

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISION DE CIENCIAS DEL SUELO**  
**DEPARTAMENTO**



Tolerancia a la Salinidad en Vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don  
Bajo Iluminación con Luz LED

Por:

**Ana Belén Ramos Reyes**

TIPO DE TRABAJO:

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**ING. AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGIENERIA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Tolerancia a la Salinidad en Vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don  
Bajo Iluminación con Luz LED

POR:

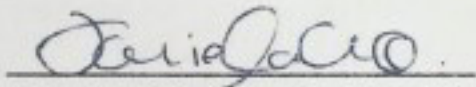
**ANA BELEN RAMOS REYES**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

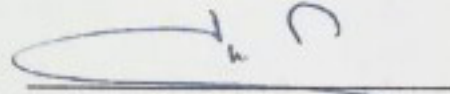
**ING. AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Aprobada por el Jurado Examinador



Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Presidente



Dr. Luis Alonso Valdez Agullar

Vocal



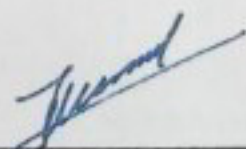
M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Vocal



Dr. Pedro Pérez Rodríguez

Vocal suplente

  
M.C Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniera

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Tolerancia a la Salinidad en Vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don  
Bajo Iluminación con Luz LED

POR:

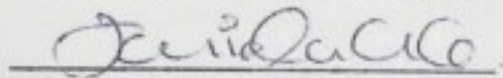
**ANA BELEN RAMOS REYES**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

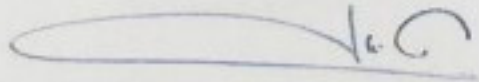
**ING. AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría



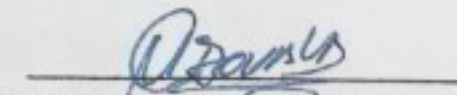
Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Asesor Principal



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Coasesor



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coasesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2025

## **Derechos de Autor**

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

---

Nombre y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi alma mater**

Por el conocimiento brindado en esta larga trayectoria en la institución, por conocer grandes personas como lo fueron mis amigos y profesores que me dieron su apoyo en mi estancia en la universidad, es y será una de las etapas de las cuales tuve una mejor retroalimentación

### **A mis asesores**

**Dra. Daniela Alvarado Camarillo** por orientarme, por asesorarme, por su apoyo incondicional, por las enseñanzas, por su conocimiento en clases y fuera de, el cual me enseñó que la constancia y la dedicación uno puede obtener grandes conocimientos y habilidades. Y sobre todo por la confianza brindada para llevar a cabo este proyecto y la paciencia para que entendiera mejor las cosas.

**Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar** por la confianza brindada a lo largo de todo el trabajo, por el tiempo que me dio para llevar a cabo este gran logro y sobre todo por el grandioso conocimiento que aportó en esta travesía, que es un conocimiento muy sabio.

**M. C Juan Manuel Cepeda Dovala** por su accesibilidad para culminar mi término de titulación, muchas gracias por formar parte en el último paso para el cierre de mi carrera académica en la universidad y mostrarme un gran ejemplo de persona y profesional a seguir.

**Dr. Pedro Pérez Rodríguez** por brindarme su apoyo y conocimiento a lo largo del transcurso de mi carrera universitaria, por formar parte de esta travesía y darme su confianza, que fue algo muy valioso.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

#### **Verónica Reyes Zarraga y Eduardo Ramos Lugo**

Este logro se los dedico con todo el amor del mundo en agradecimiento por todo el apoyo que me han dado, por tener toda su confianza en mí. Estoy inmensamente agradecida con ustedes por todo el amor y paciencia que me tuvieron a lo largo de esta travesía, por haberme dado la vida, por darme su amor incondicional, por sus consejos, por todo su apoyo y sobre todo por su esfuerzo para hacer que yo esté a punto de cumplir una meta más.

### **A mis hermanos:**

#### **Betsabé Ramos Reyes, Leonel Ramos Reyes y Andrea Guadalupe Ramos Reyes.**

Les agradezco por apoyarme en esta meta, por no dejarme caer a pesar de la distancia, por ser mis pilares en este logro no solo es mío sino también suyo por estar cuando más los necesite, por brindarme sus consejos y alentarme a seguir creciendo como persona.

