (*Brassica rapa var. Nipposinica L.*), tipos verde y roja, rúcula (*Eruca sativa L.*), albahaca morada (*Ocimum tenuiflorum L.*), espinaca (*Spinacia oleracea L.*), lechuga verde cressa (*Lactuca sativa var. Crispa L.*) y cilantro de hoja ancha (*Eryngium foetidum L.*). Adicionalmente, se requiere evaluar si una misma solución puede suministrar los elementos nutritivos a un conjunto de especies vegetales. Este último aspecto adquiere relevancia porque en sistemas urbanos se busca tener un conjunto de especies. Es por este motivo que la presente investigación pretende evaluar la producción simultánea de distintas hortalizas de hoja en sistemas NFT a partir del uso de cuatro SN diferentes con el fin de determinar su efecto sobre los rendimientos de producción de las hortalizas de hojas.

### **3. Problema de investigación y preguntas de investigación**

Diversos autores como Resh (2002), Jones (2005), y Sonneveld & Voogt (2009) sugieren que la formulación óptima de una SN depende de un gran conjunto de variables, tales como la especie y la variedad de la planta, su estado de desarrollo, el órgano de la planta que será cosechada, y factores climáticos como la temperatura y la radiación solar, entre otras.

Esta investigación surge a partir de la necesidad de evaluar SN en sistemas hidropónicos NFT adaptadas para condiciones residenciales y que responda bien a una variedad de cultivos, ya que no se encuentran investigaciones al respecto. Esto crea la necesidad de establecer cuál de las SN es la que genera los mejores rendimientos de manera conjunta para todas las especies. Entendiendo el rendimiento como el peso fresco al momento de la cosecha. La solución que logre el mayor rendimiento conjunto será la que se catalogue como la de mejor desempeño para el cultivo del conjunto de especies evaluadas bajo el sistema NFT. No realizar este tipo de investigaciones trae como consecuencia el uso de SN que pueden no ser las más apropiadas para ciertas especies, o el desarrollo de sistemas de producción que sólo responden a las necesidades de una especie, por lo que se pierde la esencia de los sistemas hidropónicos urbanos los cuales buscan cultivar un conjunto de plantas de diferentes especies simultáneamente.



Por lo tanto, surgen preguntas tales como:

¿Cuál o cuáles son las soluciones nutritivas adecuadas para producir mayores rendimientos en un sistema hidropónico NFT donde se planten, no una sino un conjunto de especies?

¿Qué especies vegetales son compatibles para cultivar bajo un mismo sistema hidropónico NFT usando una misma solución nutritiva?

#### **4. Justificación**

En un sistema NFT la eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de la planta recae principalmente en la calidad de la SN, la cual debe estar diseñada para aportar todos los nutrientes requeridos por la planta para su óptimo desarrollo. La escasa información bibliográfica en la cual se reportan los efectos o los resultados de evaluaciones de distintas SN para producir distintas especies vegetales simultáneamente en un sistema NFT motiva la realización del presente trabajo. Esta es una tarea compleja, puesto que se tienen que buscar especies con características fisiológicas similares para poder ejecutar exitosamente la producción, a partir de una única SN que garantice el adecuado suministro de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de cada una de las especies cultivadas, y que esto se vea reflejado en un mayor rendimiento bajo este modelo.

Por excelencia, la lechuga, con su gran diversidad de variedades, es la hortaliza de hoja que más se produce en sistemas hidropónicos NFT (Saavedra, 2017), y por lo tanto de la que más se encuentran referencias en la literatura. Es de suponer que una SN desarrollada y adaptada para la producción de lechugas no será la mejor para la producción de otras especies, especialmente si trata de especies botánicas no relacionadas.

A partir de esta investigación se pretenden sentar bases tecnológicas y de conocimiento aplicables en la agricultura urbana mediante el uso de sistemas hidropónicos NFT para la producción de hortalizas de hoja de forma simultánea. La investigación permitirá compartir y exponer los resultados obtenidos a partir de la evaluación de las cuatro SN en sistemas hidropónicos NFT para la producción de mizuna (*Brassica rapa.*), tipos verde y roja, rúcula (*Eruca sativa L.*), albahaca morada (*Ocimum tenuiflorum L.*), espinaca (*Spinacia oleracea L.*), lechuga verde crespa (*Lactuca sativa var. Crispa L.*) y cilantro de hoja ancha (*Eryngium foetidum L.*).

Finalmente, los resultados de esta investigación se espera que sirvan de fundamento para la elaboración de un plan de negocios enfocado en la producción y comercialización de sistemas hidropónicos para ambientes urbanos. La SN es un componente determinante para garantizar el éxito de la producción de vegetales frescos bajo este sistema.

#### **5. Hipótesis**

Un conjunto de siete especies distintas de hortalizas de hoja puede crecer y desarrollarse en forma simultánea bajo una misma SN.

## **6. Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de cuatro soluciones nutritivas sobre el rendimiento de las especies vegetales: mizuna (*Brassica rapa var. Nipposinica L.*), tipos verde y roja, rúcula (*Eruca sativa L.*), albahaca morada (*Ocimum tenuiflorum L.*), espinaca (*Spinacia oleracea L.*), lechuga verde crespa (*Lactuca sativa var. Crispa L.*) y cilantro de hoja ancha (*Eryngium foetidum L.*) cultivados en un sistema hidropónico NFT.

### **6.2 Objetivo específicos**

Evaluar el efecto de las soluciones nutritivas mediante el rendimiento a partir del peso fresco en cada una de las especies a los 36 días de trasplante.

Seleccionar la SN que tenga mayor potencial para mantener las siete especies.

## **7. Materiales y métodos**

### **7.1 Lugar experimental**

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Chía, Colombia. Específicamente, el estudio se llevó a cabo en el invernadero rotulado como H de acuerdo con la nomenclatura empleada en el Centro de Bio-Sistemas. El estudio se realizó desde 30 de marzo de 2021 hasta el 5 de mayo del mismo año. Se instalaron dentro del invernadero en mención cuatro sistemas hidropónicos NFT, uno para cada SN a evaluar.

