



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Contenido de nitratos en lechuga, escarola y frutos de chile zacapaleño en condiciones de invernadero

Tesis para obtener el grado de

Licenciado en Biología

PRESENTA

Christian Jossue López Rodríguez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Rolando Rueda Luna

CO DIRECTORA DE TESIS

Mtra. Miriam Romero Hernández



Puebla, Pue

Octubre 2024

La presente tesis titulada “**Contenido de nitratos en lechuga, escarola y frutos de chile Zacapaleño en condiciones de invernadero**” realizado por Christian Jossue López Rodríguez bajo la dirección del comité asesor, ha sido revisado y aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Facultad de Ciencias Biológicas

Consejo integrado por:

Dr. Rolando Rueda Luna Director de tesis

Mtra. Miriam Romero Hernández Codirectora de tesis

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi recorrido académico, he tenido el privilegio de contar con el valioso apoyo de diversas personas que han dejado una marca imborrable en mi formación profesional como biólogo. En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a los distinguidos profesores del Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas, especialmente a mi director y codirectora de tesis, Rolando Rueda Luna y Miriam Romero Hernández. Su orientación, consejos, regaños y sobre todo su dedicación fueron elementos cruciales para la realización de este significativo proyecto en mi trayectoria académica.

Asimismo, deseo reconocer el invaluable apoyo brindado por mis profesores de laboratorio, Cesar Calderón Fabián (q.e.p.d) y Abel Cruz Montalvo. Sus consejos y enseñanzas han enriquecido notablemente este trabajo de investigación, proporcionándome las herramientas y el conocimiento necesarios para su desarrollo.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi profunda gratitud a todas las personas que, de una manera u otra, contribuyeron al avance y culminación de este proyecto. Entre ellos, quiero destacar a Georgina, Pablo y Jorge, estoy sinceramente agradecido por su apoyo incondicional, consejos y confianza.

DEDICATORIA

En esta travesía académica y personal, he enfrentado desafíos que van más allá de lo meramente académico me di cuenta de que soy mitad inquebrantable, mitad roto, un humano demasiado humano.

En los momentos en que la sombra de la depresión oscurecía mi camino, encontré fortaleza en aquellos que, sin prejuicios, me acompañaron en los profundos laberintos del conocimiento y la introspección. A ellos, les expreso mi más sincero agradecimiento por ser mi faro en las épocas más oscuras. Especialmente a mi familia y a mi pareja sentimental, Carmen, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el fundamento sobre el cual sigo de pie.

Pero también, esta tesis está dedicada a mí mismo, por mantenerme firme y perseverar a pesar de las tormentas internas. Porque, a pesar de todo, aquí estoy, erguido, capturando la esencia de lo que significa persistir y encontrar propósito incluso en los momentos más desafiantes; esta tesis representa la clara evidencia palpable de ello.

"Lo que no me mata, me fortalece." - Friedrich Nietzsche

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Origen y distribución de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.	4
2.2 Fenología de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.....	4
2.3 Importancia nutricional de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.).....	5
2.4 Requerimientos eco fisiológicos de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.....	6
2.5 Índice de Madurez y contenido de sólidos solubles totales (°Brix).....	6
2.6 Cracking y deformaciones en los chiles zacapaleños.....	7
2.7 Nitratos en plantas.	7
2.8 Regulaciones sobre Nitratos en Alimentos en México.....	7
2.9 Límites permitidos de nitratos en alimentos en otros países.	8
2.10 Concentración de nitratos en lechuga y escarola.....	8
2.11 Concentración de nitratos en chile zacapaleño.....	10
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. HIPÓTESIS	12
5. OBJETIVOS	13
6.MATERIALES Y MÉTODOS	14
7.RESULTADOS.....	19
8. DISCUSIÓN	57
9. CONCLUSIONES.....	61
10. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	62
11. ANEXO I.....	68
12.ANEXO II.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 28 ddt.	20
Tabla 2 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 42 ddt.	20
Tabla 3 Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de lechuga.	21
Tabla 4 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 28 ddt.	23
Tabla 5 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 42 ddt.	24
Tabla 6 Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de escarola.	24
Tabla 7 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 31 ddt.	26
Tabla 8 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 42 ddt.	27
Tabla 9 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 70 ddt.	28
Tabla 10 Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de lechuga.	29
Tabla 11 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 31 ddt.	31
Tabla 12 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 42 ddt.	32
Tabla 13 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 70 ddt.	33
Tabla 14 Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de escarola.	34
Tabla 15 Media \pm Error estándar y significancia para la producción total de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 70 ddt.	37
Tabla 16 Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 70 ddt.	38
Tabla 17 Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 70 ddt.	39
Tabla 18 Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 70 ddt.	40

Tabla 19 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 70 ddt.	41
Tabla 20 Media \pm Error estándar y significancia para la producción total de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 92 ddt.	44
Tabla 21 Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 92 ddt.	45
Tabla 22 Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 92 ddt.	46
Tabla 23 Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 92 ddt.	47
Tabla 24 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 92 ddt.	48
Tabla 25 Media \pm Error estándar y significancia para la producción total de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 142 ddt.	51
Tabla 26 Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 142 ddt.	52
Tabla 27 Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 142 ddt.	53
Tabla 28 Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 142 ddt.	54
Tabla 29 Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 142 ddt.	55
Tabla 30 Media \pm Error estándar y significancia nitratos del experimento 3 a los 142 ddt.	56

RESUMEN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la escarola (*Cichorium endivia* L.) son vegetales de hoja verde ampliamente cultivados y consumidos por su alto contenido nutricional y versatilidad en la gastronomía. El chile zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.), una variedad regional en el estado de Puebla apreciada por su sabor y características distintivas, es cultivado principalmente a campo abierto con distintos tipos de adaptación agroecológica. Este estudio se centró en evaluar el contenido de nitratos en hortalizas de hoja y en frutos de chile zacapaleño, utilizando dos soluciones nutritivas: S1 (NO_3^- : 10, H_2PO_4^- : 1.15, SO_4^- : 3.75, HCO_3^- : 0.5, K^+ : 8.0, Ca^{2+} : 4.25, Mg^{2+} : 2.0) y S2 (NO_3^- : 13.75). Los cultivos se realizaron en un sustrato inorgánico con tezontle y dos volúmenes de agua, en un invernadero tipo túnel con cubierta plástica blanco lechoso, en ciclo primavera-verano y otoño-invierno. el diseño experimental fue un arreglo factorial 2 x 2 completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluaron parámetros de biomasa en los órganos de las plantas y se determinó el contenido de nitratos en hojas de lechuga y escarola y en frutos de chile zacapaleño. Las plantas tratadas con la solución S1 presentaron un mayor peso y en ambas soluciones nutritivas presentan niveles elevados de nitratos, alcanzando más de 18,000 ppm en lechuga y escarola. Por otro lado, la solución S2 obtuvo una mayor producción de frutos en chile zacapaleño, con una acumulación significativamente menor de nitratos, registrando alrededor de 1,400 ppm. No se observaron diferencias significativas en la concentración de °Brix, índice de madurez, pH, ni en el peso seco y fresco de la hoja, raíz y tallo entre los tratamientos.

Palabras clave: hidroponía, nitratos, biomasa, invernadero.

1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola desempeña un papel fundamental en la alimentación y el bienestar de la población mundial. En un contexto de creciente demanda de alimentos saludables y nutritivos, es crucial desarrollar estrategias eficientes para garantizar la disponibilidad de cultivos hortícolas de alta calidad (Hernández-García, 2020,). La lechuga y la escarola son ejemplos destacados de especies vegetales ampliamente cultivadas, gracias a su valor nutricional, versatilidad culinaria y aceptación en el mercado. Estas especies, son ricas en vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos que aportan beneficios significativos para la salud humana (Gómez-Galera *et al.*, 2018).

La utilización de soluciones nutritivas se ha convertido en una práctica común en la agricultura protegida, ya que permite controlar de manera precisa el suministro de nutrientes a las plantas, maximizando su absorción y utilización eficiente (González-Zavala, 2022). En el caso específico de los cultivos de lechuga, escarola y chile zacapaleño, el conocimiento de los niveles de nutrientes recomendados es fundamental para lograr un adecuado balance nutrimental y evitar deficiencias o excesos que puedan afectar el desarrollo y la productividad de las plantas (Ramos- Soto *et al.*, 2020). Los niveles de macronutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, varían en función de los requerimientos específicos de cada cultivo y pueden estar sujetos a regulaciones y normativas en distintos países (López-Medina, 2021).

La producción de lechuga en el estado de Puebla experimentó un notable aumento del 15.9%, alcanzando las 65,898 toneladas en 2021 en comparación con las 56,700 toneladas de 2020, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). La escarola también aumentó su producción, llegando a 3,184 toneladas. En el caso del cultivo de chile zacapaleño tuvo un aumento del 10.2%.

Estas cifras resaltan la importancia y el potencial del cultivo de lechuga en el país, así como su impacto en el mercado nacional e internacional. Además, las exportaciones de lechuga han mostrado un incremento significativo, evidenciando la calidad y competitividad del producto mexicano en el ámbito global. En el caso de la escarola, España ha sido uno de los principales productores y exportadores de esta verdura, con Francia como uno de los mercados más activos para estas exportaciones (Perea *et al.*, 2010).

En México no existen regulaciones específicas que establezcan límites máximos de nitratos en hortalizas, a diferencia de otras normativas nacionales como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Aunque la OMS aconseja no superar a 2500 ppm de nitratos en estos alimentos, la falta de una normativa nacional específica en México puede generar un vacío regulatorio. Esta irregularidad alimentaria resalta la necesidad de considerar estándares internacionales para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos agrícolas destinados tanto al mercado nacional como internacional.

Por ello la necesidad en investigar el cultivo de lechuga, escarola y chile zacapaleño en condiciones de invernadero, con un enfoque específico en la evaluación del contenido de nitratos y su valoración agronómica.

2. ANTECEDENTES

2.1 Origen y distribución de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es un cultivo ampliamente consumido en todo el mundo, con raíces en las regiones del Mediterráneo (Serrano, 2020). Su historia se remonta a tiempos antiguos, habiéndose adaptado y diversificado en climas variados y preferencias culinarias. En Europa, se documenta su presencia desde hace siglos, mientras que los colonizadores europeos la introdujeron en América en el siglo XVI. En la actualidad, la lechuga es un alimento básico en muchas dietas debido a su versatilidad y valor nutricional (Carrasco-Silva *et al.*, 2003).

La escarola (*Chicorium endivia* L.) es una planta herbácea originaria de la región mediterránea (Maroto, 2000), y se ha adaptado a diferentes lugares y actualmente se cultiva sobre todo en Asia, siendo los principales países productores China, Estados Unidos y España (Bremer, 1994). La escarola se distingue por su valor nutricional, propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y su potencial como alimento funcional (Maroto., 2000).

El chile zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.) es una variedad de chile originaria de la región de Zacapala, Puebla, conocida por su sabor característico y nivel de picor (Arteaga-Moreno *et al*, 2016). A lo largo de los años, ha despertado interés tanto en la agricultura como en la gastronomía debido a su potencial agronómico y culinario. Se ha demostrado que el chile Zacapaleño contiene un alto contenido de compuestos bioactivos, como la capsaicina y antioxidantes, lo que le confiere propiedades nutricionales y beneficios para la salud. Su uso en la cocina, tanto tradicional como contemporánea, añade sabores intensos y picantes a una variedad de platos (Aguirre-Hernández.,2015).

2.2 Fenología de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.

Las tres especies tienen ciclos de crecimiento distintos, lo que requiere una adaptación precisa en las prácticas de manejo agronómico.

La lechuga completa su ciclo en aproximadamente 8 a 12 semanas, que se dividen en tres etapas: vegetativa, formación de la cabeza y producción (Fischer, 2014). La etapa vegetativa es seguida por el desarrollo de la cabeza, que culmina en la producción de

hojas de lechuga listas para la cosecha.

La escarola, por otro lado, tiene un ciclo de crecimiento que oscila entre 12 y 16 semanas, también dividido en tres etapas: vegetativa, reproductiva y producción. Al igual que la lechuga, requiere condiciones óptimas para un desarrollo saludable (Aguilar-Martínez *et al.*, 2011).

En contraste, el chile zacapaleño presenta un ciclo fenológico más prolongado, que puede durar entre 17 y 27 meses (Gómez-Coronado., 2018). Sus etapas incluyen, la fase vegetativa, reproductiva y de producción. Cada especie tiene requerimientos específicos durante su ciclo, lo que hace necesario adaptar las prácticas de manejo agronómico para optimizar su rendimiento y calidad (González-Zamora *et al.*, 2019).

2.3 Importancia nutricional de la lechuga, escarola y chile zacapaleño.

La escarola es rica en vitaminas A y C, y también aporta vitaminas del complejo B, hierro y fósforo (Fischer, 2014). Estos nutrientes son esenciales para el funcionamiento adecuado del organismo y el fortalecimiento del sistema inmunológico. Además, la escarola es conocida por su contenido de fibra, lo que le confiere propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas (Herrera- Hernández *et al.*, 2022).

La lechuga es una fuente importante de vitaminas A y C, así como de otras vitaminas del complejo B. También aporta minerales como hierro y fósforo, y es conocida por su alto contenido de agua, lo que contribuye a la hidratación del organismo y a la regulación del tránsito intestinal (Ayala, 2021).

En cuanto al chile Zacapaleño, este fruto destaca por su contenido nutricional, siendo rico en vitaminas A y C, así como en minerales como el hierro y el fósforo (Martínez-Murulanda, 2015). Su contenido de fibra también le confiere propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Estos cultivos gozan de una demanda constante en el mercado nacional debido a sus beneficios nutricionales y su versatilidad culinaria. Además, contribuyen al desarrollo económico y a la generación de empleo en el sector agrícola de México (Albright, 2018).

2.4 Requerimientos eco fisiológicos de la lechuga, escarola y chile zacapaleño. Cada una de estas especies presenta necesidades específicas para lograr un crecimiento y desarrollo óptimos, así como una producción satisfactoria (Ávila- Andrade., 2017). Tanto la lechuga como la escarola son hortalizas de hoja verde que prefieren días cortos. La lechuga se desarrolla mejor a temperaturas moderadas entre 15°C y 25°C, con alta humedad y riego equilibrado. Por su parte, la escarola también prefiere días cortos y temperaturas moderadas, pero necesita humedad moderada, el exceso de agua perjudica a ambas especies. En general son sensibles a la disponibilidad de nitrógeno, pero la lechuga requiere también fósforo, potasio, calcio y magnesio (Benincasa, 2017). El chile zacapaleño, en cambio, muestra una preferencia por abundante luz solar y temperaturas más cálidas, entre 20°C y 30°C, características diferentes a las hortalizas de hoja estudiadas (Domene-Ruiz *et al.*, 2014). También, necesita una humedad relativa moderada para evitar enfermedades fúngicas y problemas de raíces, los nutrientes esenciales incluyen un adecuado suministro de fósforo y potasio para lograr una buena producción de frutos (Domene-Ruiz *et al.*, 2014).