### **A mi sobrino Arael Pérez Ramos**

Por ser un pedacito de sol en mi vida y darme la dicha de ser su tía por enseñarme que uno es niño, que con el paso del tiempo en un abrir y cerrar de ojos la vida pasa y tenemos que aprovechar a las personas que queremos.

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivos generales.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Hipótesis .....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Cultivo de la vinca.....	3
2.2 Origen y distribución de a vinca.....	3
2.3 Descripción morfológica .....	3
2.3.1 Tallos .....	4
2.3.2 Hojas.....	4
2.3.3 Flor.....	5
2.4. Clasificación taxonómica .....	5
2.5 Producción mundial.....	5
2.6 Cultivos sin suelo.....	6
2.6.1 Definición .....	6
2.6.2 Sustrato .....	6
2.6.3 Clasificación de los sustratos .....	7
2.6.4 Propiedades de los sustratos.....	8
2.4 Soluciones nutritivas .....	10
2.7.1 pH.....	10
2.7.2 CE.....	10
2.8 Agricultura vertical.....	10
2.8.1 Origen .....	10
2.8.2 Iluminación artificial LED´S (Light emitting diodes).....	11
2.9.1 Estrés salino .....	12
2.9.2 Cloruro de sodio .....	12
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1. Sitio de estudio .....	13
3.2. Material vegetativo .....	13
3.3. Preparación del sustrato .....	13

3.4. Trasplante .....	14
3.5. Sistema de cultivo vertical de interior .....	14
3.6 Control de temperatura.....	14
3.7. Tratamiento de la solución nutritiva.....	15
3.8. Riego .....	15
3.9. Manejo agronómico del cultivo.....	16
3.10. Variables a evaluar .....	16
Altura de la planta.....	16
Peso fresco .....	16
Diámetro aéreo.....	17
Diámetro del tallo.....	17
pH del sustrato.....	17
Conductividad eléctrica del sustrato .....	17
3.11. Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>19</b>
4.1 Altura de la planta .....	19
4.2 Peso fresco.....	20
4.3 pH del sustrato .....	27
4.4 Otras variables respuestas .....	28
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS.....</b>	<b>31</b>
6.1 Citas electrónicas.....	37

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la planta de vinca.....	5
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación de los sustratos.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Propiedades físicas y químicas de los sustratos.....	9
<b>Cuadro 4.</b> Organización de las lámparas LED'S .....	14
<b>Cuadro 5.</b> Tratamientos de salinidad con cloruro de sodio (NaCl). .....	15
<b>Cuadro 6.</b> Insecticidas para el control de plagas y enfermedades .....	16
<b>Cuadro 7.</b> Efecto del NaCl aplicado en la solución nutritiva sobre algunas variables en plantas de Vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don) en condiciones de ambiente controlado con uso de lámparas LED. ....	29

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Flores en plantas de vinca.....	4
<b>Figura 2.</b> Producción mundial de vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don. (Catálogo de la vida., 1836).....	5
<b>Figura 3.</b> Ubicación del Laboratorio de Agricultura Vertical en el Departamento de Ciencias del Suelo de la UAAAN.....	13
<b>Figura 4.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en la altura de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	20
<b>Figura 5.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco foliar de plantas de vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	21
<b>Figura 6.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de las flores de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	22
<b>Figura 7.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de tallos de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	23
<b>Figura 8.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de raíz de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	25
<b>Figura 9.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva el balance de peso fresco de raíz/peso fresco aéreo de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED. ....	26
<b>Figura 10.</b> Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco total de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.....	27
<b>Figura 11.</b> Efecto de la concentración de NaCl en el pH del sustrato de la planta vinca ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED .....	28