### **7.2 Material vegetal**

Al sistema NFT se trasplantaron plántulas con aproximadamente tres semanas de edad desde la siembra. Se trasplantaron 12 plantas de cada especie evaluada: Mizuna variedad Verde y Roja, rúcula variedad Roquette, espinaca variedad Celia F1, cilantro variedad Long Standing, albahaca variedad roja del "Rosso", lechuga verde variedad Vera, por cada una de los cuatro sistemas hidropónicos NFT. Las plántulas fueron adquiridas en el semillero, también ubicado dentro del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Las semillas fueron adquiridas por la casa comercial Sáenz Fety, a excepción del cilantro y la lechuga verde crespa, adquiridas a través de Impulsemillas y Sakata respectivamente.

### **7.3 Ambiente de desarrollo**

Se usó una estación meteorológica DAVIS Vantage PRO 2 para la toma los datos de temperatura, humedad relativa y radiación solar.

## 7.4 Descripción del montaje

En el sistema hidropónico NFT se empleó tubería sanitaria PVC de 3 pulgadas de diámetro, de color negro con el fin de evitar el crecimiento interno de algas, la longitud de las tuberías es de 3 m con perforaciones cada 1.5 pulgadas de diámetro para sobreponer canastillas plásticas de siembra para las plántulas cuyas raíces se suspenden en la SN.

Se emplearon mangueras plásticas de 16 mm de diámetro para conectar en serie las tuberías, se usaron tapones de caucho de 3 pulgadas de diámetro con huecos de 16 mm de diámetro para la conexión de las mangueras sobre los tapones en los extremos de las tuberías. Este sistema se soporta sobre una estructura metálica con disposición piramidal, en donde en cada una de las dos caras disponibles de la estructura se ubica un sistema hidropónico NFT conformados por cinco tuberías. Entre las características del sistema hidropónico NFT, está que la SN dentro del sistema fluye con un caudal de entre 1 y 2 litros por minuto. La pendiente del sistema está entre el 2 y el 5%. El montaje del sistema hidropónico se evidencia en la Figura 4.



**Figura 1.** Montaje sistema hidropónico NFT.

Cada SN se preparó en un tanque de almacenamiento de 500 litros, la solución es impulsada hacia la parte superior del sistema por una bomba sumergible (Evans AQUA30W), la cual posee una potencia de 29 watts, un flujo máximo de 20 litros por minuto y una altura máxima de 2 metros. La SN circula por el sistema y retorna al tanque de almacenamiento. De igual forma, se dispone de una bomba de oxigenación para garantizar que el oxígeno disuelto en la SN sea el adecuado para el cultivo.

Se establecieron 10 pulsos de riego de 15 minutos cada uno empleando un temporizador Excelite para el encendido y apagado de las bombas sumergibles. La circulación de la solución nutritiva dentro del sistema inició en las siguientes horas del día: 2:00 a.m., 6:00 a.m., 8:00 a.m., 10:00 a.m., 12:00 p.m., 2:00 p.m., 4:00 p.m., 5:00 p.m., 9:00 p.m., 11:00 p.m. Se puede observar que hay mayor cantidad de pulsos durante el día que en la noche, puesto que en el día las plantas transpiran más y requieren de mayor consumo de solución nutritiva para evitar estrés hídrico.

## 7.5 Diseño experimental y tratamiento

Las cuatro soluciones nutritivas consideradas como tratamientos son:

SNA: Solución nutritiva propuesta por Howard Resh (Resh, 2002).

SNB: Solución nutritiva comercial.

SNC: Solución nutritiva propuesta por Cooper (Jones, 2005).

SND: Solución nutritiva propuesta por Steiner (Rijck & Schrevens, 1998)

Las SN se mantuvieron con un pH entre 5.8 - 6.0 y una CE entre 2.2 – 2.4 dS/m. Se consideraron 12 plantas de cada especie a usar bajo un tratamiento como unidad experimental para cada sistema hidropónico NFT, distribuidas desde la ubicación superior hasta la ubicación inferior en el siguiente orden: mizuna verde, rúcula, mizuna roja, lechuga verde crespa, cilantro, albahaca morada y espinaca. A continuación, en la Tabla 1, se muestra la composición de nutrientes para los cuatro tratamientos.

**Tabla 1.** Composición de nutrientes para los cuatro tratamientos

SOLUCIONES NUTRITIVAS				
Nutriente	SNA	SNB	SNC	SND
	mmol/L			
NH <sub>4</sub>	1.78	0	0	0
NO <sub>3</sub>	11.7	14.86	14.29	11.98
PO <sub>4</sub>	1.61	2.8	1.94	0.99
K	5.37	5.13	7.67	6.69
Ca	4.99	5.29	4.24	4.61
Mg	1.65	1.64	2.47	2.02
Na	0	0	0	0.02
SO <sub>4</sub>	3.52	1.30	2.37	3.48
Cl	0	0.0093	0	0
Fe	0.089	0.05	0.21	0.024
B	0.046	0.011	0.028	0.04
Cu	0.0016	0.0016	0.0016	0.0002
Zn	0.0015	0.0017	0.0015	0.0017
Mn	0.0091	0.0024	0.0364	0.0112
Mo	0.0008	0.0001	0.0033	0.0005

Una SN se puede considerar como una solución acuosa de iones inorgánicos. La composición química de una solución nutritiva está determinada por las proporciones relativas de cationes, las proporciones relativas de aniones, la concentración iónica total y el pH (Steiner,1961).

## 7.6 Preparación de la solución nutritiva

Las SN se prepararon a partir de los fertilizantes disponibles en el Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Para la preparación de las soluciones se usaron los siguientes fertilizantes: nitrato de calcio, nitrato de magnesio, sulfato de magnesio, fosfato monopotásico, sulfato de potasio, bórax, hierro quelatado (EDTA), cobre quelatado (EDTA), zinc quelatado (EDTA), manganeso quelatado (EDTA) y molibdato de sodio.