2.5 Índice de Madurez y contenido de sólidos solubles totales (°Brix).

El índice de madurez es crucial para determinar cuándo es el mejor momento para cosechar los frutos de chile zacapaleño. Este índice está relacionado con el contenido de sólidos solubles totales (SST) en los frutos (Blanco y Carvajal, 2013).

Los °Brix se utilizan para determinar la cantidad de SST presentes en una muestra, incluyendo azúcares, ácidos, sales y otros compuestos solubles en agua dentro de las células de un fruto. Los valores de °Brix son de gran importancia para evaluar el grado de madurez de un fruto y su calidad (Blanco y Carvajal, 2013). En el caso de los chiles, se ha observado una variación en el contenido de sólidos solubles que oscila entre 11 y 15 °Brix en chiles cultivados tanto en invernadero como en campo (Mora *et al.*, 2006).

Con la acidez de los frutos y los °Brix se calcula el índice de madurez (IM) de los frutos, además aporta información adicional sobre el sabor, la calidad organoléptica, la consistencia y la textura de los propios chiles (Mora *et al.*, 2006).

2.6 Cracking y deformaciones en los chiles zacapaleños.

En frutos de chile zacapaleño es común que se presente el cracking y deformaciones en sus frutos, que podrían ser influenciados por factores como la humedad, la temperatura y las prácticas de manejo del cultivo. El cracking, manifestado por grietas en la superficie del fruto, generalmente resulta de aportes irregulares de agua o niveles elevados de humedad relativa en frutos maduros. Este fenómeno provoca la ruptura de la epidermis debido a la hinchazón del mesocarpio (Rueda *et al.*, 2016).

2.7 Nitratos en plantas.

Los nitratos son compuestos químicos que juegan un papel esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos compuestos son fundamentales en la síntesis de proteínas y otros componentes vitales. Las plantas toman nitratos del suelo a través de sus raíces y los incorporan en sus tejidos (Smith, 2000).

La concentración de nitratos en las plantas está influenciada por varios factores, incluyendo la disponibilidad de nitratos en el suelo, tales como las prácticas de fertilización y las condiciones ambientales. Los suelos enriquecidos con nitratos y el uso de fertilizantes nitrogenados pueden aumentar la concentración de nitratos en las plantas. Además, existen factores como la temperatura, la humedad y la luz solar que también afectan la absorción de nitratos por parte de las plantas. Estos elementos contribuyen a la compleja dinámica de la concentración de nitratos en los cultivos (Crawford, 1995).

2.8 Regulaciones sobre Nitratos en Alimentos en México.

La concentración de nitratos en alimentos puede estar sujeta a regulaciones específicas en diferentes países o regiones. En el caso de México, no existe una regulación específica que establezca límites máximos de residuos de nitratos en hortalizas (Campos, 2021). Sin embargo, la Secretaría de Salud de México (SSA) ha publicado una guía de buenas prácticas agrícolas para la producción de hortalizas, donde solo se limita a disminuir la aplicación de fertilizantes nitrogenados para evitar la posible acumulación de nitratos en los cultivos (SSA, 2021).

2.9 Límites permitidos de nitratos en alimentos en otros países.

Los límites permitidos de nitratos en alimentos varían de un país a otro. En general, los límites son más estrictos para los alimentos que se consumen crudos, como las verduras de hoja verde.

En Europa, los límites máximos de nitratos en alimentos están regulados por la Unión Europea, donde los límites para las verduras de hoja verde varían entre 2500 ppm y 4000 ppm en hortalizas crecidas en invernadero (Hernández *et al.*, 2018).

En Chile y Argentina, el Instituto de Salud Pública (ISP) y el Ministerio de Salud de la Nación respectivamente, regulan los límites máximos de nitratos en alimentos, especialmente en verduras de hoja verde como la lechuga. Ambos países establecen límites estrictos para garantizar la seguridad alimentaria, fijando un límite de 1500 ppm para lechuga y otras verduras consumidas crudas.

Según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos, los límites máximos de nitratos en, verduras de hoja verde es de 1200 ppm, sin especificar si se trata de cultivos en invernadero o en campo (FDA, 2021).

En Australia, la Autoridad Australiana de Seguridad Alimentaria (FSANZ) regula los límites máximos de nitratos en alimentos. En Nueva Zelanda, Canadá y China, estas regulaciones son responsabilidad de sus respectivas autoridades alimentarias (NZFSA, CFIA y CFSA, respectivamente). Todos estos países comparten un límite de 1000 ppm para la concentración de nitratos en la lechuga (González M, 2022).

2.10 Concentración de nitratos en lechuga y escarola.

Un estudio publicado en el *Journal of Food Science* en 2022 evaluó los niveles de nitratos y nitrosaminas en lechuga y escarola cultivadas en México bajo condiciones de primavera-verano en un invernadero con temperatura controlada y alta humedad relativa. En este estudio, ambas hortalizas mostraron niveles de nitratos similares, con un valor medio de 1.000 ppm. Sin embargo, los niveles de nitrosaminas fueron significativamente más altos en la escarola que en la lechuga, con una media de 1.400 ppm (Hernández, 2022).

En contraste, las lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos bajo condiciones similares, pero con una mayor exposición a la luz solar, presentaron niveles de nitratos que variaron entre 600 y 1.200 ppm, según un estudio realizado por Mendoza et al. (2016).

Según Carrasco y colaboradores (2006), los niveles de nitratos en la escarola cultivada en invernaderos con sistemas hidropónicos NTF en México varían entre 1,300 y 3,800 ppm, superando el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2,000 ppm (Campos, 2021).

Luna-Guevara, (2019) sugieren que estos altos niveles de nitratos en la escarola se deben a el uso de fertilizantes nitrogenados, riego y temperatura en los invernaderos. Los fertilizantes nitrogenados, comúnmente usados para aumentar el rendimiento, son una fuente principal de nitratos. El riego inadecuado puede acumular nitratos en el suelo, y las temperaturas más altas favorecen su absorción por las plantas (Álvarez-Jackson, 2000).

En el estudio de Lara-Izaguirre y colaboradores (2019) publicado en la Revista Fitotecnia Mexicana, observaron que, al usar una solución nutritiva con menos nitrógeno, basada en la solución de Steiner (1984), los niveles de nitratos en la escarola cultivada en invernaderos disminuyeron significativamente. La solución estándar contenía 12 meq L⁻¹ de NO₃⁻, 7 meq L⁻¹ de SO₄⁻², 1 meq L⁻¹ de H₂PO₄⁻, 9 meq L⁻¹ de Ca⁺², 7 meq L⁻¹ de K⁺ y 4 meq L⁻¹ de Mg⁺². Al modificarla para tener 12 meq L⁻¹ de nitrógeno total con diferentes relaciones de NO₃⁻/NH₄⁺ (100/0, 80/20 y 65/35), los niveles de nitratos bajaron de 1,800 ppm a 1,200 ppm.

Ndamekele, (2010) investigó cómo diferentes cultivares de mini lechuga (*Lactuca sativa* L.) respondían a la acumulación de nitratos en hojas durante tres ciclos de cultivo. Utilizaron tres soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de nitratos (S1: 91, S2: 12.41 y S3: 16.91 mmol.L⁻¹) y dos modalidades de cultivo (invernadero y al aire libre). El estudio se realizó en sustratos de perlita y fibra de coco, y se evaluaron cuatro cultivares: Cherry, Little Gem Nun 6715, Diamond y Etna. La acumulación de nitratos fue mayor en cultivos bajo invernadero y con soluciones más ricas en nitratos, el cultivar Little Gem Nun llegó a acumular hasta 2600 ppm. La temperatura también influyó significativamente, registrándose los valores más altos en el ciclo primaveral.

Nicolás-Barrios y colaboradores, (2022) determinaron que las lechugas regadas con 75 y 100 ppm de nitratos alcanzaron concentraciones de hasta 6200 ppm, excediendo los estándares permitidos y resultando no aptas para consumo humano. En este estudio, realizado en un invernadero con suelo Udipsament árgico, se utilizaron cinco tratamientos de riego con diversas

concentraciones de nitratos, como fuente de fertilizante.

Gromaz Roig,(2013), investigó la acumulación de nitratos en dos cultivares de escarola (*Cichorium endivia* L.), 'Natacha' y 'Cuartana', bajo distintos sistemas de manejo y ciclos de cultivo, encontrándose que las condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa en invernadero propiciaron una mayor acumulación de nitratos, especialmente en los meses de mayo-julio, que presentó temperaturas e iluminación más altas que durante enero-marzo. El cultivar 'Cuartana', especialmente bajo cultivo en invernadero, mostró los mayores contenidos de nitratos llegando a 3800 ppm durante los meses de enero-marzo.

En el estudio de Carrión García., (2011) en una zona vulnerable de contaminación por nitratos, se concluyó que la elevación de las temperaturas del suelo mediante acolchado mejora la absorción de nitrógeno sin aumentar significativamente los nitratos en las hojas. Sin embargo, las plantas cultivadas bajo cubierta incrementan notablemente su concentración foliar de nitratos. Se encontró que la dosis recomendada de fertilización nitrogenada para escarola es excesiva, ya que una dosis de 100 kg N ha⁻¹ produce rendimientos similares con menor acumulación de nitratos. Las plantas con altas dosis de nitrógeno acumularon más nitratos en las hojas, con valores que oscilan entre 4,100 y 4,600 ppm, debido a su incapacidad de metabolizar todo el nitrógeno absorbido. Además, las mediciones de SPAD no resultaron útiles para monitorear la acumulación de nitratos.

Por último, en el estudio de Carrasco y colaboradores, (2006) sobre el contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos, se encontró que ninguno de los cultivares evaluados ("Loreto", "Floresta" y "Esmeralda") sobrepasó el límite máximo de nitratos de 4.500 ppm establecido por la Comisión Europea para plantas cultivadas en invernadero durante el invierno. En el sistema de mesa flotante, los niveles de nitratos fluctuaron entre 2344 y 4839 ppm al inicio y entre 4754 y 2157 ppm al final del invierno. En el sistema NFT, los niveles variaron entre 3552 y 2818 ppm al inicio y entre 2676 y 3100 ppm al final del invierno. No se observaron diferencias estadísticas en el contenido de nitratos entre los diferentes cultivares de lechugas.

2.11 Concentración de nitratos en chile zacapaleño.

Aunque no hay estudios específicos sobre el contenido de nitratos en el chile zacapaleño, investigaciones realizadas por Brizuela *et al.* (2005) en otros tipos de chiles, como el chile piquín, sugieren que el riego con agua residual tratada o una fertilización nitrogenada excesiva podría aumentar la concentración de nitratos en los frutos, aunque generalmente no exceden el límite permitido de 1200 ppm. En su estudio, Brizuela encontró que los niveles de nitratos en el chile piquín alcanzaron un máximo de 1400 ppm. Esto indica que los niveles de nitratos en el chile zacapaleño, podrían ser similares

o incluso un poco más altos que los encontrados en el chile piquín en el estudio de Brizuela.

3. JUSTIFICACIÓN

Este estudio surge de la necesidad de evaluar la producción de lechuga, escarola y chile zacapaleño en México, cultivos fundamentales para la alimentación y la economía del país. La investigación se centra en analizar los niveles de nitratos en estos cultivos conducidos en invernadero, con el fin de asegurar que no representen un riesgo para la salud humana.

A pesar del crecimiento en la producción de estos cultivos, la seguridad alimentaria sigue siendo una preocupación importante en México debido a los altos niveles de nitratos que pueden afectar la salud. Por lo tanto, es crucial desarrollar prácticas agrícolas que aseguren alimentos de alta calidad y seguros para el consumo humano (Rivera-Vázquez, 2020).

La falta de regulaciones estrictas sobre los niveles de nitratos en México subraya la necesidad de mejorar la productividad, la calidad y la seguridad de los cultivos. Esto también destaca la importancia de llevar a cabo más estudios para garantizar la seguridad alimentaria en el país.

4. HIPÓTESIS

La producción de hortalizas aprovechables por sus hojas y en frutos de chile zacapaleño conducidas en un sistema hidropónico en invernadero podrían acumular niveles elevados de nitratos perjudicando a la salud humana, superando los límites establecidos por la Unión Europea de 4,500 ppm.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar el contenido de nitratos en lechuga, escarola y en frutos de chile zacapaleño cultivados en invernadero.

5.2 Objetivos particulares

- Determinar la concentración de nitratos en las hojas de lechuga, escarola y en frutos del chile zacapaleño.
- Evaluar el peso fresco y seco en lechuga, escarola y en planta de chile zacapaleño.
- Valorar los °Brix y acidez de los frutos de chile zacapaleño.
- Evaluar la incidencia de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño.
- Evaluar producción total y comercial de los frutos chile de zacapaleño.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se divide en tres fases experimentales se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico blanco lechoso, ubicado en el Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas (CICA) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), con coordenadas geográficas de 19°00'23"N de latitud y 98°12'22"W de longitud.

Experimento 1. El ensayo de lechugas y escarolas se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano el 24 de marzo de 2023. El almácigo se estableció en charolas de poliestireno de 200 cavidades y con un sustrato compuesto por una mezcla de peat moss y perlita en proporción de 3:1. El trasplante se realizó a los 28 días después de la siembra cuando las plantas presentaban 5 hojas verdaderas y una altura promedio de 15 cm. Para el trasplante se utilizaron contenedores de 30 x 40 cm y como sustrato tezontle rojo, las plantas se les aplicó un enraizador (rooting) y fungicida (TOKAT 240). Se realizaron dos fechas de muestreo a los 28 y 42 ddt (días después del trasplante).

Para el experimento 2. El ensayo de lechugas y escarolas se llevó a cabo en el ciclo de otoño el 14 de julio de 2023, con tres fechas de muestreo 31, 42 y 70 ddt. Se realizaron las mismas prácticas agrícolas que el experimento 1.

El experimento 3. Corresponde al cultivo de chile zacapaleño y el ensayo se llevó a cabo en el ciclo de primavera el día 23 de marzo del 2023, y se efectuaron tres fechas de muestreo a los 77, 92 y 148 ddt.