## RESUMEN

La vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) es una planta ornamental que presenta una alta producción mundial, como especie de importancia económica, se ha utilizado con fines medicinales desde la Edad Media y por su valor ornamental. En la actualidad los países de mayor producción son India, Turquía, Indonesia y Tailandia. Sus compuestos activos juegan un papel crucial en investigaciones científicas para la fabricación de productos farmacéuticos. Los alcaloides de la vinca son herramientas clave para estudiar funciones fisiológicas del cuerpo, comprender cómo actúan otros medicamentos en el organismo y, en algunos casos, sirven como modelos para el diseño de nuevos fármacos en el laboratorio. Los compuestos activos que presenta suelen ser incrementados cuando la planta es sometida a ciertos tipos de estrés generando cambios en su organismo. Uno de los desafíos a los cuales se ven enfrentadas las plantas, es la acumulación de sales en el medio de crecimiento. Sin embargo, en el caso de la vinca no se ha observado una disminución en su desarrollo, lo cual sugiere que es capaz de tolerar ciertas concentraciones de salinidad sin presentar efectos adversos. El experimento se realizó bajo un laboratorio de agricultura vertical de ambiente controlado, con el objetivo de evaluar las respuestas de las plantas de vinca variedad Valiant, al incremento de concentraciones de cloruro de sodio (NaCl), inducido mediante el estrés salino. Para conocer el efecto del NaCl aplicado a vinca se realizó la aplicación por medio de la solución nutritiva Steiner al 75% a la cual se le agregaron concentraciones de 0, 10, 20, 35 meq/L de NaCl. Las plántulas fueron regadas tres veces por semana, durante el periodo de seis meses e iluminadas con tres tipos de lámparas LEDs (N1, N2, N3). Los resultados muestran que el mejor crecimiento de las plantas de vinca se presentó cuando estas crecieron iluminadas con las lámparas LED N3. Esto se debe a que dichas lámparas producían una mayor de radiación fotosintéticamente activa. El aumento en los niveles de NaCl en la solución nutritiva causó un aumento en la salinidad que afectó negativamente el crecimiento de las plantas. Se concluye que las plantas de vinca son tolerantes a niveles de NaCl de 10 meq/L si estas son iluminadas con las lámparas LED N3.

## ABSTRACT

*Vinca* (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) is an ornamental plant that has a high global production. As a species of economic importance, it has been used for medicinal purposes since the Middle Ages and for its ornamental value. Currently, the countries with the highest production are India, Turkey, Indonesia, and Thailand. Their active compounds play a crucial role in scientific research for the manufacturing of pharmaceutical products. The alkaloids of the vinca are key tools for studying physiological functions of the body, understanding how other medications act in the organism, and, in some cases, serve as models for the design of new drugs in the laboratory. The active compounds it contains are usually increased when the plant is subjected to certain types of stress, causing changes in its organism. One of the challenges that plants face is the accumulation of salts in the growth medium. However, in the case of vinca, no decrease in its development has been observed, which suggests that it is capable of tolerating certain concentrations of salinity without showing adverse effects. The experiment was conducted in a controlled environment vertical farming laboratory, with the aim of evaluating the responses of *Vinca* plants, variety Valiant, to increasing concentrations of sodium chloride (NaCl), induced by salt stress. To understand the effect of NaCl applied to vinca, it was administered through a 75% Steiner nutrient solution to which concentrations of 0, 10, 20, and 35 meq/L of NaCl were added. The seedlings were watered three times a week, over a period of six months, and illuminated with three types of LED lamps (N1, N2, N3). The results show that the best growth of the vinca plants occurred when they were illuminated with the LED N3 lamps. This is because those lamps produced a higher amount of photosynthetically active radiation. The increase in NaCl levels in the nutrient solution caused an increase in salinity that negatively affected plant growth. It is concluded that vinca plants are tolerant to NaCl levels of 10 meq/L if they are illuminated with N3 LED lamps.

## I. INTRODUCCION

Las plantas ornamentales son especies que son cultivadas por su gran belleza estética que aporta al ser humano, aunque pueden tener múltiples funciones en el desarrollo del cultivo (Angeoletto *et al.*, 2019). En la actualidad los cultivos dedicados a la horticultura han tenido un gran incremento por su alta demanda, en especial en el área de las plantas ornamentales como lo son las especies tropicales (Souza *et al.*, 2009). La producción de flores y planta ornamentales se ha visto beneficiada por el alto consumo de la sociedad, lo que ha desencadenado que se generen centros productivos que se localizan en países en desarrollo.

Por lo general, el comercio internacional de la floricultura tiene ejes ya determinados por regiones bien definidas. En este caso el mercado de Estados Unidos de América es Colombia y Ecuador, Kenya abasteciendo Ecuador y los Países Bajos en Japón. Los países más importantes en producción a nivel de superficie productiva, son la India y China continuando los Países Bajos, Italia, Japón y Estados Unidos. Además, existen países que su producción total es dedicada exclusivamente a la exportación, siendo Colombia, Ecuador y Kenya, los que más destacan en esta área (Merino- Pacheco, 2009).