Previamente se realizó un análisis del agua disponible en el Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano para determinar los valores nutricionales que esta aporta. Con base en estos resultados, se empleó la hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Luca Incrocci (2012) para el cálculo de la cantidad de sales a utilizar en las SN descritas en la Tabla 2. La relación de dilución de las soluciones madre de nutrientes fue 1:1 (1X) y el volumen del tanque de solución nutritiva correspondiente a 500 litros.

**Tabla 2.** Cantidad de fertilizantes a usar en las soluciones nutritivas con concentradas 1X en 500 litros de agua.

FERTILIZANTES	SOLUCIONES NUTRITIVAS			
	SNA	SNB	SNC	SND
Nitrato de calcio (kg)	0.49	0.52	0.4	0.46
Nitrato de potasio (kg)	0	0.05	0.09	0
Sulfato de magnesio (kg)	0.1	0.1	0.14	0.12
Nitrato de magnesio (kg)	0.1	0.1	0.14	0.12
Fosfato monopotásico (kg)	0.1	0.18	0.12	0.06
Sulfato de potasio (kg)	0.16	0.05	0.14	0.24
Hierro EDTA (g)	18.57	10.09	45.51	4.5
Borax (g)	2.2	0.53	1.33	1.91
Cobre EDTA (g)	0.34	0.33	0.34	0.04
Zinc EDTA (g)	0.33	0.37	0.33	0.37
Manganeso quelatado (g)	1.67	0.43	6.67	2.05
Molibdato de sodio (g)	0.1	0.01	0.4	0.06

### 7.7 Condiciones bajo las cuales se desarrolló el sistema hidropónico

En los sistemas hidropónicos NFT es de vital importancia realizar un seguimiento diario del cultivo para controlar posibles plagas que puedan aparecer y principalmente controlar los parámetros de pH y de CE de la SN; a lo largo de la investigación fue necesario subir el pH con potasa caustica con el fin de mantener este parámetro entre 5.8 y 6.0 para garantizar la disponibilidad de nutrientes puesto que la plantas liberan iones de hidrógeno los cuales acidifican la solución constantemente. Por otro lado, se realizó solamente una vez una recomposición total de 500 litros de solución nutritiva para cada uno de los cuatro sistemas hidropónicos NFT, esta recomposición se hizo cuando la CE de los sistemas registraron valores de 3 dS/m, su finalidad es de garantizar que todos los nutrientes se encuentren en la solución de forma equilibrada.

### 7.8 Trasplante de plántulas

Las plántulas se trasplantaron con la raíz dentro de cubos de espuma poliuretana 3 x 3 cm, y a su vez, las plántulas con su respectiva espuma se depositaron dentro de canastillas plásticas de siembra, las cuales a su vez se ubican dentro de las perforaciones hechas en la tubería de PVC. Antes de realizar el trasplante se removió el sustrato de fibra de coco y turba de las raíces de las plántulas con abundante agua, teniendo cuidado de generar el menor daño posible sobre las raíces. Después del trasplante, se

accionó un pulso de riego con la solución nutritiva con una duración de 1 hora con el fin de facilitar adaptación de las plántulas al medio hidropónico.

### 7.9 Manejo de plagas y enfermedades

Como método de prevención durante el periodo de evaluación de la investigación, se realizó una aplicación semanal con 2 centímetros cúbicos de *Beauveria bassiana* por litro de agua y de 1 centímetro cúbico de *Trichoderma harzianum* por litro de agua para prevenir plagas y enfermedades respectivamente.

### 7.10 Cosecha

La cosecha se evidencia en la Figura 5, se recogió a los 36 días de la siembra de las plántulas en los sistemas hidropónicos NFT. La cosecha se realizó manualmente mediante la extracción de las plantas y la remoción de las espumas, después de lo cual fueron depositadas en canastillas.



**Figura 2.** Cosecha de los sistemas hidropónicos NFT.

### 7.11 Recopilación y análisis estadístico de datos

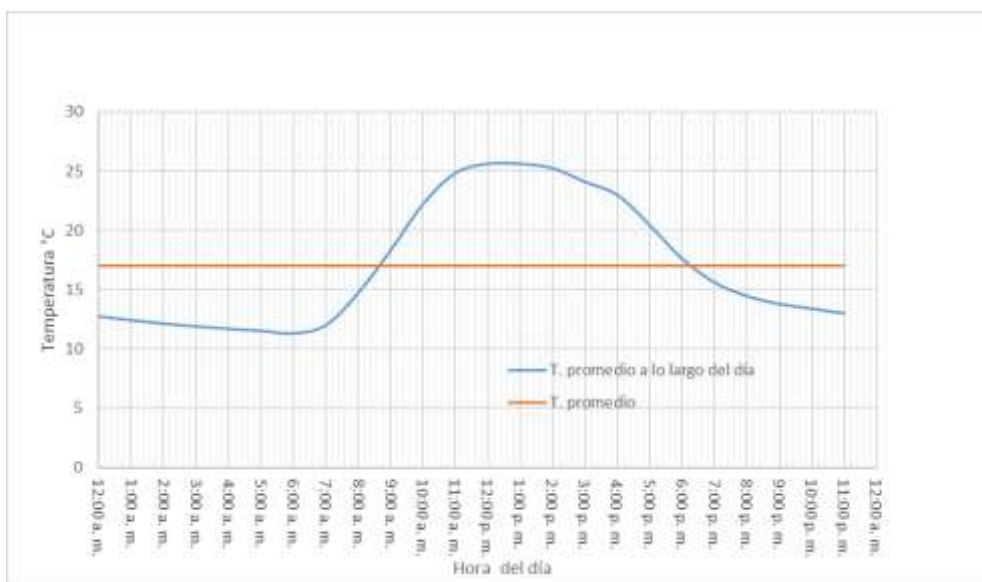
Antes de realizar la cosecha se descartaron aquellas plantas que no crecieron y murieron. La variable que se registró fue el peso fresco de la parte aérea de las plantas al momento de la cosecha, para lo cual se empleó una balanza con un dígito de precisión. Se recogieron datos de cada planta, donde cada planta se consideró como una unidad experimental.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos y se analizaron mediante la realización de un modelo de regresión lineal. Posteriormente, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) sobre los datos obtenidos para la variable de peso fresco de las especies evaluadas en los cuatro tratamientos. El modelo de regresión lineal junto con la ANOVA sobre el modelo permite verificar si el rendimiento o el peso fresco depende linealmente de la SN y de especie.