Se utilizó un arreglo factorial (2 x 2), con dos soluciones nutritivas (S1 y S2) y dos volúmenes de agua (V_1 y V_2), con un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, en total se tuvieron 12 (U.R.) con ocho plantas cada uno. El mismo diseño experimental se utilizó para las tres especies en estudio.

Las soluciones nutritivas estuvieron compuestas en ($\text{mMol}\cdot\text{L}^{-1}$); para la solución S1: NO_3^- (1.0), H_2PO_4^- (1.15), SO_4^{2-} (3.75), HCO_3^- (0.5), K^+ (8.0), Ca^{2+} (4.25) Mg^{2+} (2.0), con pH de 6.5 y $\text{CE}= 2.5$, y la solución S2, lo único que varía es el contenido de nitratos que corresponde a (NO_3^- :13.75). Para los micronutrientes se utilizó una fórmula comercial compuesta por hierro (6.25%), zinc (2.00%), manganeso (2.00%), boro (0.40%), cobre (0.15 %) y molibdeno (0.05%), en donde el fabricante informa que el Fe, Zn, Mn, y Cu se presentan en forma quelatada y el B y Mo de forma mineral.

Para el caso de los volúmenes de agua, el V_1 corresponde al 100% del volumen de agua

aportada y manteniendo un volumen de drenaje del 30% dependiendo del estado fenológico de la planta, y el V2 corresponde al 50% del agua aportada con respecto al volumen 1, a lo largo del experimento, se registró la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero. Asimismo, se midió el pH, la conductividad eléctrica de entrada y salida del contenedor y el volumen de drenaje.

6.1 Parámetros a evaluar.

En este experimento se consideró medir el peso fresco y seco de hojas y raíces en lechuga y escarola, mientras que en chile zacapaleño se evaluó el peso fresco y seco de hojas, raíces y frutos, además de registrar la longitud, diámetro y firmeza de los frutos. También se incluyó evaluar °Brix, acidez y pH de los frutos, clasificar las anomalías y medir el contenido de nitratos en las hojas de lechuga, escarola y en los frutos de chile zacapaleño, mediante colorimetría con ácido salicílico.

6.1.1 Valoraciones vegetativas y productivas.

Las valoraciones vegetativas para la lechuga y escarola, se realizaron en 2 fechas de muestreo para el ciclo primavera verano, y tres fechas de muestreo para el ciclo de otoño. En todas las tomas de muestra, se pesó el total de hojas y por separado la raíz, el peso se reporta en gramos. Asimismo, se obtuvo el peso seco de las muestras a una temperatura constante de 70 °C, en una estufa marca RIOSSA modelo HCF-62D. Para el caso de chile zacapaleño en las tres fechas de muestreo se pesó por separado el tallo, raíz y hojas para su posterior secado en la estufa arriba mencionada. La valoración de los frutos de chile zacapaleño, se contaron el total de los frutos y el peso fresco de los mismos, se midió la longitud (cm) y diámetro de los frutos (mm) con un vernier digital marca TRUPER de 6" modelo "14388". Los parámetros productivos se evaluaron cuando el fruto alcanzó la madurez fisiológica, lo cual ocurrió a los 70 días después del trasplante (ddt). Posteriormente, se realizaron dos cortes adicionales a los 92 ddt y 142 ddt. Los frutos se pesaron y se clasificaron en tres categorías: frutos de primera categoría (16 a 20 cm), de segunda categoría (13 a 15.9 cm) y de tercera categoría (12.9 cm o menos). Además, se realizó una valoración subjetiva de los frutos utilizando una escala de 0 a 3, donde 0 correspondía a frutos sin ninguna anomalía y 3 a frutos con mayor incidencia de fisiopatías. Las anomalías valoradas incluían la presencia de cracking, ya sea radial o

longitudinal, así como la coloración y deformación de los frutos.

La conversión de las valoraciones cualitativas a cuantitativas se realizó mediante un cálculo que involucra el promedio de las valoraciones de los frutos, dividido entre el número de valoraciones subjetivas (4). Este cociente se multiplicó por 100 para expresarlo como un porcentaje, quedando simplificado de la siguiente manera:

$$\text{Valoración Cualitativa (\%)} = \frac{\text{Promedio de la valoración}}{4} \times 100$$

Para las mediciones de firmeza de los frutos se utilizó un penetrómetro marca Tr Fruit peeler modelo 0543774670 con una punta de 11.3 mm para hortalizas donde se realizaron cinco punciones en la parte ecuatorial del fruto reportando el valor en gramos posteriormente convertirlo en Newtons utilizando la siguiente fórmula:

$$1 \text{ gramo} = 0.00980665 \text{ N} = \text{N} * \text{gr}$$

$$\text{Ejemplo: } 0.00980665 * 2975 = 2.92 \text{ N/cm}^2$$

La valoración de °Brix se realizó con un refractómetro digital (HANNA HI 968.1). Primero se molieron los frutos de chile zacapaleño para colocar un par de gotas de jugo en la ventana del refractómetro y obtener su valor.

En el caso del pH de los frutos, se molieron los frutos con un molino (NANA BLADE) para obtener una papilla, posteriormente se pesan 10 g de la muestra donde se coloca en un vaso de precipitado con 150 ml de agua destilada y con un potenciómetro se toma el pH inicial de la muestra para comenzar con la titulación de NaOH al 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.2

El índice de madurez de los frutos se calculó utilizando fórmulas específicas, comenzando con la acidez titulable (TA) representado en mL:

$$TA (\%) = \frac{(ml \text{ (NaOH)} * N * 0.064 * 100)}{\text{peso de fruto molido (g)}}$$

Ejemplo

$$TA (\%) = \frac{(10.77 * 0.1 * 0.064 * 100)}{10g} = 1.37 \text{ ml}$$

El índice de madurez se calcula finalmente con la relación $IM = \text{°Brix}/TA$:

$$\text{Ejemplo} = \frac{8.2}{1.37} = 5.98$$

Determinación de Nitratos: Colorimetría por Nitración con Ácido Salicílico

El contenido de nitratos en las muestras de tejido vegetal de la lechuga, escarola y en los frutos de chile zacapaleño se llevó a cabo mediante la extracción de nitratos por colorimetría con ácido salicílico.

Las muestras se sometieron a ebullición en agua destilada, seguidas de una filtración y transferencia cuantitativa a un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Luego, se formaron complejos químicos en dos tubos de ensayo: uno con una solución de ácido salicílico al 5% en ácido sulfúrico concentrado, y el otro solo con ácido sulfúrico concentrado. Después de 20 minutos, se añadió una solución de 20 ml de hidróxido de sodio (NaOH) a ambos tubos, lo que permitió desarrollar un color característico que se estabilizó durante 24 horas. Para la calibración del método, se emplearon soluciones estándar de nitratos (0, 20, 40, 80 y 100 ppm) con concentraciones conocidas, midiendo la absorbancia de estas soluciones y de la muestra problema a 410 nm en un espectrofotómetro de doble haz previamente calibrado. Permitiendo la cuantificación de los nitratos presentes en las muestras de tejido vegetal y frutos de chile zacapaleño. El método de colorimetría por nitración con ácido salicílico se basa en la formación de un complejo que presenta máxima absorción a una longitud de onda de 410 nm en soluciones básicas ($\text{pH} > 12$), siendo la absorbancia del cromóforo directamente proporcional a la cantidad de NO_3^- presente en la muestra, sin interferencias significativas de iones como NH_4^+ , NO_2^- y Cl^- (A. Valdés *et al.*, 2004).

Análisis Estadístico

Todos los datos recopilados en este estudio fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos. La prueba de comparación de medias se llevó a cabo mediante el método de Tukey, se empleó el software Statgraphics Centurion 4.1.

7. RESULTADOS

Experimento 1. Primavera-Verano. Lechuga y escarola

Los Tablas del 1 al 6. Se presentan las medias del análisis estadístico de los diversos parámetros evaluados en plantas de lechuga y escarola, en función de las diversas variables en estudio. Los parámetros evaluados corresponden al peso fresco y seco de hojas y raíces, y el contenido de nitratos en hojas.

Se presentan las medias del análisis de varianza para el peso fresco y seco de hojas y raíces de la planta de lechuga a los 28 días después del trasplante (ddt). No se encontraron diferencias estadísticas en las variables de estudio en los efectos simples. Asimismo, no se registraron diferencias estadísticas en las interacciones dobles entre las soluciones nutritivas y los diferentes volúmenes de agua. (Tabla, 1).

Para la segunda fecha de muestreo, a los 42 días después del trasplante (ddt), tampoco se registraron diferencias estadísticas. Sin embargo, se destaca una mayor biomasa con el volumen 1 (148.9 g) en comparación con el volumen 2 (124.9 g). En cuanto a las raíces, se encontró un mayor peso fresco y seco con el volumen 2 (148 g). No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre las soluciones nutritivas y los diferentes volúmenes de agua. (Tabla, 2).

Se presentan las medias y los resultados del análisis de varianza sobre la concentración de nitratos en las hojas de lechuga a los 28 y 42 días después del trasplante (ddt). En ambas fechas de muestreo, no se encontraron diferencias estadísticas en la concentración de nitratos en las hojas para las diferentes variables estudiadas. Sin embargo, se observan concentraciones muy elevadas en todos los casos. (Tabla, 3)

En cuanto a las soluciones nutritivas, se destaca que para la solución S1 la concentración de nitratos disminuye a los 42 ddt (14,735.8 ppm), mientras que para la solución S2 se registra un aumento en la concentración de nitratos (20,001.3 ppm).

Respecto a los volúmenes de agua, se observa que el volumen correspondiente al 100% de agua aportada (V1) aumentó la concentración de nitratos en la última fecha de corte (16,162 ppm), mientras que en el caso del V2, la concentración de nitratos disminuyó (18,575 ppm). No se encontraron diferencias estadísticas en las interacciones en ninguno de los casos analizados.

Tabla 1. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 28 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	82.83 ± 10.38 n.s.	5.67 ± 0.84 n.s.	61 ± 1.13 n.s.	1.12 ± 0.57 n.s.
	S2	75.18 ± 31 n.s.	4.27 ± 0.46 n.s.	9.52 ± 1.44 n.s.	0.87 ± 0.37 n.s.
Volumen	V1	78.67 ± 6.13 n.s.	5.2 ± 0.75 n.s.	8.72 ± 1.33 n.s.	1.12 ± 0.57 n.s.
	V2	79.34 ± 11.37 n.s.	4.74 ± 0.73 n.s.	8.41 ± 1.39 n.s.	0.87 ± 0.36 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen n.s. n.s. n.s. n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 2. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 42 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	138.92 ± 33.81 n.s.	6.3 ± 2.49 n.s.	12.85 ± 1.13 n.s.	3.03 ± 0.93 n.s.
	S2	134.88 ± 12.06 n.s.	8 ± 0.92 n.s.	15.47 ± 1.44 n.s.	3.74 ± 0.45 n.s.
Volumen	V1	148.9 ± 29.51 n.s.	4 ± 1.67 n.s.	10.84 ± 1.33 n.s.	2.74 ± 0.64 n.s.
	V2	124.9 ± 19.02 n.s.	8.24 ± 2.05 n.s.	14.8 ± 1.39 n.s.	4.03 ± 0.73 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen n.s. n.s. n.s. n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 3. Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de lechuga.

		28 ddt	42 ddt
		Nitratos (ppm)	Nitratos (ppm)
Solución	S1	19253.00	14735.8
		± 2900.18 n.s.	± 1794.69 n.s.
	S2	15972.60	20001.3
		± 1866.20 n.s.	± 1929.02 n.s.
Volumen	V1	15071.85	16162
		± 2174.56 n.s.	± 1711.78 n.s.
	V2	20153.71	18575.1
		± 2378.74 n.s.	± 2490.41 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen

n.s.

n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Se muestran las medias y el error estándar de la escarola del experimento 1 a los 28 días después del trasplante (ddt). No se registraron diferencias estadísticas. Sin embargo, se destaca una mayor biomasa con la solución 2 (144.3 g) en comparación con la solución 1 (140.0 g). Asimismo, con el volumen 2 (142.78 g) en comparación con el volumen 1 (141.45 g), se registró una mayor biomasa, en todos los casos sin que se hayan registrado diferencias estadísticas.

En cuanto a las raíces, se encontró un mayor peso fresco y seco en plantas que recibieron el 100% de agua, correspondiente al V1 (21.88 g). No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre el volumen de agua y la solución nutritiva. (Tabla, 4)

Se presentan las medias y el error estándar de la biomasa de la escarola a los 42 días después del trasplante (ddt). Al igual que en la Tabla anterior, no se observaron diferencias estadísticas en la biomasa de la escarola entre las diferentes condiciones estudiadas. Sin embargo, se destaca una mayor biomasa con la solución 1 (281.58 g) en comparación con la solución 2 (242 g). En términos de volúmenes de agua, se registra un mayor peso fresco con el volumen 1 (293.5 g) en comparación con el volumen 2 (231.43 g). En relación con las raíces, se encontró un mayor peso fresco y seco con el volumen 1 (33.8 g y 35 g, respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre el volumen y la solución nutritiva. (Tabla, 5)

Se detallan las medias y los resultados del análisis de varianza sobre la concentración de nitratos en las hojas de escarola a los 28 y 42 días después del trasplante (ddt). Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en la concentración de nitratos en las hojas para ninguna de las variables estudiadas en ambas fechas de muestreo, al igual que en la lechuga, se registró una elevada concentración de nitratos en las dos fechas de muestreo.

En cuanto a las soluciones nutritivas, es notable que la concentración de nitratos en la solución 1 aumentó significativamente de 12,657 ppm a 16,425.5 ppm a los 42 ddt. De manera similar, en la solución 2 se registró un aumento notable, comenzando con 12,906.2 ppm a los 28 ddt y alcanzando 16,450.2 ppm a los 42 ddt. Respecto a los volúmenes de agua, se observó un incremento en la concentración de nitratos tanto en el volumen 1 como en el volumen 2, con 16,010 ppm y 16,858 ppm, respectivamente, en

la última fecha de muestreo. No se encontraron diferencias estadísticas en las interacciones dobles. (Tabla, 6).

Tabla 4. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 28 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	140.2	9.83	18.86	1.98
		± 16.25 n.s.	± 1.17 n.s.	± 3.11 n.s.	± 1.17 n.s.
	S2	144.3	10.16	18.63	2.40
		8.93 n.s	± 0.64 n.s	± 2.14 n.s.	± 0.64 n.s.
Volumen	V1	141.45	10.18	21.88	2.41
		± 10.46 n.s.	± 0.72 n.s.	± 1.97 n.s.	± 0.32 n.s.
	V2	142.78	9.81	15.61	1.96
		± 15.12 n.s.	± 1.12 n.s.	± 2.54 n.s.	± 0.35 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen

n.s.

n.s.

n.s.

n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 5. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 42 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Solución	S1	281.58 ± 3.91 n.s.	25.45 ± 0.92 n.s.	29.65 ± 5.14 n.s.	81 ± 1.21 n.s.
	S2	24.2 ± 40.09 n.s.	22.21 ± 2.62 n.s.	29.66 ± 3.85 n.s.	6.8 ± 1.35 n.s.
Volumen	V1	29.35 ± 34.24 n.s.	26.21 ± 1.18 n.s.	33.8 ± 4.26 n.s.	35 ± 1.54 n.s.
	V2	231.43 ± 39.45 n.s.	21.45 ± 2.27 n.s.	25.51 ± 4.04 n.s.	2.26 ± 1.01 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------	------	------	------	------

-n.s.; no significativo.
-ddt; días después del trasplante.

Tabla 6. Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de escarola.

		28 ddt	42 ddt
		Nitratos (ppm)	Nitratos (ppm)
Solución	S1	1265.7 ± 1522.33 n. s	16425.5 ± 1940.82 n. s
	S2	12906.9 ± 1196.50 n. s	16450.2 ± 2063.99 n. s
Volumen	V1	12859 ± 1306.36 n. s	16017 ± 1349.43 n. s
	V2	12705.6 ± 1340.51 n. s	16858.4 ± 2476.66 n. s

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.
--------------------	------	------

-n.s.; no significativo.
-ddt; días después del trasplante.

Experimento 2. Otoño. Lechuga y escarola

En las Tablas 7 al 14 se presentan los valores medios del análisis de la varianza para los parámetros de peso fresco y seco en la planta de lechuga y escarola, así como su contenido de nitratos.

Se detallan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de la lechuga en el experimento 2 a los 31 días después del trasplante (ddt). No se registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, se destaca que las plantas que recibieron la solución 1 mostraron una mayor biomasa (63.58 g) en comparación con la solución 2 (45.95 g). En cuanto a las raíces, se encontró un mayor peso fresco con la solución 1 (5.16 g). No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre el volumen y la solución nutritiva. (Tabla, 7).

Se detallan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de la lechuga a los 42 días después del trasplante (ddt). Al igual que en las Tablas anteriores, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, se destaca que la solución 1 mostró una mayor biomasa (163.83 g) en comparación con la solución 2 (156.12 g). Además, se registró una menor biomasa con el volumen 1 (155.01 g) en comparación con el volumen 2 (164.95 g). No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre el volumen y la solución nutritiva. (Tabla, 8).

Se presentan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de las hojas y raíces de la lechuga a los 70 días después del trasplante (ddt). En esta etapa del estudio, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre las diferentes variables analizadas. Respecto a las hojas, se registró una mayor biomasa en la solución nutritiva S1 (244.97 g) en comparación con la S2 (222.44 g). En términos de volúmenes de agua, se destaca un mayor peso en V2 (238.47 g) en comparación con V1 (228.97 g). En relación con las raíces, se encontró un mayor peso en S1 (244.97 g), al igual que en peso seco (1.43 g). No se encontraron diferencias estadísticas entre las soluciones nutritivas y los volúmenes de agua. (Tabla, 9).

Tabla 7 . Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 31 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	63.58	2.96	5.16	0.31
		± 13.79 n.s.	± 0.64 n.s.	± 0.47 n.s.	± 0.079 n. s
	S2	45.95	2.16	3.78	1.32
		± 11.50 n.s.	± 0.57 n.s.	± 0.61 n.s.	± 0.77 n. s
Volumen	V1	53.56	2.51	3.95	0.4
		± 15.10 n.s.	± 0.71 n. s	± 0.59 n.s.	± 0.141 n. s
	V2	55.97	2.61	5.12	1.11
		± 11.16 n.s.	± 0.54 n. s	± 0.57 n.s.	± 0.781 n. s

INTERACCIONES

Solución x Volumen n.s. n.s. n.s. n.s.

-n.s; no significativo.
-ddt; días después del trasplante.

Tabla 8. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 42 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	163.83	8.08	8.28	1.85
		± 11.44 n.s.	± 0.55 n.s.	± 0.42 n.s.	± 1.03 n. s
	S2	156.12	8.55	8.2	0.91
		± 15.96 n.s.	± 0.66 n.s.	± 0.64 n.s.	± 0.162 n. s
Volumen	V1	155.01	8.13	8.8	2.00
		± 16.62 n.s.	± 0.41 n. s	± 0.47 n.s.	± 1.01 n. s
	V2	164.95	8.51	8.6	0.766
		± 10.27 n.s.	± 0.76 n. s	± 0.56 n.s.	± 0.088 n. s
INTERACCIONES					
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 9 . Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de lechuga a los 70 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	244.97	12.36	12.61	1.43
		± 18.22 n.s.	± 1.10 n.s.	± 1.91 n.s.	± 0.178 n.s.
	S2	222.44	11.33	11.28	0.916
		± 22.67 n.s.	± 1.23 n.s.	± 0.80 n.s.	± 0.171 n.s.
Volumen	V1	228.97	12.83	12.60	1.23
		± 18.96 n.s.	± 1.07 n.s.	± 1.60 n.s.	± 0.25 n.s.
	V2	238.47	10.86	11.3	1.11
		± 22.99 n.s.	± 1.15 n.s.	± 1.32 n.s.	± 0.14 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------	------	------	------	------

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Se muestran los resultados del análisis de varianza en el contenido de nitratos en las hojas de lechuga del experimento 2 para las tres fechas de muestreo. La concentración de nitratos en las hojas de lechuga fue muy constante a lo largo de las tres fechas de muestreo, sin que se registraran diferencias estadísticas en ningún caso. Sin embargo, se observa una mayor concentración de nitratos con la solución 2 a los 28 días después del trasplante (14479.2 ppm), aumentando a los 42 días (16895.2 ppm) y alcanzando su pico a los 70 días (17795.1 ppm), en comparación con la solución 1 y los volúmenes de agua. No se registraron diferencias estadísticas en las interacciones entre las soluciones nutritivas y los volúmenes de agua. (Tabla, 10).

Tabla 10. Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de lechuga.

		28 ddt Nitratos (ppm)	42 ddt Nitratos (ppm)	70 ddt Nitratos (ppm)
Solución	S1	12283.6	13435	16458.3
		± 1651.30 n.s.	± 1131.35 n. s	± 1200.55 n. s
	S2	14479.2	16895.8	17795.1
		± 1512.59 n.s.	± 1432.30 n.s.	± 1522.34 n. s
Volumen	V1	14388.5	15312.5	17125
		± 19340 n.s.	± 1341.16 n. s	± 1036.32 n. s
	V2	12375	15020.8	17128.4
		± 11540 n.s.	± 1649.31 n. s	± 1692.2 n. s
INTERACCIONES				
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Se detallan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de las hojas y raíces de la planta de escarola a los 31 días después del trasplante (ddt). No se observaron diferencias estadísticas. En relación con los volúmenes de agua aportada, se observa que el V1, que corresponde al 100% de agua, aumentó el peso fresco (75.5 g) y seco (5.66 g) tanto del follaje como de la raíz, en comparación con el volumen 2, en todos los casos sin que se reflejen diferencias estadísticas. En la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua aportada no se observaron diferencias estadísticas. (Tabla, 11)

Se detallan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de las hojas y raíces de la escarola en el experimento 2 a los 42 días después del trasplante (ddt). No se observaron diferencias estadísticas en ninguna de las variables evaluadas. En relación con el peso fresco de las hojas, se presentó un mayor peso fresco en V1 (185.33 g) en comparación con V2 (155.5 g). Se registró un mayor peso fresco y seco de la raíz con la solución 2 (9.61 g y 0.8 g, respectivamente). Además, no se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre las soluciones nutritivas y los volúmenes de agua. (Tabla, 12).

Se detallan las medias y el error estándar del peso fresco y seco de las hojas y raíces de la escarola a los 70 días después del trasplante (ddt). Se registró un mayor peso fresco (284.83 g) y un mayor peso seco (18.05 g) en plantas que recibieron la solución nutritiva S2, en comparación con la solución nutritiva S1 (285.5 g y 11.23 g, respectivamente), con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Para los diferentes volúmenes de agua, no se registraron diferencias estadísticas. Igualmente, no se observaron diferencias en la interacción entre las soluciones nutritivas y los volúmenes de agua. (Tabla, 13).

Tabla 11. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 31 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	66.16	5.10	3.73	0.40
		± 15.25 n.s.	± 00.63 n.s.	± 0.73 n.s.	± 0.730 n.s
	S2	68.16	5.16	4.16	0.58
		± 14.66 n.s.	± 1.19 n.s.	± 0.73 n.s.	± 0.135 n.s
Volumen	V1	75.5	5.66	4.36	0.51
		± 1.72 n.s	± 1.08 n.s.	± 0.87 n.s	± 0.070 n.s.
	V2	56.83	4.5	3.53	0.46
		± 10.02 n.s	± 00.71 n.s.	± 0.51 n.s	± 0.140 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen n.s. n.s. n.s. n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 12. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 42 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	165.66	58	8.36	0.55
		± 22.74 n.s.	± 2.02 n.s.	± 1.24 n.s	± 0.088 n.s.
	S2	175.16	8.6	9.61	0.8
		± 11.83 n.s.	± 0.83 n.s.	± 0.78 n.s	± 0.163 n.s.
Volumen	V1	185.33	8.1	9.41	0.76
		± 16.63 n.s.	± 1.03 n.s.	± 1.18 n.s.	± 0.168 n.s.
	V2	155.5	8.08	8.56	0.58
		± 18.62 n.s.	± 1.95 n.s.	± 0.92 n.s.	± 0.094 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen

n.s.

n.s.

n.s.

n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 13. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en hoja y raíz de escarola a los 70 ddt.

		Hojas		Raíz	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
		(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	238.5 ± 15.51 n.s.	11.23 ± 0.223 b.	20.93 ± 2.40 n.s.	1.175 ± 0.370 n.s.
	S2	284.83 ± 14.60 n.s.	18.5 ± 0.223 a.	12.76 ± 2.83 n.s.	0.81 ± 0.090 n.s.
Volumen	V1	260.66 ± 16.78 n.s.	13.75 ± 2.46 n.s.	18.41 ± 3.74 n.s.	1.09 ± 0.381 n.s.
	V2	262.62 ± 19.76 n.s.	15.98 ± 1.73 n.s.	15.28 ± 2.73 n.s.	0.9 ± 0.090 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen n.s. n.s. n.s. n.s.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

En el análisis de varianza del contenido de nitratos en las hojas de escarola del experimento 2 para las tres fechas de muestreo, no se encontraron diferencias estadísticas en ninguna de las fechas con respecto a las variables estudiadas. La concentración de nitratos en las hojas fue variable en las tres fechas de muestreo, sin registrar diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, se observa una mayor concentración de nitratos en la segunda fecha de muestreo, correspondiente a los 42 días después del trasplante (ddt). En esta fecha, las plantas que recibieron la solución nutritiva S1 (11185 ppm) y el volumen V2 (12041.7 ppm) mostraron un aumento en la concentración de nitratos, mientras que la solución nutritiva S2 (9833.33 ppm) y el volumen V1 (8979.17 ppm) presentaron una disminución. Por último, no se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla, 14).

Tabla 14. Media \pm Error estándar y significancia en la concentración de nitratos en hojas de escarola.

		28 ddt	42 ddt	70 ddt
		Nitratos (ppm)	Nitratos (ppm)	Nitratos (ppm)
Solución	S1	3900	7770.83	1118 5
		± 2326.01 n.s.	$\pm 207 26$ n.s.	± 1945.82 n.s.
	S2	7314.58	11500	9833.33
		± 1323.7 n.s.	± 1284.12 n.s.	± 1391.44 n.s.
Volumen	V1	7458.33	10104.2	8979.17
		$\pm 178 01$ n.s.	± 1222.37 n.s.	± 1623.21 n.s.
	V2	3756.25	9166.67	12041.7
		± 1940.24 n.s.	± 2402.62 n.s.	$\pm 152 41$ n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen

n.s.

n.s.

n.s.

-n.s.; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Experimento 3

Experimento 3. Primavera-Otoño. Chile zacapaleño.

Los Tablas del 15 al 30 Se presentan las medias del análisis estadístico de los diversos parámetros evaluados en plantas de chile zacapaleño, en función de las diversas variables en estudio, donde se observa las medias del ANOVA para la producción total de los datos acumulados a los 70 ddt.

Se observaron las medias del ANOVA para la producción total sobre los datos acumulados a los 70 días después del trasplante (ddt) en la Tabla 15. Las plantas que recibieron la solución nutritiva S2 (252.78 g) presentaron una mayor producción total de frutos en comparación con la solución nutritiva S1 (170.07 g). Asimismo, el volumen de agua V2 mostró una mayor producción total en comparación con el volumen 1 (209.45 g), en ambos casos sin que se hayan registrado diferencias estadísticas. No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla, 15)

Se reportan los valores medios de la producción comercial de chile zacapaleño sobre datos acumulados a los 70 días después del trasplante (ddt) en la Tabla 16. En las medias del resultado del ANOVA no se reportan diferencias estadísticas. No obstante, se registró una mayor producción de frutos clasificados de primera en plantas que recibieron la solución nutritiva S1 (39.06 g) en comparación con la S2 (29.19 g). Asimismo, se encontró una mayor producción de frutos de primera con el 100% del volumen de agua aportado (V1) con 38.99 g/u.R. en relación al V2 (29.25 g/u.R.). El mismo comportamiento se registró con la producción clasificada de segunda categoría. Sin embargo, en la producción de tercera calidad, se encontró un mayor número de frutos en plantas que recibieron el 50% del volumen de agua (38.55) en comparación con el V1 (19.59). Para las diferentes soluciones nutritivas, la S2 (214.84) registró el mayor número de frutos clasificados de tercera. En todos los casos, no se encontraron diferencias estadísticas. (Tabla, 16)

Se observa que las plantas que recibieron el V1, es decir, el 100% del volumen de agua, presentaron un mayor contenido de sólidos solubles (8.25 °Brix) en comparación con el volumen V2 (6.83 °Brix), con diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). En el caso

de las diferentes soluciones nutritivas, no se observaron diferencias estadísticas. Asimismo, no se registraron diferencias en los valores medios para la firmeza, pH e índice de madurez de los frutos en relación a las variables de estudio. Igualmente, no se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla, 17).