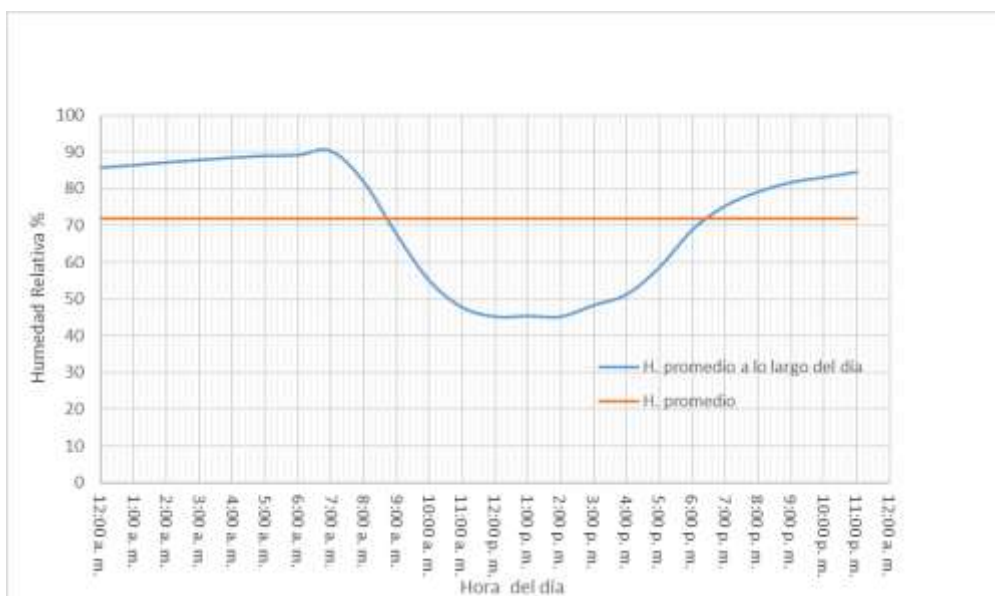
Por último, con la prueba de significación de Tukey al 5% se comparó y se separó la media sin tener en cuenta la especie, de igual forma, se comparó y se separó la media por tratamiento y especie con el fin de encontrar las diferencias significativas que se presenten al evaluar el comportamiento de las SN. Se usó el lenguaje de programación R para realizar los análisis estadísticos mencionados.

## 8. Resultados

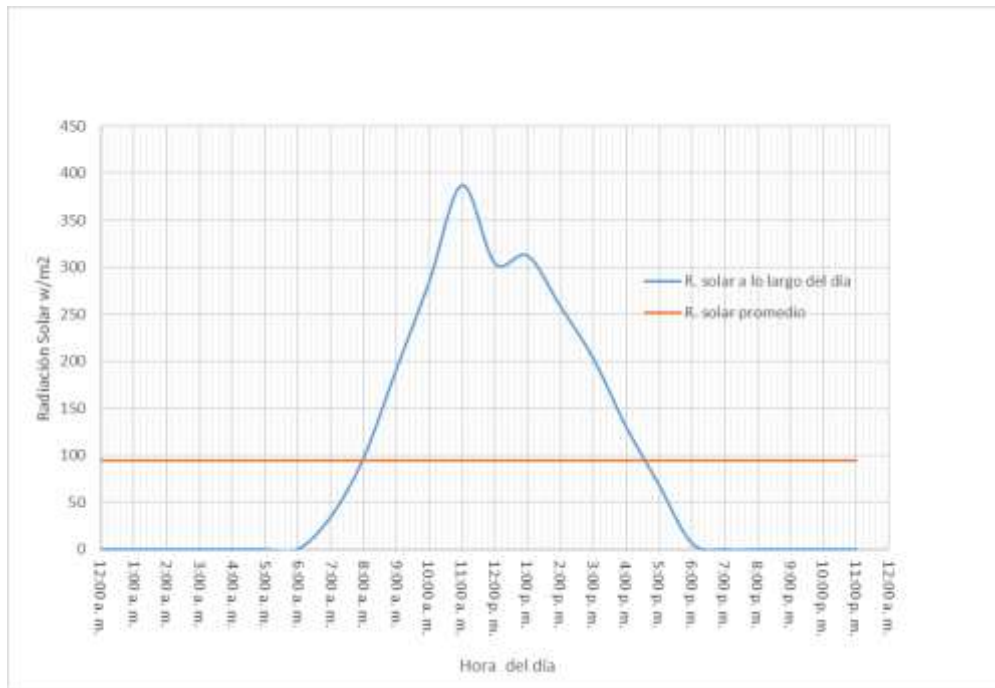
El estudio se realizó bajo condiciones estándar para el desarrollo de las especies evaluadas, la temperatura promedio fue de 17°C, la humedad relativa promedio fue de 71,8 % y la radiación solar promedio fue de 94,8 W/m<sup>2</sup>. Esto se evidencia en las Figuras 3, 4 y 5 respectivamente junto con el comportamiento promedio de estos parámetros en las distintas horas del día.