Se registran los valores medios de las fisiopatías valoradas, como la deformación, la coloración y el cracking en los frutos, en la Tabla 18. Como era de esperarse, el mayor porcentaje de deformación y coloración de los frutos se observó en los frutos clasificados de tercera calidad, independientemente de la variable de estudio, sin que se reportaran diferencias estadísticas. También es de resaltar que la fisiopatía por cracking solo se presentó en frutos clasificados de tercera calidad con el 50% de volumen de agua aportada (V2) en comparación con el V1, con diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). No se registraron diferencias estadísticas en la interacción. (Tabla, 18).

Se registran los valores medios para el peso fresco y seco en los diferentes órganos de la planta en la Tabla 19. En general, no se observan diferencias estadísticas; no obstante, se registró un mayor peso seco en el tallo de las plantas que recibieron el V1 (13.76 g) en comparación con el V2 (6.51 g), con diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). También se observó un mayor peso seco en la raíz con la solución nutritiva S2 (6.52 g) en comparación con la S1 (4.1 g), con diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). No se presentaron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla, 19).

Tabla 15. Media \pm Error estándar y significancia para la producción total de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 70 ddt.

		Producción total de los frutos	Número total de frutos	Peso medio total
		(g/ U.R.)		(g/ Fruto)
Solución	S1	17 07 \pm 35.14 n.s.	32.29 \pm 22 n.s.	9.35 \pm 1.37 n.s.
	S2	252.78 \pm 63.51 n.s.	4 74 \pm 11.85 n.s.	9.195 \pm 00.94 n.s.
Volumen	V1	209.45 \pm 60.96 n.s.	31.51 \pm 42 n.s.	9.82 \pm 1.10 n.s.
	V2	240.2 \pm 48.68 n.s.	48.52 \pm 11.51 n.s.	8.73 \pm 1.07 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen

n.s.

n.s.

n.s.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 16. Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 70 ddt.

		Producción en frutos de primera	Numero de frutos de primera	Peso medio de frutos de primera	Producción en frutos de segundas	Numero de frutos de segundas	Peso medio de frutos de segundas	Producción en frutos de terceras	Numero de frutos de	Peso medio de frutos de Terceras
		(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)
Solución	S1	39.06 ± 5.43 n.s.	6.8 ± 1.08 n.s.	6.61 ± 0.35 n.s.	3 44 ± 66 n.s.	6.19 ± 1.38 n.s.	5.93 ± 0.77 n.s.	100.56 ± 34.08 n.s.	20.16 ± 9.43	5.28 ± 0.73 n.s.
	S2	29.19 ± 9.68 n.s.	5.79 ± 0.52 n.s.	6.82 ± 0.33 n.s.	28.55 ± 4.08 n.s.	5.21 ± 1.38 n.s.	4.24 ± 1.29 n.s.	214.84 ± 55.99 n.s.	38.28 ± 9.43	5.78 ± 0.48 n.s.
Volumen	V1	38.99 ± 8.86 n.s.	6.36 ± 0.64 n.s.	6.98 ± 0.146 n.s.	3 23 ± 6.29 n.s.	6.33 ± 1.42 n.s.	5.57 ± 1.24 n.s.	133.22 ± 53.83 n.s.	19.59 ± 6.74	6.29 ± 0.621 n.s.
	V2	29.25 ± 6.71 n.s.	6.23 ± 1.07 n.s.	6.45 ± 0.43 n.s.	28.76 6.04	5.06 ± 1.31 n.s.	4.59 ± 0.963 n.s.	182.85 ± 46.64 n.s.	38.85 ± 11.33 n.s.	4.77 ± 0.43 n.s.
INTERACCIONES										
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 17. Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 70 ddt.

		°Brix	Firmeza N/cm ²	pH Inicial	I M
Solución	S1	6.60 ±0.72 n.s.	2.34 ± 0.486 n.s.	6.26 ± 0.04950 n.s.	3.39 ± 0.326 n.s.
	S2	6.21 ± 1.40 n.s.	2.17 ± 0.439 n.s.	6.23 ± 0.0323 n.s.	3.18 ± 0.282 n.s.
Volumen	V1	8.25 ±0.722 a	2.64 ±0.122 n.s.	6.29 ± 0.0449 n.s.	3.47 ±0.274 n.s.
	V2	6.83 ± 1.349 b	1.88 ± 0.599 n.s.	6.21 ± 0.0295 n.s.	3.1 ± 0.319 n.s.
INTERACCIONES Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 18. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 70 ddt.

		Primera			Segunda			Tercera		
		Deformación	Coloración	Cracking	Deformación	Coloración	Cracking	Deformación	Coloración	Cracking
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Solución	S1	15.06	22.23	0	48.77	49.76	0	83.88	7.84	0
		± 3.82 n.s.	± 3.57 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.11 n.s.	± 3.08 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.56 n.s.	± 3.86 n.s.	± 0.00 n.s.
	S2	18.24	19.41	0	50.97	49.98	0	84.25	81.14	0
		± 3.47 n.s.	± 2.26 n.s.	± 0.00 n.s.	± 4.31 n.s.	± 3.67 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.56 n.s.	± 3.86 n.s.	± 0.00 n.s.
Volumen	V1	16.41	21.80	0	53.85	49.37	0	85.18	79.11	0
		± 4.27 n.s.	± 2.06 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.41 n.s.	± 3.84 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.52 n.s.	± 3.9 n.s.	± 0.00 n.s.
	V2	16.09	23.18	0	45.89	50.36	0	82.46	79.57	25.00
		± 3.06 n.s.	± 1.88 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.28 n.s.	± 2.85 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.52 n.s.	± 3.9 n.s.	± 0.00 a

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 19. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 70 ddt.

		Tallo		Raíz		Hoja	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
			(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	4.56	15	20.85	4.1	43.11	11.75
		± 6.72 n.s.	± 1.33 n.s.	± 2.34 n.s.	± 0.501 b	± 6.25 n.s.	± 1.41 n.s.
	S2	66.21	13.11	20.05	6.52	66.66	16.62
		± 10.51 n.s.	± 3.22 n.s.	± 4.41 n.s.	± 0.84 a	± 14.57 n.s.	± 3.30 n.s.
Volumen	V1	6.6167	13.76	21.43	5.62	6.73	16.8
		± 8.65 n.s.	± 3.04 a	± 1.02 n.s.	± 1.02 n.s.	± 13.98 n.s.	± 3.32 n.s.
	V2	46.16	6.51	19.46	5.00	42.05	11.57
		± 8.34 n.s.	± 1.07 b	± 0.67 n.s.	± 0.67 n.s.	± 6.74 n.s.	± 1.22 n.s.
INTERACCIONES							
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

En las Tablas 20 al 24 se registran las medias de los análisis de varianza sobre datos acumulados de los diversos parámetros en estudio en relación a las variables; soluciones nutritivas y volumen de agua a los 92 ddt.

En la Tabla 20, que muestra la producción total a los 92 días después del trasplante (ddt), no se registraron diferencias estadísticas. No obstante, se observa una mayor producción total de frutos en las plantas que recibieron la solución nutritiva S2 (479.19 g/U.R.) y un mayor número de frutos (84.24) en comparación con las plantas que recibieron la S1. La misma tendencia se presentó en las plantas que recibieron el V2, con 428.4 g/U.R. y 82.02 frutos totales. En todos los casos, solo se describen diferencias numéricas. No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla, 20).

Se presentó una mayor producción de frutos de primera categoría (123.91 g/U.R.) en las plantas que recibieron la solución nutritiva S1 en comparación con la S2 (71.93 g/U.R.), con diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Para la producción de frutos de segunda (92.72 g/U.R.) y tercera calidad (309.53 g/U.R.), fue mayor en las plantas que recibieron la S2, aunque sin registrar diferencias estadísticas. En cuanto a los volúmenes de agua, las plantas que recibieron el 100% del volumen de agua (V1) mostraron una mayor producción total de frutos (110.64 g/U.R.) en comparación con el V2 (85.21 g/U.R.). Sin embargo, las plantas con una reducción del 50% en el volumen de agua (V2) presentaron una mayor producción de frutos de segunda y tercera categoría (88.34 g/U.R. y 254.59 g/U.R., respectivamente). En todos los casos, no se reportaron diferencias estadísticas. Tampoco se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre solución nutritiva y volumen de agua. (Tabla, 21).

No se observan diferencias estadísticas entre las variables de estudio. Los valores son muy cercanos en cada parámetro evaluado. Aunque el contenido de sólidos solubles se encuentra en 8 °Brix, la firmeza de los frutos supera los 2 N/cm² y el índice de madurez es superior a 3. (Tabla, 22)

No se observan diferencias estadísticas entre las variables en estudio para las diversas fisiopatías en chile zacapaleño a los 92 ddt. Sin embargo, en las plantas que recibieron la solución nutritiva S2, se presentó un mayor porcentaje de deformación (18.56%) y coloración (20.01%) en frutos clasificados de primera categoría. En contraste, para los frutos de segunda y tercera categoría, el mayor porcentaje de deformación (50.17%) y

coloración (48.71%) se registró con la solución nutritiva S1. En todos los casos, solo se registraron diferencias numéricas. Cabe resaltar que la fisiopatía por cracking es prácticamente nula; no obstante, en esta fecha de muestreo, el cracking se presentó en frutos clasificados de tercera calidad en plantas que recibieron el V2 (25%) en comparación con las plantas que recibieron el V1, con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). (Tabla, 23)

Se presentan las medias y el error estándar para el peso fresco y seco del tallo, raíz y hojas en plantas del experimento 3 a los 92 días después del trasplante (ddt). Las plantas que recibieron la solución nutritiva S1 presentaron generalmente un mayor peso en el tallo, raíz y hojas en comparación con la S2. Asimismo, las plantas que recibieron el V1 mostraron un mayor peso fresco y seco en comparación con el V2. Sin embargo, solo en el caso del peso fresco en raíz, las plantas con el V1 (42.76 g) presentaron diferencias estadísticas con respecto al V2 (29.85 g) ($p \leq 0.05$). (Tabla 24)

Tabla 21. Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 92 ddt.

		Producción en frutos de primera	Numero de frutos de primera	Peso medio de frutos de primera	Producción en frutos de segundas	Numero de frutos de segundas	Peso medio de frutos de segundas	Producción en frutos de terceras	Numero de frutos de terceras	Peso medio de frutos de terceras
		(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)
Solución	S1	123.91 ± 18.82 a	20.26 ± 2.40 n.s.	5.95 ± 2.28 n.s.	79.45 ± 14.54 n.s.	15.19 ± 3.20 n.s.	5.8 ± 1.39 n.s.	135.05 ± 36.85 b	28.33 ± 30 n.s.	4.06 ± 0.53 b
	S2	71.93 ± 16.30 b.	11.91 ± 2.97 n.s.	91 ± 2.08 n.s.	92.72 ± 9.30 n.s.	19.21 ± 2.42 n.s.	5.23 ± 0.67 n.s.	309.53 ± 73.06 a	53.12 ± 11.41 n.s.	5.98 ± 1.20 a.
Volumen	V1	110.64 ± 23.92 n.s.	174 ± 3.70 n.s.	31 ± 2.00 n.s.	83.83 ± 12.30 n.s.	117 ± 3.40 n.s.	5.52 ± 1.00 n.s.	189.97 ± 58.67 n.s.	31.09 ± 0.00 n.s.	4.89 ± 0.64 n.s.
	V2	85.21 ± 15.91 n.s.	14.43 ± 2.61 n.s.	6.56 ± 2.62 n.s.	88.34 ± 12.73 n.s.	123 ± 2.48 n.s.	5.51 ± 1.22 n.s.	254.59 ± 76.09 n.s.	50.35 ± 0.00 n.s.	5.14 ± 1.66 n.s.
INTERACCIONES										
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

ddt; días después del trasplante

Tabla 22. Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 92 ddt.

		°Brix	Firmeza N/cm ²	pH Inicial	I M
		93	2.05	5.93	3.11
Solución	S1	± 0.593 n.s.	± 0.475 n.s.	± 0.06 n.s.	± 0.27 n.s.
		54	2.61	5.92	3.34
	S2	± 0.314 n.s.	± 0.171 n.s.	± 0.06n.s.	± 0.31n.s.
Volumen		6	2.58	5.85	3.22
	V1	± 0.60 n.s	±0.19 n.s.	± 0.07n.s	± 0.34 n.s.
		87	2.08	5.97	3.23
	V2	± 0.313 n.s.	± 0.474 n.s.	± 0.51 n.s	± 0.25 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------	------	------	------	------

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 23. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 92 ddt.

		Primera			Segunda			Tercera		
		Deformación	Coloración	Cracking	Deformación	Coloración	Cracking	Deformación	Coloración	Cracking
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Solución	S1	14.46	15.73	0	50.17	48.71	0	88.18	81.69	0.00
		± 3.99 n.s.	± 3.29 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.40 n.s.	± 3.50 n.s.	± 0.00 n.s.	± 5.08 n.s.	± 4.10 n.s.	± 0.00 n.s.
	S2	18.56	20.01	0	4.91	4.93	0	79.57	78.81	0.00
		± 4.02 n.s.	± 2.91 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.67 n.s.	± 3.54 n.s.	± 0.00 n.s.	± 4.47 n.s.	± 4.05 n.s.	± 0.00 n.s.
Volumen	V1	15.11	19.69	0	48.36	46.29	0	84.76	84.62	0.00
		± 3.55 n.s.	± 2.86 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.68 n.s.	± 3.39 n.s.	± 0.00 n.s.	± 4.88 n.s.	± 3.94 n.s.	± 0.00 b
	V2	1.91	16.04	0	49.72	50.14	0	82.99	75.88	25.00
		± 4.51 n.s.	± 3.41 n.s.	± 0.00 n.s.	± 3.43 n.s.	± 3.47 n.s.	± 0.00 n.s.	± 5.39 n.s.	± 3.30 n.s.	± 0.00 a

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 24. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 92 ddt.

		Tallo		Raíz		Hoja	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
			(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	130.46	33.11	38.6	8.61	59.53	18
		± 29.88	± 63	± 5.51	± 1.93	± 19.91	± 2.82
		n.s	n.s	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	S2	105.78	21.73	34.01	7	99.98	19.18
± 10.74		± 2.71	± 3.57	± 0.857	± 159	± 4.12	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Volumen	V1	139.51	31.55	42.76	9.81	116.03	22.71
		± 231	± 78	± 5.016 a	± 1.7	± 19.73	± 3.18
		n.s.	n.s		n.s.	n.s.	n.s.
	V2	96.73	23.28	29.85	6.5	73.48	14.26
± 11.85		± 3.33	± 1.87 b	± 0.515	± 12.10	± 2.81	
	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	
INTERACCIONES							
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

En las Tablas del 25 al 29 se muestran los resultados del análisis de varianza para los parámetros en estudio en relación a las soluciones nutritivas y volúmenes de agua, sobre datos acumulados a los 142 ddt.