**Figura 3.** Temperatura promedio y temperatura promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.



**Figura 4.** Humedad promedio y Humedad promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.



**Figura 5.** Radiación solar promedio y Radiación solar promedio a lo largo del día en el invernadero H del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

### 8.1 Peso fresco

Se reporta en la Tabla 3 la descripción de los valores estadísticos en donde se registran los promedios, las medianas y los coeficientes de variación obtenidos para la variable de peso fresco de las especies en las SN evaluadas en la investigación.

**Tabla 3.** Valores estadísticos de las especies vegetales en su respectiva SN.

Tratamiento	Especie	Número de Plantas cosechadas	Media (g)	Mediana (g)	Coef. Var (%)
SNA	Albahaca morada	8	6.88	5	54.11
	Cilantro	12	6.25	5	49.73
	Espinaca	12	5.42	5	26.65
	Lechuga verde crespa	12	108.75	100	23.04
	Mizuna roja	12	61.67	60	22.23
	Mizuna verde	12	122.08	130	34.68
	Rúcula	12	6.67	5	48.85
SNB	Albahaca morada	8	6.25	5	37.03
	Cilantro	12	9.17	5	65.10
	Espinaca	10	5.50	5	28.75
	Lechuga verde crespa	8	30.00	27.5	16.86
	Mizuna roja	12	32.92	35	47.36

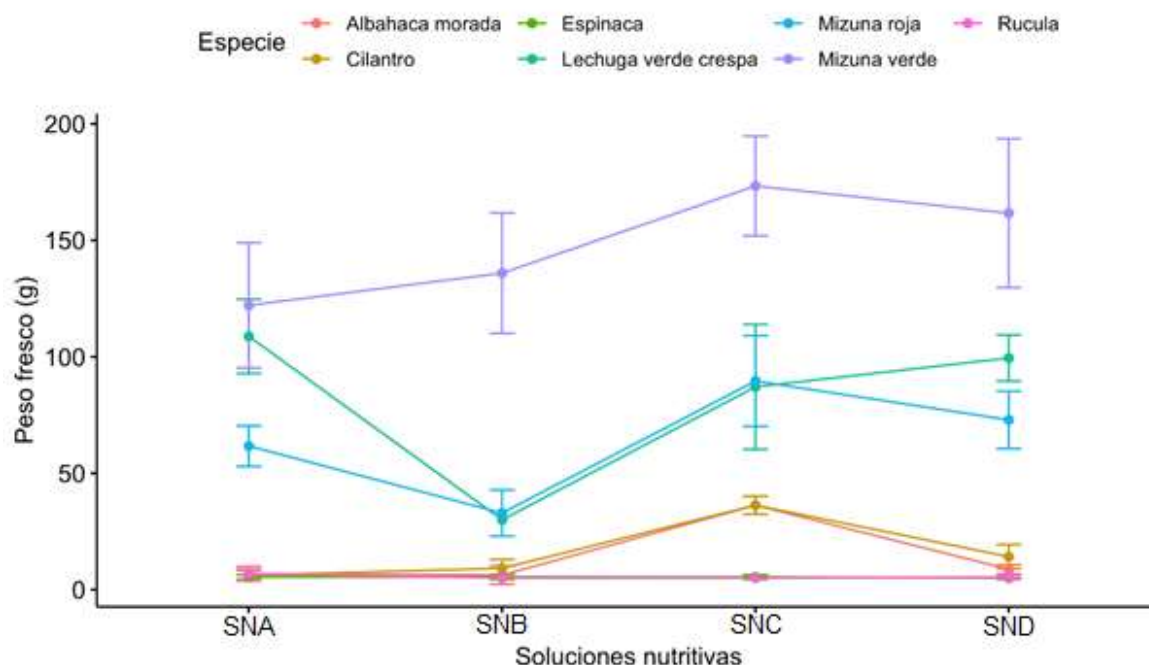


	Mizuna verde	11	135.91	140	28.30
	Rúcula	10	5.00	5	21.08
SNC	Albahaca morada	8	36.25	35	16.76
	Cilantro	12	36.25	35	16.76
	Espinaca	12	5.42	5	26.65
	Lechuga verde crespá	12	87.08	97.5	48.44
	Mizuna roja	12	89.58	85	34.28
	Mizuna verde	12	173.33	180	19.42
	Rúcula	12	5.00	5	12.06
SND	Albahaca morada	12	8.75	10	35.52
	Cilantro	12	14.17	15	57.96
	Espinaca	12	5.00	5	12.06
	Lechuga verde crespá	9	99.44	95	12.93
	Mizuna roja	12	72.92	65	26.55
	Mizuna verde	12	161.67	165	31.11
	Rúcula	12	5.42	5	26.65

La comparación de la media y de la mediana permite describir la distribución de los datos, en los casos en donde la media es mayor que la mediana es porque unas pocas plantas dentro del tratamiento presentaron valores mayores que las demás, como se observa en el caso de la albahaca morada en SNA. Por otro lado, el caso de la mizuna verde evaluada en SNA, unas pocas plantas dentro del tratamiento tuvieron valores inferiores con relación a la mediana.

El coeficiente de variación más bajo fue de 12.06 para la espinaca en SND junto con la rúcula en SNC y el más alto de 65.1 para cilantro en SNB, esto muestra la amplia variación en la respuesta obtenida a los tratamientos. Por lo que se puede afirmar que los datos son heterogéneos para la mayoría de los tratamientos.

Teniendo en cuenta la Figura 6, a pesar de la poca homogeneidad de los resultados obtenidos, se observa que la mizuna verde fue la especie que mayor cantidad de peso fresco registró con una media de 173.33 g en la SNC. Por el contrario, la espinaca en SND junto con la rúcula en la SNB y SNC obtuvieron los menores rendimientos con una media de 5 g. La respuesta a la SN fue diferente dependiendo de la especie, aunque para la mayoría de las especies, la solución nutritiva que mejor funcionó fue la SNC.



**Figura 6.** Efecto de cuatro soluciones nutritivas en el rendimiento de hortalizas de hoja.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de una ANOVA aplicada sobre los coeficientes obtenidos del modelo de regresión lineal, el valor P (Pr) es menor al valor del nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, el rendimiento es influenciado tanto por tratamiento como por la especie.

**Tabla 4.** ANOVA al 5% sobre modelo de regresión lineal.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	Valor de F	Pr (>F)
Tratamiento	3	24168	8056	14.58	$7 \times 10^{-8}$
Especie	6	812862	135344	244.99	$2 \times 10^{-16}$
Residuos	295	162978	552		

## 8.2 Comparación y separación de medias por tratamiento sin tener en cuenta las especies

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la comparación y separación de medias por tratamiento sin tener en cuenta las especies mediante la prueba de Tukey al 5%. Se registraron cuatro rangos de significación estadística. Los tratamientos con mayor diferencia significativa en orden descendente fueron SNC con una media de 61.8 g, SND con una media de 52.3 g, SNA con una media de 45.6 g y SNB con media de 38 g. Por lo anterior se considera que la SNC mostró el mejor rendimiento independientemente de la especie cultivada, evidenciándose una diferencia estadísticamente significativa en comparación a las medias de la SNA, SNB y SND.

**Tabla 5.** Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable de peso fresco

Tratamiento	Media (g)	Error Estándar	Grado de libertad	Límite inferior	Límite superior	Grupo
SNB	38	3.11	295	31.8	44.1	a
SNA	45.6	2.63	295	48.4	58.7	ab
SND	52.3	2.62	295	47.2	57.5	b
SNC	61.8	2.56	295	56.8	66.9	c

### 8.3 Comparación y separación de medias por tratamiento y especie

Finalmente, los resultados de la comparación y separación de medias por SN y especies mediante la prueba de Tukey al 5% se muestran en la Tabla 6. Se registraron 25 rangos de significación estadística. Se observa que los cuatro tratamientos tuvieron las mayores diferencias significativas sobre la mizuna verde, destacando que el mejor resultado para esta fue en la SNC con una media de 160.68 g y no presenta diferencia significativa con respecto a la mizuna verde en la SND.

Por el contrario, el resultado más desfavorable se dio para la espinaca sobre la SNB con una media de -6.64 g, que no presenta diferencias significativas con la rúcula en SNB, y a su vez, estadísticamente se interpreta que la SNB no presentó efecto alguno sobre estas dos especies comparado con el efecto que produjeron las SN sobre las demás especies. Para todas las SN, la mizuna verde, la lechuga verde cressa y la mizuna roja fueron las especies que mayor diferencia significativa reportaron frente a los demás.

**Tabla 6.** Prueba de Tukey al 5% para SN y especie en la variable de peso fresco.

Tratamiento	Especie	Media (g)	Error E.	Grado de L.	Límite inferior	Límite superior	Grupo
SNB	Espinaca*	-6.64	4.39	295	-15.2	2.0	a
SNB	Rúcula *	-6.42	4.39	295	-15.09	2.21	ab
SNA	Espinaca	0.95	4.14	295	-7.19	9.11	acd
SNA	Rúcula	1.172	4.14	295	-6.90	9.33	abce
SNB	Albahaca morada	2.77	4.98	295	-7.02	12.57	abcdef
SNB	Cilantro	4.96	4.2	295	-3.40	13.38	abcdefg
SND	Espinaca	7.75	4.14	295	-0.38	15.83	abcdefghi
SND	Rúcula	7.96	4.14	295	-0.17	16.11	abcdefghi
SNA	Albahaca morada	10.37	4.6	295	1.31	19.42	abcdefh
SNA	Cilantro	12.58	4.1	295	4.58	20.66	abcdefg
SND	Albahaca morada	17.16	4.42	295	8.46	25.07	abcdefghi
SNC	Espinaca	17.25	4.12	295	9.11	25.36	befghi
SNC	Rúcula	17.46	4.12	295	9.34	25.58	dfghi
SND	Cilantro	19.36	4.18	295	11.31	27.45	cdefghi
SNC	Albahaca morada	20.06	4.42	295	17.97	35.35	gi
SNC	Cilantro	23.37	4.09	295	28.83	36.92	hi
SNB	Mizuna roja	52.88	4.26	295	40.40	61.39	j
SNA	Mizuna roja	58.39	4.18	295	52.32	68.48	jk

SND	Mizuna roja	67.19	4.18	295	59.13	75.26	jkl
SNC	Mizuna roja	76.69	4.09	295	68.65	84.73	lm
SNB	Lechuga verde crespa	81.4	3.24	295	71.88	91.71	klm
SNA	Lechuga verde crespa	83	4.52	295	80.89	97.98	lm
SND	Lechuga verde crespa	96.79	4.51	295	86.64	104.95	mn
SNC	Lechuga verde crespa	105.29	4.51	295	96.41	114.17	n
SNB	Mizuna verde	136.79	4.38	295	128.28	145.31	o
SNA	Mizuna verde	144.39	4.12	295	136.28	152.51	o
SND	Mizuna verde	151.19	4.12	295	143.89	159.29	op
SNC	Mizuna verde	160.68	4.18	295	152.6	168.76	p

\*La especie no creció bajo el tratamiento evaluado.

## 9. Discusión

Si bien las SN corresponden a recetas de uso estándar en hidroponía con un conocimiento casi exacto de las concentraciones de los nutrientes ofertados, en el presente estudio los resultados plantean un problema que va más allá de la evaluación de una solución frente a una sola especie. Al haberse propuesto la siembra de siete variedades distintas, cada una con tasas de absorción de nutrientes específicas, se generan concentraciones fluctuantes de nutrientes en la SN, al que las plantas sembradas tendrán que adaptarse con el fin de completar su desarrollo.

Aun así, los resultados de la evaluación permitieron identificar tratamientos, es decir SN, que mostraron el mejor rendimiento independientemente de la especie cultivada, como es el caso de la SNC. Por lo anterior se considera que las características nutricionales ofertadas por esta solución son compatibles al menos de manera parcial con las necesidades nutricionales de la mayoría de las especies incluidas en el trabajo de investigación.