Asimismo, en la Tabla 30 se registra la concentración de nitratos en frutos de chiles zacapaleño en función de la variable de estudio.

Las plantas que se les aplicó la solución S2 presentaron mayor producción total de frutos (1074.56 g/U.R.) en relación a las plantas con la S1 (691.15 g/U.R.) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Referente a los volúmenes de agua, el V1 registró mayor producción total de frutos (919.55 g/U.R.) y mayor número de frutos (178.34 con respecto al V2, pero sin diferencias estadísticas, (Tabla 25).

Finalmente, en la interacción solución x volumen no se registraron diferencias estadísticas.

Se registran las medias para la producción comercial de chiles zacapaleño. Se observó una mayor producción de frutos clasificados de primera con la solución nutritiva S1 (129.91 g/U.R.) en comparación con la S2, con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En contraste, para los frutos de segunda (123.12 g/U.R.) y tercera categoría (676.49 g/U.R.), la producción fue mayor con la solución S2, aunque no se observaron diferencias estadísticas. En cuanto a los volúmenes de agua, las plantas que recibieron el volumen 1 mostraron una mayor producción de frutos de primera (110 g/U.R.), segunda (119.01 g/U.R.) y tercera (539.97 g/U.R.) en comparación con las que recibieron el V2, destacándose solo diferencias numéricas. No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre la solución nutritiva y el volumen de agua. (Tabla 26).

Se observan los valores medios de sólidos solubles, firmeza e Índice de Madurez (IM) en frutos de chiles zacapaleño a los 142 días después del trasplante (ddt). Al igual que en la fecha anterior (92 ddt), no se encontraron diferencias estadísticas. No obstante, se registraron valores promedio de sólidos solubles de 4 °Brix, inferiores a los más de 7 °Brix observados a los 92 ddt. La firmeza de los frutos mostró un valor promedio de 1.76 N/cm², sin cambios significativos respecto a la fecha anterior. El Índice de Madurez aumentó como era de esperar, debido a la disminución en los sólidos solubles, y el pH se mantuvo similar en ambas fechas de evaluación. (Tabla 27).

Se reportan los porcentajes de diversas fisiopatías en frutos de chiles zacapaleño a los 142 días después del trasplante (ddt). Para esta fecha de evaluación, no se encontraron frutos deformados, con coloración deficiente ni con cracking en los frutos clasificados de primera calidad. Sin embargo, en los frutos clasificados de segunda (38.30%) y tercera (7.08%) categoría, se observó un mayor porcentaje de deformación en plantas que recibieron la solución nutritiva S1 en comparación con la S2, con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). La misma diferencia estadística se presentó en las fisiopatías de coloración (49.58%) y cracking (50%) en frutos de tercera calidad con la solución nutritiva S1. En el caso de la coloración de frutos de segunda calidad, se registró un 59.11% en plantas con la solución S2 en comparación con la S1, también con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En relación con los diferentes volúmenes de agua, no se encontraron diferencias estadísticas para ninguna fisiopatía, ni en la interacción entre solución y volumen. (Tabla 28).

Se observan las medias del ANOVA para el peso fresco y seco en los diferentes órganos de la planta. En general, no se registraron diferencias estadísticas, sin embargo, con el V1 se presentó mayor peso fresco (68.53 g) en comparación al V2 (43.13 g) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En la interacción solución x volumen no se reportan diferencias estadísticas. (Tabla 29).

Tabla 25. Media \pm Error estándar y significancia para la producción total de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 142 ddt.

		Producción total de los frutos (g/ U.R)	Número total de frutos	Peso medio total (g/ Fruto)
Solución	S1	691.152 ± 99.46 b	145.62 ± 21.96 n.s.	5.14 ± 2.68 n.s.
	S2	1074.56 ± 99.46 a	18 07 ± 11.35 n.s.	5.45 ± 1.35 n.s.
Volumen	V1	919.55 ± 130.28 n.s.	178.34 ± 13.08 n.s.	5.39 ± 2.08 n.s.
	V2	846.14 ± 130.28 n.s.	154.37 ± 23.54 n.s.	5.20 ± 2.22 n.s.
INTERACCIONES				
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 26. Variables de producción comercial de chile zacapaleño. Datos acumulados a los 142 ddt.

	Producción en frutos de primera	Numero de frutos de primera	Peso medio de frutos de primera	Producción en frutos de segundas	Numero de frutos de segundas	Peso medio de frutos de segundas	Producción en frutos de terceras	Numero de frutos de terceras	Peso medio de frutos de terceras	
	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	(g/ U.R)	(Nº/ U.R)	(g/ Fruto)	
Solución	S1	123.91	20.26	5.95	58.66	11.6	6.145	363.12	80.83	3.97
		± 18.82 a	± 2.40 n.s.	± 2.28 n.s.	± 2 81 n.s.	± 1.39 n.s.	± 00.76 n.s.	± 131.38 n.s.	± 28.95 n.s.	± 0.38 n.s.
	S2	71.93	11.91	91	123.12	10.46	6.495	676.49	114.95	5.7
		± 16.30 b.	± 2.97 n.s.	± 2.08 n.s.	± 1.00 n.s.	± 0.67 n.s.	± 00.99 n.s.	± 172.60 n.s.	± 2 46 n.s.	± 0.88 n.s.
Volumen	V1	110.64	1 74	31	119.01	11.04	6.39	539.97	103.76	4.66
		± 23.92 n.s.	± 3.70 n.s.	± 2.00 n.s.	± 5.12 n.s.	± 1.00 n.s.	± 00.38 n.s.	± 159.21 n.s.	± 29.84 n.s.	± 0.16 n.s.
	V2	85.21	14.43	6.56	61.33	11.02	6.29	499.64	92.02	4.66
		± 15.91 n.s.	± 2.61 n.s.	± 2.62 n.s.	± 30.47 n.s.	± 1.22 n.s.	± 1.20 n.s.	± 17 69 n.s.	± 28.36 n.s.	± 0.99 n.s.
INTERACCIONES										
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 27. Parámetros de °Brix, pH inicial y índice de madurez en frutos de chile zacapaleño a los 142ddt.

		°Brix	Firmeza N/cm ²	pH Inicial	I M
Solución	S1	4.33	1.76	5.34	9.045
		± 0.86 n.s.	± 0.574 n.s.	± 0.145 n.s.	± 2.01 n.s.
	S2	4.066	2.33	5.7	9.39
		± 0.35 n.s.	± 0.486 n.s.	± 0.108 n.s.	± 0.73 n.s.
Volumen	V1	3.85	2.21	5.36	9.3
		± 0.882 n.s.	± 0.466 n.s.	± 0.183 n.s.	± 1.82 n.s.
	V2	4.55	1.88	5.67	10.50
		± 0.217 n.s.	± 0.611 n.s.	± 0.0490 n.s.	± 0.784 n.s.
INTERACCIONES					
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Tabla 28. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 142 ddt.

		Primera			Segunda			Tercera		
		Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)
Solución	S1	0	0	0	38.33	54.08	0	7.08	49.58	50.00
		± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 1.63 a.	± 2.01 b	± 0.00 n.s.	± 1.10 n.s.	± 9.36 a	± 2.89 a
	S2	0	0	0	31.11	59.11	0	5.08	35.83	20.00
		± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 1.11 b.	± 0.48 a	± 0.00 n.s.	± 0.41 n.s.	± 40.41 n.s.	± 2.89 b.
Volumen	V1	0	0	0	35.0	72.50	0	66.67	42.50	20.00
		± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 1.44 n.s.	± 1.44 n.s.	± 0.00 n.s.	± 1.67 n.s.	± 12.75 n.s.	± 2.89 n.s.
	V2	0.00	0.00	0.00	35.2	72.50	25.00	41.25	50.00	20.00
		± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 0.00 n.s.	± 1.59 n.s.	± 1.44 n.s.	± 0.00 a	± 14.76 n.s.	± 8.17 n.s.	± 2.89 n.s.

INTERACCIONES

Solución x Volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

Tabla 29. Media \pm Error estándar y significancia para peso fresco y seco en tallo, raíz, hoja y fruto en plantas del experimento 3 a los 142 ddt.

		Tallo		Raíz		Hoja	
		Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
			(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Solución	S1	223.63 ± 36.63 n.s.	41.93 ± 5.19 n.s.	61.06 ± 9.35 n.s.	9.46 ± 1.74 n.s.	141.01 ± 11.12 n.s.	26.6 ± 3.46 n.s.
	S2	156.5 ± 15.96 n.s.	38.33 ± 4.44 n.s.	50.6 ± 9.62 n.s.	10.85 ± 2.42 n.s.	130.41 ± 20.85 n.s.	25.1 ± 3.86 n.s.
Volumen	V1	19.2 ± 2.91 n.s.	43.28 ± 6.03 n.s.	68.53 ± 10.02 a	12.53 ± 2.56 n.s.	160.55 ± 21.53 a	32.15 ± 4.11 n.s.
	V2	182.933 ± 35.32 n.s.	36.48 ± 2.71 n.s.	43.13 ± 5.11 b	7.8 ± 0.48 n.s.	110.86 ± 5.35 b	23 ± 1.26 n.s.
INTERACCIONES							
Solución x Volumen		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas en la misma columna indica diferencia estadística con nivel de significancia $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante.

Se muestra la concentración media de nitratos en frutos de chile zacapaleño a los 142 días después del trasplante. No se encontraron diferencias estadísticas entre las soluciones S1 (1225 ppm) y S2 (1513.89 ppm), ni entre los volúmenes de agua V1 (1413.89 ppm) y V2 (1325.4 ppm). Tampoco se observaron diferencias significativas en la interacción entre solución y volumen. No obstante, los valores encontrados están muy por debajo de las concentraciones de nitratos registradas en hojas de lechuga y escarola. (Tabla 30)

Tabla 30. Media \pm Error estándar y significancia nitratos del experimento 3 a los 142 ddt.

		142 ddt Nitratos (ppm)
Solución	S1	1225 ± 144.70 n.s.
	S2	1513.89 ± 190.19 n.s.
Volumen	V1	1413.89 ± 190.00 n.s.
	V2	1325.4 ± 169.00 n.s.
INTERACCIONES		
Solución x Volumen		n.s.

-ns; no significativo.

-ddt; días después del trasplante

8. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los dos ciclos de cultivo de lechuga, escarola y chile Zacapaleño, utilizando tezontle rojo como sustrato y desarrollado en invernadero, han sido analizados estadísticamente y conducen a la siguiente discusión:

En el caso de las lechugas en este experimento, se observó un factor discrepante con un valor máximo de casi 20,000 ppm en nitratos. Este resultado contrasta con investigaciones similares realizadas por Barrios *et al.*(2022) y Berreta (2011), quienes utilizaron soluciones nutritivas en lechugas en invernadero. En esos estudios, se registraron niveles que superaron el límite permitido por la UE de 4500 ppm, alcanzando hasta 6291 ppm y 6000 ppm, respectivamente, en su máximo valor.

En cuanto a la escarola, los niveles de nitratos también mostraron discrepancias significativas en comparación con otros estudios. En este experimento, se registró un valor máximo de 17,000 ppm de nitratos, superando notablemente los límites permitidos por la UE (4500 ppm). Por ejemplo, Barrios *et al.* (2022) reportaron un nivel de nitratos en la hoja de escarola de 5000 ppm, ligeramente por encima de los límites establecidos. Además, Gromaz (2013) encontró valores máximos en un ciclo de verano-otoño de 3640 ppm.

En el caso del chile zacapaleño, no se encontraron estudios previos sobre los niveles de nitratos en sus frutos. Sin embargo, en este experimento se registró un máximo de 1500 ppm de nitratos en los frutos de chile zacapaleño. Por otro lado, Brizuela (2005) llevó a cabo un estudio sobre los niveles de nitratos en chile piquín, encontrando que los frutos alcanzaron un máximo de 1400 ppm. Esto indica que los niveles de nitratos en el chile zacapaleño son ligeramente más altos que los registrados en el chile piquín en el estudio de Brizuela.

No se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento de los cultivos de lechuga y escarola en ambos ciclos evaluados, indicando una consistencia en sus resultados bajo las condiciones estudiadas. En el caso específico de la lechuga, los pesos frescos registrados, entre 45.95 g y 245 g, se encuentran dentro del rango típico observado para lechugas mantecosas, según Luna-Guevara. (2019).

Además, el peso seco de la hoja de lechuga en ambos ciclos de cultivo también está dentro del rango normal para la mayoría de las variedades de lechuga mantecosa, con valores

entre 5.87 g y 10.18 g (Galarza, 2020). Asimismo, el peso seco de la raíz de la lechuga en este experimento se sitúa dentro del rango normal, con valores que van desde 15.61 g hasta 29.66 sin embargo, es importante destacar que el peso seco total de la raíz de lechuga en este experimento, con un rango entre 1.98 g y 3.74 g, es ligeramente más bajo que el rango normal observado en la literatura. Según estudios previos (Trejo, 2019), el peso seco total de la lechuga varía según la raza de estas, pero generalmente se encuentra entre 4 g y 12 g por planta.

Esta discrepancia podría atribuirse a las condiciones específicas del cultivo, el tipo de sustrato utilizado o factores ambientales también podría atribuirse a condiciones favorables de temperatura (20–50 °C) y humedad relativa (29–45%) dentro del invernadero durante ese período, lo que favoreció el desarrollo y crecimiento de las plantas de lechuga (Jiménez, 2017).

En ambos ciclos de cultivo de escarola evaluados, se ha observado una consistencia notable en el rendimiento de esta hortaliza, con excepción destacada en el peso seco de la raíz, donde se registraron diferencias estadísticas significativas.

El peso fresco de las hojas de escarola se encuentra en un rango comprendido entre 66.16 g y 29.87 g, lo cual está dentro de los límites normales para esta hortaliza (50 g a 300 g según Gromaz, 2014). Además, el peso seco de las hojas en ambos ciclos de cultivo oscila entre 5.10 g y 18.5 g, indicando un desarrollo adecuado de la parte vegetativa de la planta. Es importante tener en cuenta que el peso seco de las hojas puede variar según la variedad, la edad de la planta, las condiciones de crecimiento y el método de secado, siendo habitualmente entre el 10% y el 25% del peso fresco (Iñigo, 2015).