En la evaluación conjunta de las medias por especie y tratamiento podemos observar que el resultado con mayor significancia estadística corresponde al combinado de la mizuna verde en la SNC. Además, en este mismo apartado se evidencia (ver Tabla 7) que la mizuna verde, lechuga crespa verde y mizuna morada se encuentran agrupadas en los grupos de mayor significancia estadística, lo que permite inferir que las características intrínsecas de ellas les permiten adaptarse con mayor facilidad a la SN a la que se vean sometidas.

Lo opuesto ocurre para especies como la albahaca, cilantro, espinaca y rúcula, pues se considera que las necesidades nutricionales de estas especies son altamente específicas y que por ende no pueden cumplir su desarrollo satisfactorio mediante el uso de una sola SN, por lo que se considera que las condiciones a la que fueron sometidas en el estudio no lograron satisfacer sus demandas y por lo tanto no se pudo lograr su adecuado desarrollo, explicando así el bajo rendimiento presentado. Otra de las hipótesis sobre el bajo rendimiento de estas especies fue que, durante el proceso de remoción del sustrato de germinación, se generó algún grado de trauma físico, que repercutió sobre el aparato radicular, generando daños irreversibles sobre este. Esto altera la capacidad de la planta para absorber

agua y nutrientes, en el contexto de un sistema que es altamente sensible al estrés hídrico (Resh, 2013). Lo anterior sumado al estrés propio del trasplante, generó lesiones en etapas tempranas del desarrollo de la planta, que por su efecto acumulativo tuvieron repercusión en el desarrollo general de esta, afectando los rendimientos como se observa en los resultados presentados en el documento. Por lo anterior se sugiere que la germinación de las semillas para hidroponía se haga directamente en sustratos inertes tipo espuma fenólica, espuma agroquímica, lana de roca, u otros similares para que al momento del trasplante no se generen lesiones.

Garzón (2006) evaluó la producción de 3 variedades de lechuga bajo dos SN diferentes a los 36 días de siembra. Reporta que el rendimiento, medido a través del peso fresco varió desde los 52 g hasta los 167 g. En cuanto a la lechuga verde crespa los rendimientos obtenidos varían desde los 30 g hasta los 108.75 g, haciendo énfasis del rendimiento del SNC de 87.08 g, resultado que se encuentra dentro del rango de rendimiento reportado por el autor.

Daryadar et al, (2020) evaluó la influencia de la densidad de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de la mizuna roja en un sistema hidropónico al aire libre en sustrato; estudio que fue llevado en 36 días. Se evidenció que el mayor rendimiento fue obtenido a una densidad de 90 plantas/m<sup>2</sup> con una media de 78.7 g. En comparación con la media de 89.58 g obtenida por la mizuna roja en la SNC, hubo un rendimiento superior en el presente trabajo. Dejando de lado las variaciones climáticas y técnicas, se propone que esta especie es apta para la siembra en cultivos NFT.

Pecjak (2019) estudió el cultivo de hortalizas de hoja asiática en sistemas hidropónicos NFT. Dentro sus resultados describen que en general el rendimiento de la mizuna verde hidropónica fue el más alto de todas las especies evaluadas con una media de peso fresco de 194 g. Si bien, los rendimientos obtenidos en el presente trabajo fueron inferiores (173.33 g en SNC); estos son cercanos a los reportados por este autor, rendimientos que pueden ser mejorados con futuros arreglos a la SNC.

Con estos resultados como base, se considera que el próximo paso es la evaluación de nuevas especies de vegetales de hoja, en conjunto con la mizuna verde, lechuga crespa verde y mizuna roja, esperando que cumplan con la característica de adaptabilidad nutricional o que por otro lado tengan requerimientos nutricionales similares a las especies ya mencionadas. Se proponen como primeros objetos de estudio todas las hortalizas asiáticas, pertenecientes al género *Brassica*, especie *Rapa* dentro de las que encontramos la mostaza roja gigante, el bok choy, tat soi, col china, entre otras; todas disponibles en el semillero del Centro de Bio-Sistemas que, por compartir un mismo origen filogenético, se presume tendrán características nutricionales similares a la mizuna y por ende podrán crecer en conjunto con las lechugas. Todo esto con el fin de aumentar la variedad de especies ofertadas al productor urbano. Esto implica que será necesaria la realización de nuevos montajes para evaluar la inclusión de otras especies.

En síntesis, la SN que presentó los mejores resultados fue la SNC, resultados que se atribuyen a las elevadas concentraciones de micronutrientes, que según Kyrkby & Romheld (2007) incrementan en forma apreciable la productividad del cultivo atribuido principalmente a un uso más eficiente de los macronutrientes.

En la SNC hubo una mayor concentración de hierro superior en un 135%, 320% y 775% en comparación a la SNA, SNB y SND respectivamente, por lo que se cree que la concentración de hierro en la SN juega un papel importante. El hierro está involucrado en la actividad fotosintética de

las plantas y, en consecuencia, en su productividad (Briat et al. 2007). La disponibilidad de hierro afecta la distribución natural de las especies y puede limitar el crecimiento de plantas de rápido crecimiento (Chen y Barak, 1982). De igual forma, la SNC tiene una mayor concentración de manganeso superior en un 300%, 1416% y 225% respecto a SNA, SNB y SND respectivamente, por lo que la concentración de manganeso en la SN juega un papel importante ya que este interviene en la síntesis de hormonas, proteínas y aceites, en la asimilación de nitrógeno, y participa en la disociación fotosintética del agua (Broadley et al., 2012).

Otro micronutriente a tener en cuenta que puede llegar a explicar el rendimiento superior por parte de la SNC respecto a los demás tratamientos es el molibdeno, su concentración es superior en un 312.5%, 3200% y 560% a la SNA, SNB y SND, respectivamente. Según Hewitt (1954) los bajos rendimientos se pueden explicar por un déficit de absorción del micronutriente en mención dado que las plantas deficientes en molibdeno pueden llegar a tener crecimiento restringido.