En cuanto al peso fresco de las raíces de la escarola, los valores registrados, entre 3.73 g y 20.93 g, se encuentran dentro del rango normal para esta hortaliza, que suele oscilar entre 1 g y 50 g según Del Cerro (2011). Respecto al peso seco de las raíces, se han reportado diversos valores dentro de la literatura. Algunos estudios mencionan valores más altos, como 0.5 g y 3.0 g (Sánchez, 2015), mientras que otros reportan valores más bajos, entre 0.02 g y 1.0 g (Cruz *et al*, 2009). Sin embargo, los valores registrados en este estudio se mantienen dentro del rango normal para la escarola.

En el caso del chile zacapaleño, no hubo diferencias significativas en el peso fresco del tallo entre los tratamientos, indicando condiciones ambientales similares durante todo el período de evaluación. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas en el peso seco del tallo en al menos una fecha de evaluación. Por ejemplo, los pesos medios de la planta fueron 10.13 g a los 77 días después del trasplante (ddt), Mientras que 2 42 g a los 92 ddt, y 39.88 g a los 142 ddt. Estas cifras están dentro del rango reportado para otras variedades de *Capsicum*, como el *annuum*, que varía entre 22 y 50 g a los 150 días después del trasplante (Elizondo y Monge, 2017).

En cuanto al peso fresco de la raíz, tallo y hojas, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, al evaluar el peso seco de estas partes de la planta, se encontraron diferencias estadísticas en las tres fechas de evaluación. A los 142 días después del trasplante (ddt), se registró un mayor peso seco en la raíz en V1, con 58.63 g, y también un mayor peso seco de hojas en V1 en comparación con otras soluciones y volúmenes. Según Sallaku *et al.* (2009), la distribución de productos fotosintéticos en raíces, tallos y hojas son parámetros fundamentales en las plantas de hortalizas. Una mayor altura y peso resultan en una acumulación de peso seco en estas partes morfológicas, lo que contribuye a una mejor calidad de la planta.

En cuanto a la firmeza de los frutos, oscilo entre 1.76 N/cm² y 2.64 N/cm² en las tres fechas de muestreo. Estos resultados son más bajos que los por Vázquez y colaboradores (2011) utilizando chile serrano con valores de 98 a 159 N/cm².

En los sólidos solubles totales, pH inicial y el índice de madurez, a pesar de que no presentaron diferencia estadística, los valores medios de grados Brix oscilaron entre 2 y 8.25, además de ser superiores a los reportados en chile piquín (1,37 a 2.83 °Brix) según Flores y colaboradores (2019). En cuanto a pH de los frutos de chiltepín, vario entre 6.43 y 7.00 mismos que fueron superiores a los obtenidos por el mismo autor, presentado un pH de entre 5.34 y 6.26. Estas diferencias en los niveles de acidez sugieren posibles disparidades en las características químicas y organolépticas entre el chiltepín y el chile zacapaleño.

Según una investigación realizada por Norato Potenciano (2020), se registró un índice de madurez en los frutos de Chile Zacapaleño que oscilaba entre 20.31 y 32.50 a los 170 días después de la siembra (ddt), utilizando los parámetros previamente descritos. Sugiriendo este estudio una madurez comercial aceptable para el chile zacapaleño. Sin

embargo, los índices de madurez reportados en nuestro experimento varían entre 9.04 y 10.50 en el último muestreo a los 142 días después de la siembra (ddt). Esta disparidad en los valores de madurez podría indicar diferencias en el proceso de cultivo o en las condiciones ambientales entre los estudios, factores que también deben considerarse al evaluar la calidad y la comercialización de los frutos de chile zacapaleño.

Aunque la información específica sobre la clasificación comercial de los frutos de chile zacapaleño es limitada, podemos inferir algunas características relevantes basándonos en estudios previos sobre chiles similares, como el chile serrano (*Capsicum annuum*). Según Vázquez *et al.* (2011).

En cuanto a las fisiopatías observadas en este experimento, no se identificaron diferencias estadísticas significativas debido a que las alteraciones fisiológicas, como la deformación, la coloración y el cracking en los frutos de chile zacapaleño, fueron apenas perceptibles en las diferentes fechas de muestreo. El cracking se reportó por debajo del 25% en frutos de tercera y segunda categoría, mientras que las deformaciones alcanzaron valores inferiores al 15% en frutos de primera calidad. Sin embargo, según el mercado regional, estas deformaciones no representan un obstáculo para su comercialización, ya que son características inherentes a la morfología de esta especie de chile.

En cuanto a la evaluación subjetiva del color de los frutos de chile zacapaleño, se observó que todos presentaban un tono verde oscuro en todos los tratamientos, con porcentajes que variaban entre el 25% y el 50%. Esto sugiere una consistencia en la coloración de los frutos entre los diferentes tratamientos.

En cuanto a la producción total y el número total de frutos acumulados en las tres fechas de muestreo, se observó que a los 142 días después del trasplante (ddt), las plantas con la solución 2, presentaron una mayor producción, alcanzando los 1074.56 g, seguidas por las plantas con la solución 1 con 919.55 g. Asimismo, las plantas con la solución 2 mostraron un mayor número total de frutos, con 18 07, y un mayor peso medio de 5.45 gramos. Estos valores son aproximados al peso de los chiles zacapaleño, que es de 6.96 g, según el estudio de Norato Potenciano (2020).

9 . CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados obtenidos en el experimento realizado en el invernadero con dos ciclos de cultivo de lechugas y chiles zacapaleño utilizando diferentes soluciones nutritivas y volúmenes de riego, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La concentración de nitratos en hojas de lechuga y escarola superan los 16000 ppm, en contraste a la concentración de 1400 ppm de nitratos en frutos de chile zacapaleño.
2. A pesar de los niveles elevados de nitratos, no hubo diferencias estadísticas en la lechuga y escarola
3. No se observaron efectos significativos en el peso fresco y seco de hojas y raíces de lechuga y escarola entre los diferentes tratamientos. En chile zacapaleño hubo diferencias en los resultados, pero no diferencias significativas entre tratamientos
4. Los parámetros de calidad como el índice de madurez, °Brix y la firmeza de los frutos de chile zacapaleño no mostraron diferencias significativas .
5. La solución 2 incrementó el porcentaje de deformación y cracking en los frutos de chile zacapaleño, posiblemente por el aumento en la concentración de nitratos en la solución nutritiva.
6. La clasificación comercial de los frutos de chile zacapaleño no se vio afectada por los tratamientos aplicados, ya que no se encontraron diferencias significativas en la producción total y comercial de los frutos de chile zacapaleño.
7. Se sugiere realizar estudios adicionales para investigar más a fondo las causas subyacentes de las altas concentraciones de nitratos y su posible efecto en la salud de las plantas y en la calidad de los productos cosechados.

10. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar-Martínez, J. A., & Medrano-Escoto, E. (2017). Evaluation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties for greenhouse production in central Mexico. *Horticulturae*, 3(3): 52.
- Arteaga-Moreno (2016). Characterization of the Zacapaleño pepper (*Capsicum annuum* L.) germplasm and its evolution in a Mesoamerican area. *Horticulturae*, 5(3): 45.
- Aguirre-Hernández, E. & Muñoz-Ocotero. (2015). El chile como alimento. *UNAM*.
- Albright, L. D., & López-Cruz, I. L. (2018). Comparative growth and nutrition of four hydroponic lettuce growth and nutrition with municipal solid waste compost extract. *Journal of Plant Nutrition*, 40(8): 1165-1174.
- Álvarez, M. J., Canales, M. T., & Jackson, D. (2000). Efecto de la fertilización nitrogenada y la época de cosecha sobre el contenido de nitratos y calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agro-Ciencia*, 26(1): 31-38.
- Ávila-Andrade, R. (2017). Hydroponic lettuce growth and nutrition with municipal solid waste compost extract. *Journal of Plant Nutrition*, 40(8): 1165-1174.
- Ayala, F. N., López-López, A., & Morales-Payan, J. P. (2021). Influence of nitrogen concentration on growth and nitrogen use efficiency of lettuce cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(4): 465-473.
- Benincasa, P., Canali, S., & Tei, F. (2017). Yield and quality of lettuce grown in a low-input cropping system as affected by organic fertilizers and biostimulants. *Scientia Horticulturae*, 226: 15-23.
- Beretta Blanco, A. N. (2011). Niveles de nitrato en hortalizas de hoja en Uruguay: Valores típicos, rangos de variación y evaluación de metodologías de determinación (Tesis de maestría, Universidad de la República, Facultad de Agronomía). Montevideo, Uruguay.
- Blanco, V. L. y Carvajal, S. N. (2013). Determinación microbiológica, pH, acidez y grados Brix en bebidas carbonatadas de máquinas dispensadoras en los food court de metrocentro, San Salvador. Tesis de licenciatura. Universidad de el Salvador
- Bremer, K. (1994). Asteraceae. Cladistics and classification. *Portland: Timber Press*, 1(1): 1-3.
- Brizuela-Amador Pérez, B., Alcántar-González, G., & Sánchez-García, P. (2019).

- Evaluación de técnicas de cultivo en invernaderos para la producción sostenible de hortalizas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 10(2): 45-60.
- Campos, L. R. (2021). Nitrate regulations in food products. *Journal of Food Safety and Regulation*, 15(1): 56-64.
- CARRASCO-SILVA. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. *Onventa*, 1(1): 1-5.
- Carrasco, G., Tapia, J., & Urrestarazu, M. (2006). Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. *Idesia (Arica)*, 24(1): 25-30.
- Carrasco, G., Tapia, J., & Urrestarazu, M. (2006). Nitrate content in lettuces grown in hydroponic systems. *Idesia (Arica)*, 24: 10-20.
- CARRASCO, G., TAPIA, J., & URRESTARAZU, M. (2006). Nitrate content in lettuces grown in hydroponic systems. *Idesia*, 24: 10-20.
- Carrión García, M. T. (2011). Cultivo de escarola (*Cichorium endivia* L.) en una zona vulnerable de contaminación por nitratos. Tesis de licenciatura, *Universidad de Almería*, España.
- Crawford, N. M. (1995). Factors influencing nitrate accumulation in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 33(2): 123-130.
- Cruz, M. A., Martínez, R. F., & Pérez, J. L. (2009). Dry root weight variations in leafy vegetables under different growing conditions. *International Journal of Plant Sciences*, 28(3): 198-204.
- Del Cerro, J. L. (2011). Root fresh weight range in escarole (*Cichorium endivia*) cultivation. *Revista de Hortalizas*, 5(2): 15-25.
- Domene-Ruiz, M. A. & Segura-Rodríguez, M. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *Cajamar ADN Agro. Ediciones Mundi-Prensa*. 5: 1-18.
- Elizondo-Cabalceta, E. & Monge-Pérez, J. E. (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista InterSedes*, 18(37): 1-2.
- FDA. (n.d.). Code of Federal Regulations Title 21. Retrieved from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=172.175>
- Fischer, I. H., Melgarejo, L. M., & Chinchilla, C. M. (2014). Escarola. En I. H. Fischer

- (Ed.), *Hortalizas y plantas aromáticas. Cultivo y aprovechamiento Mundi-Prensa*. (pp. 295-311).
- Flores-González, P., Franco-Bañuelos, A., Hernández-Martínez, J., Moreno-Limón, S., Hernández-Pinero, J. L., & Pinedo-Espinoza, J. M. (2019). Evaluación fisicoquímica de hortalizas en condiciones controladas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 12(3): 45-60
- Galarza, L. R. (2020). Dry weight ranges for butterhead lettuce (*Lactuca sativa*) varieties.
- Gómez-Coronado, F., Figueroa-López, A. M., & Carmona-Cejudo, J. M. (2018). Effect of humic acids on growth and quality of lettuce grown in hydroponics under greenhouse conditions. *Agrociencia*, 52(2): 247-260.
- Gómez-Galera, S., Rojas, E., Sudhakar, D., Zhu, C., Pelacho, A. M., Capell, T., & Christou, J. (2018). Advances in genetic engineering for crop improvement: A focus on sustainable agriculture. *Journal of Crop Science*, 45(4): 301-315.
- González-Zamora, A., Hernández-Bautista, B. E., Delgado-Alvarado, A., & Carrillo-López, J. (2019). Nutritional and antioxidant properties of leafy vegetables: Implications for human health. *Revista de Nutrición y Salud*, 22(1): 15-28.
- González-Zavala, A. (2022). Estrategias para la producción de hortalizas de alta calidad. *Mundi-Prensa*, 1(1): 1-10.
- González, M. (2022). Normativas globales sobre la concentración de nitratos en productos agrícolas. *Revista Internacional de Seguridad Alimentaria*, 10(2), 112-125.
- Gromaz Roig, A. (2013). Comportamiento productivo, fisiopatías y acumulación de nitratos en dos cultivares de escarola (*Cichorium endivia* L.) bajo distintos sistemas de manejo y ciclos. Tesis, *Universidad Politécnica de Valencia*, España.
- Hernández, P. (2022). Evaluation of nitrate and nitrosamine levels in lettuce and escarole cultivated in Mexico. *Journal of Food Science*, 87(3): 456-463.
- Hernández-Bautista, B. E., Barrera-Galicia, G. C., & Medina-Urrutia, V. M. (2018). Comparison of nitrogen concentrations in organic and conventional lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the state of Puebla, Mexico. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(2): 550-559.
- Hernández-García, F. (2020). La producción agrícola y la demanda de alimentos

- saludables y nutritivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1): 73-84.
- Herrera-Hernández, A. M. (2016). Estudio del Tip-burn en dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) y su posible corrección con aportaciones de calcio y boro. *Horticultural Science Journal*, 45(2): 210-218
- Iñigo, F. J. (2015). Dry matter percentage in leafy vegetables: Influences of variety, growth conditions, and drying methods. *Agricultural and Food Science Journal*, 39(3): 215-223.
- Jiménez, R. L. (2017). Effects of temperature and humidity on lettuce (*Lactuca sativa*) growth in greenhouse conditions. *Journal of Greenhouse Horticulture*, 32(3): 150-158. *Journal of Agricultural Science*, 58(4): 345-352.
- Lara-Izaguirre, A. Y., Rojas-Velázquez, A. N., Romero-Méndez, M. J., Ramírez-Tobías, H. M., Cruz-Crespo, E., Alcalá-Jáuregui, J. A., & Loredó-Ostí, C. (2019). Crecimiento y acumulación de NO_3^- en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amoniaco en dos estaciones. *Revista de Horticultura Avanzada*, 15(1): 23-35.
- López-López, M., González-Hernández, J., & Hernández-Hernández, F. (2023). Efecto de soluciones nutritivas NK en el rendimiento y la calidad de la lechuga *Alexandria* (*Lactuca sativa* L.) cultivada en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(2): 283-295.
- López-Medina, J. L. (2021). Analysis of the environmental impact of lettuce (*Lactuca sativa* L.) production in hydroponics systems. *Sustainability*, 13(2): 632.
- Luna-Guevara, M. L., Trejo-Téllez, L. I., Medina-Lara, F. M., Sánchez-Rangel, J. C., & Guevara-Aguilar, A. (2019). Crecimiento y acumulación de NO_3^- en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amoniaco en dos estaciones de cultivo. *Agrociencia*, 53(1): 21-36.
- Maroto, J. V., Gómez, A., & Baixauli, C. (2000). La lechuga y la escarola. *Editorial Agrícola*, 10: 1-15.
- Martínez-Murulanda, A. C. (2015). Requerimientos nutricionales del ají *Capsicum annum*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2): 45-55
- Mendoza, A., López, R., & García, P. (2016). Nitrate levels in hydroponically grown lettuce: The impact of nitrogen-rich nutrient solutions. *Journal of Agricultural Science*, 78(4): 234-245.