## **10. Conclusiones**

El rendimiento depende tanto del tratamiento como de la especie. Se encontraron variaciones con respecto al peso fresco de cada especie en cada uno de los tratamientos evaluados, evidenciándose que la SNC ( $\text{NH}_3$ :14.29,  $\text{PO}_4$ :1.94, K:7.67, Ca:4.24, Mg:2.47,  $\text{SO}_4$ :2.37, Fe:0.21, B:0.028, Cu:0.0016, Zn:0.0015, Mn:0.0364, Mo:0.0033 mmol/L) tuvo el mayor efecto sobre el rendimiento independientemente de la especie evaluada.

Aunque en todas las SN se evidenció un crecimiento de todas las plantas, con ninguna de ellas se obtuvieron rendimientos óptimos en forma simultánea de la totalidad de las especies propuestas, sin embargo, con los resultados obtenidos en el presente trabajo se identificaron que las especies que se pueden cultivar simultáneamente con rendimientos similares reportados por Garzón (2006), Daryadar et al, (2020) y Pecjak (2019) en sistemas hidropónicos NFT son la mizuna verde, la mizuna roja y lechuga verde crespa.

## **11. Bibliografía**

Antkowiak, R.I. (1993). More oxygen for your NFT. *The Growing Edge* 4(3):59–63.

Borgi L, Muraki I, Satija A, Willett WC, Rimm EB, Forman JP. (2016). Fruit and Vegetable Consumption and the Incidence of Hypertension in Three Prospective Cohort Studies. *Hypertension*. Feb;67(2):288-93.

Briat JF and Curie C, Gaymard F. (2007). Iron utilization and metabolism in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 10: 276-282.

Broadley, M., P. Brown, I. Cakmak, Z. Rengel y F. Zhao. (2012). Capítulo 7: Function of nutrients: Micronutrients. pp. 191-243. En: Marschner, P. (ed.). *Marschner's mineral plant nutrition of higher plants*. 3a ed. Elsevier, Londres.

Brondani, J. E., Comim, F. V., Flores, L. M., Martini, L. A., & Premaor, M. O. (2019). Fruit and vegetable intake and bones: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 14(5), e0217223. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217223>

Carrasco, G & Izquierdo, J. (1996). LA EMPRESA HIDROPÓNICA DE MEDIANA ESCALA LA TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE ("NFT"). (pp. 14-40). Talca. Editorial Universidad de Talca.

Chen Y and Barak P. (1982). Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron.*, 35: 217-240.

Daryadar, M. Mairapetyan, S. Alexanyan, J. Tadevosyan, A. Stepanyan, B & Tovmasyan, A. (2020). crecimiento y rendimiento de la hortaliza Mizuna roja (*brassica juncea var. rosal japonés*) en hidroponía al aire libre. *GS Davtyan Institute of Hydroponics Problems*.

FAO. (1999). LA AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA. COMITÉ DE AGRICULTURA. Roma, Sala Roja.

FAO. (2021). FAO busca ampliar conciencia de los beneficios del consumo de frutas y verduras. FAO.

Garzón, S. (2006). Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Zamorano. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

Hewitt, E.J. Bolle, E & Miles, P. (1954). The production of copper, zinc and molybdenum deficiencies in crop plants grown in sand culture with special reference to some effects of water supply and seed reserves. *Plant and Soil* 5, 205-222.

Hung, H.-C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Willett, W. C. (2004). Fruit and Vegetable Intake and Risk of Major Chronic Disease. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*,

Incrocci L., Massa D., Pardossi A., Bacci L., Battista P., Rapi B., Romani M., (2012). A decision support system to optimise fertigation management in greenhouse crops. *Acta Horticulturae* 927, 115-122

Jones, B. (2005). *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower* (pp. 71-186). Boca Raton. CRC Press.

Kyrkby, E., & Romheld, V. (2007). Micronutrientes en la fisiología de las plantas; funciones, absorción y movilidad. Obtenido de unne: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>

Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A. (2006). Fruit and vegetable consumption and incidence of gastric cancer: a prospective study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*.

- Mohammed, S. (2018). *Tomorrow's Agriculture*. Princes Town, Trinidad and Tobago. Springer
- OECD/World Health Organization. (2018). "Mortality from all causes", in *Health at a Glance: Asia/Pacific 2018: Measuring Progress towards Universal Health Coverage*. OECD Publishing, Paris.
- Pesjak, E. (2019). *Cultivo de verduras asiáticas de hoja en sistema hidropónico*. Universidad de Ljubljana, Facultad de Biotecnología, Departamento de Agronomía.
- Resh, H. (1997). *Producción de alimentos hidropónicos*. 5ª edición. California, Woodbridge Press Editorial: 507 páginas
- Resh, H. (2002). *HYDROPONIC FOOD PRODUCTION*. (pp. 41-227). Santa Barbara. Woodbridge Press Publishing Company.
- Resh, H. (2013). *Hydroponic Food Production (A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower, Seventh Edition)*. Taylor & Francis Group.
- Rijck & E. Schrevens (1998) Comparison of the mineral composition of twelve standard nutrient solutions, *Journal of Plant Nutrition*,
- Rodríguez, A., & Fernández, E. (2004). *Manual Práctico de Hidroponía*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Saavedra. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Boletín INIA / N° 09. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. San Tiago, Chile. 150p.
- Schrevens, E. (1988). *Design and Analysis of Mixture Systems: Application in Hydroponic. Plant Nutritional Research*. Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit, Leuven, Belgium.
- Sonneveld, C & Voogt, W. (2009). *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Springer Science+Business Media. London
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. (pp. 134-154). *Plant Soil*.
- Wang X, Ouyang Y, Liu J, Zhu M, Zhao G, Bao W, Hu FB. (2014). Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*.
- Winterborne, J. (2005). *Hidroponics: Indoor Horticulture*. Pukka press ltd.