- Mora, L., Ramírez, J., & Sánchez, P. (2006). Evaluación de sólidos solubles y acidez en chiles cultivados en diferentes ambientes. *Revista de Agricultura y Alimentos*, 15(3): 45-53.
- Ndamekele, J. B. (2010). Respuesta de distintos cultivares de minilechuga (*Lactuca sativa* L.) a diversas fisiopatías y a la acumulación de nitratos en hojas durante tres ciclos, con tres soluciones nutritivas y en dos modalidades de cultivo (Tesis de maestría)
- Nicolás-Barrios, D., Carlota-Rodríguez, S., & Yfran-Elvira, M. de las M. (2022). Evaluación de la residualidad de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) regadas con distintas concentraciones del anión. *Cultivos Tropicales*, 43(3), 1-6.
- Norato Potenciano, Á. M. (2020). Evaluación de lixiviado de humus de lombriz en chile Zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.) (Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Ocampo, P. (Eds.) (2018). Técnicas y métodos de horticultura protegida (pp. 181-208). *Mundi-Prensa*.
- P., M. (2018). Critical evaluation of strategies for mineral fortification of staple food crops. *Transgenic Research*, 27(3): 299-316.
- Perea, V., Moreno, C., García-Galiano, E., & Ojeda, M. (2010). La lechuga (*Lactuca sativa* L.). En V. Perea (Ed.), *Manual de Horticultura: Producción y comercialización de hortalizas* (pp. 215-232). *Mundi-Prensa*.
- Ramos-Soto, M. A., Acosta-Rodríguez, I., & Martínez-Gamiño, M. (2020). Growth and yield of lettuce with application of organic fertilizers in hydroponics. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 26(1): 11-23.
- Rivera-Vázquez, Y., Ortiz-López, M. A., Escalante-Estrada, J. A., & Vega-López, A. (2020). Tendencias y perspectivas de la producción de hortalizas en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 26(3): 195-210
- Rueda-Luna, R., Reyes-Matamoros, J., Romero-Hernández, M. y Montes-Reyes, C. (2016). Prácticas Culturales en Chile Serrano en la Sierra Norte de Puebla. BUAP, 63.
- Sallaku G, A Başı, A Balliu (2009). The effects of N concentration in pre-transplant nutrient solution on the N use efficiency and dry mass partitioning of vegetable solanaceae seedlings. *Acta Horticulturae*. 830:405-412.

- Sánchez, J. A. (2015). Assessment of dry root weight in endive (*Cichorium endivia* L.) under varying conditions. *Journal of Horticultural Science*, 45(2): 112-123.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). El chile, de México para el mundo. México. Recuperado el 21 de Abril de 2023, de <https://www.gob.mx/sader/articulos/el-chile-de-mexico-para-el-mundo?tab=>
- Serrano, M., Martínez-Moreno, F., & Ramírez, A. (2020). Integrated production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under greenhouse conditions with controlled environment. *Agronomy*, 10(11), 1612.
- SIAP. (2022). Producción de lechuga y escarola en México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de <https://www.gob.mx/sader/articulos/el-chile-de-mexico-para-el-mundo?tab=>
- SIAP. 2021. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>
- Smith, J. A. (2000). The role of nitrates in plant growth and development. *Journal of Plant Biology*, 22(2): 123-134.
- Torres-Pacheco, I., Ocampo-Velázquez, R. V., & Guevara-González, R. G. (2020).), Avances en la producción de hortalizas, *Mundi-Prensa.*: (pp. 13-17).
- Trejo, M. A. (2019). Variations in dry weight of lettuce (*Lactuca sativa*) by variety. Tesis, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Producción Vegetal.
- Valdés, A., Filippini, M. F., Martí, L., & Salcedo, C. (2004). *Determinación de nitratos en vegetales: Comparación de cuatro métodos analíticos* [Determination of nitrates in vegetables: Comparison of four analytic methods
- Vázquez-García, E., Ramírez-Meraz, M., Ariza-Flores, R., & Alía-Tejacal, I. (2011). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 1-10

11. ANEXO I



Fotografía 1. Vista general del cultivo de lechuga escarola y chile zacapaleño.



Fotografía 2. Trasplante de segundo ciclo de cultivo de lechuga y escarola.



Fotografía 3. Muestreo de lechuga y escarola.



Fotografía 4. Muestreo de biomasa de planta de zacapaleño.



Fotografía 5. Análisis de pH inicial a frutos de chile zacapaleño.



Fotografía 6. Preparación de extractos de lechuga y escarola para análisis de espectrofotometría.



Fotografía 7. Lectura de muestras para determinación de nitratos mediante un espectrofotómetro de doble haz.

12.ANEXO II

Registro de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero

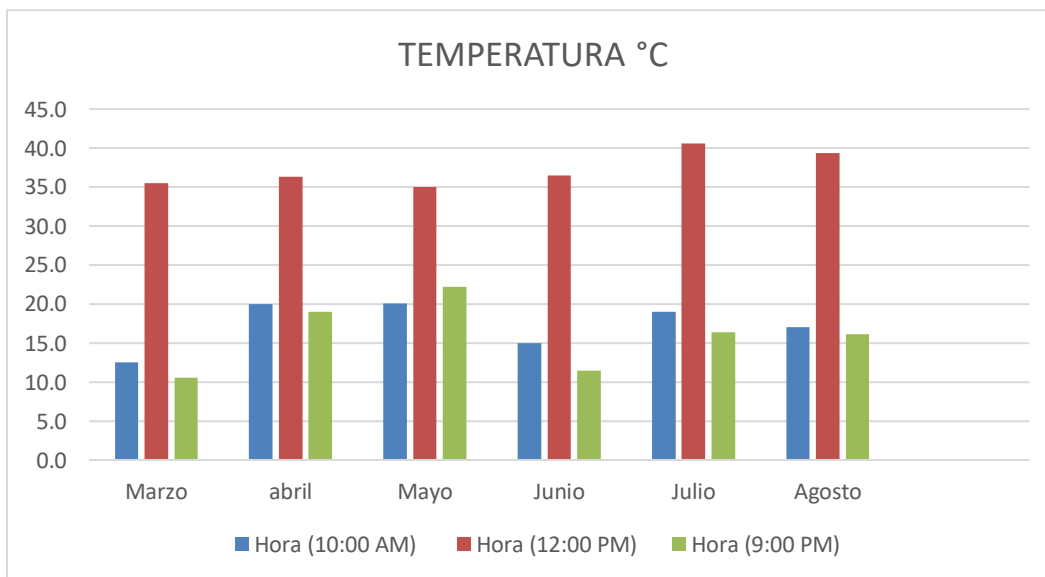


Figura 11.2 Registro de temperatura durante el experimento.

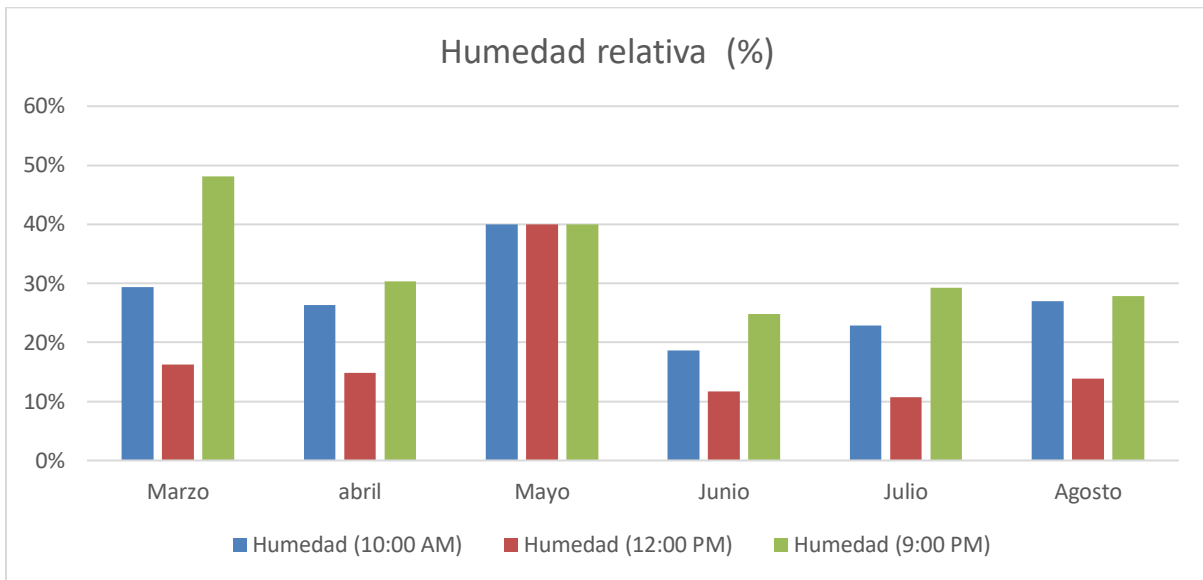


Figura 11.2 Registro de humedad relativa registrada durante el experimento.

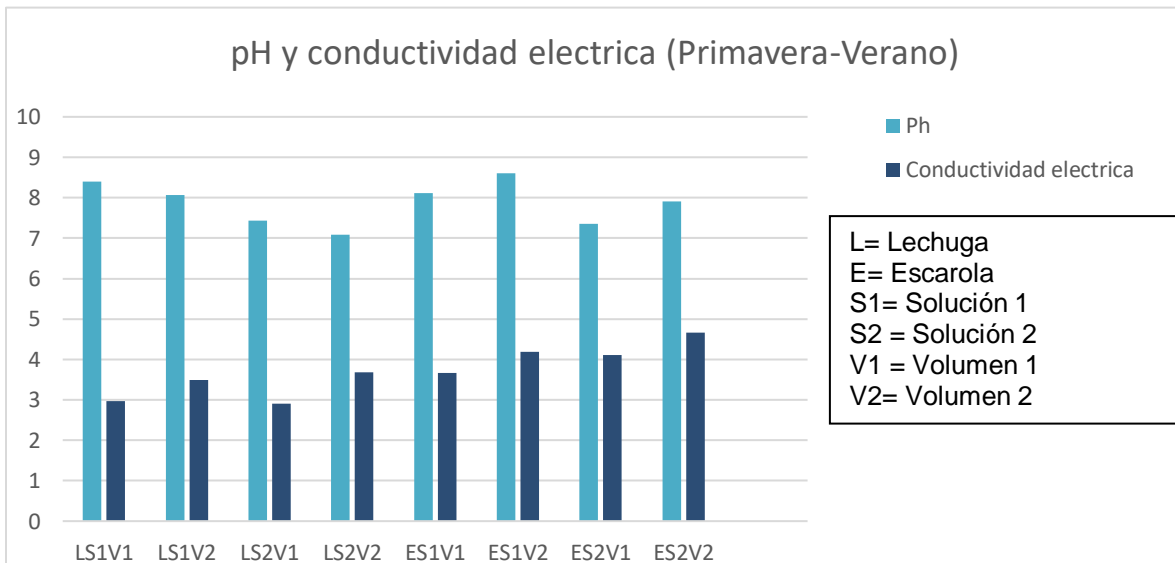


Figura 11.1 Registro de pH y CE durante el primer ciclo de cultivo

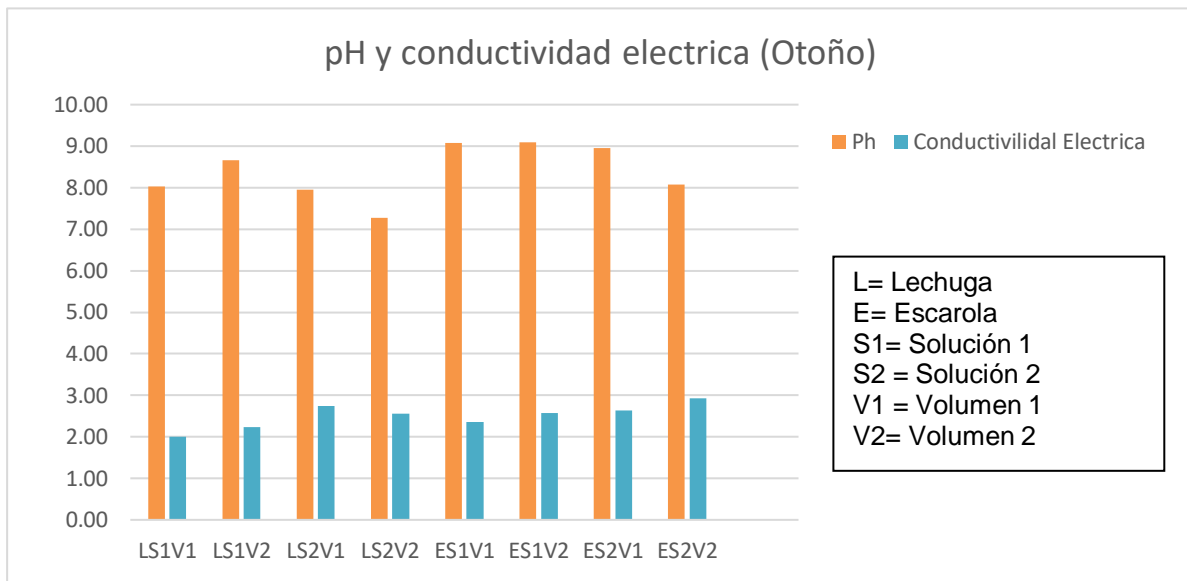


Figura 11.2 Registro de pH y CE durante el segundo ciclo de cultivo.