La salinidad es una amenaza para la producción agrícola. El riego con agua con altos niveles de sales afecta la rentabilidad de los sistemas de producción. El incremento en la temperatura y cambios en la intensidad y frecuencia de las lluvias aumentan los problemas asociados con la salinidad y aumentan la superficie de áreas afectadas por este problema. La salinidad afecta el potencial osmótico de la solución del suelo, limitando la capacidad de las plantas para absorber agua, lo que resulta en desbalances nutrimentales, toxicidad por exceso de sodio (Na) y cloro (Cl) y una reducción significativa en el crecimiento y rendimiento de las plantas (Munns y Gilliam, 2015). A su vez, una alta salinidad resulta en una mayor demanda de agua y fertilizantes, lo que reduce las opciones de los agricultores al tener que seleccionar cultivos tolerantes pero que tal vez no sean tan redituables económicamente (FAO, 2016).

Vinca (*Catharanthus roseus* L.) es considerada una planta tolerante a condiciones ambientales extremas como la alta alcalinidad (Cartmill *et al.*, 2008), temperaturas

extremas y salinidad. El presente estudio fue diseñado para establecer los niveles de tolerancia a la salinidad causada por cloruro de sodio (NaCl) en plantas de vinca desarrolladas bajo iluminación artificial con lámparas LED con el objetivo de determinar si existe una interacción favorable que permita aumentar la resistencia al estrés.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivos generales**

Evaluar el efecto del cloruro de sodio (NaCl) y el uso de iluminación con luz LED sobre el crecimiento en Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don bajo condiciones de salinidad aplicadas en las soluciones nutritivas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el grado de tolerancia a estrés por NaCl en vinca.
- Determinar la concentración de NaCl que induzca cambios significativos en la acumulación de biomasa en plantas de vinca.
- Definir el tipo de lámparas de luz LED más favorables para el desarrollo de vinca en condiciones de alta salinidad

## **1.2 Hipótesis**

El crecimiento de las plantas de vinca es afectado por la concentración de NaCl en la solución nutritiva y por el tipo de iluminación con luz LED

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo de la vinca

Vinca (*Catharanthus roseus* L) G. Don, es una planta que pertenece a la familia Apocynaceae; es una dicotiledónea que sintetiza algunos alcaloides muy importantes utilizados para combatir el cáncer (Mishra y Verman, 2017)

### 2.2 Origen y distribución de a vinca

La vinca es originaria de Madagascar, una isla ubicada frente a la costa africana. Estas plantas están adaptadas a distintos tipos de climas, cálidos, secos, con fuertes o abundantes vientos, y que requieren de un buen suelo con buen drenaje, sol brillante y altas temperaturas (Allorge *et al.*, 2015)

Su distribución en México se registra en Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Morelos, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Villaseñor y Espinosa-García, 1998)

Sus flores son de distintos colores, desde rosa hasta morado; sus hojas crecen en pares opuestos, lo que le permite maximizar su exposición a la luz. La vinca contiene alrededor de 130 alcaloides de los cuales la vincristina, vinblastina y raubasina son algunos de los compuestos más estudiado por sus propiedades en el área de la salud destacando su uso en diferentes tipos de cáncer, como lo son de piel, de mama, leucemia linfoblástica, entre otros (Dubey *et al.*, 2020)

Los estudios realizados en vinca han demostrado que las concentraciones de estos compuestos siguen siendo muy bajas (0,0003-0,0004% del peso de las hojas secas) lo que como consecuencia provoca que tenga un alto valor económico ya que no se logra abastecer la demanda del mercado. Mientras tanto siguen aumentando las investigaciones para obtener alternativas que permitan aumentar la producción de estos alcaloides los cuales tienen una amplia gama de usos (Linh *et al.*, 2021)

### 2.3 Descripción morfológica

Vinca es un arbusto perenne el cual puede crecer aproximadamente hasta 1 m de altura y 1 m de extensión. Los tallos que presenta son cortos erectos y ramificados, sus hojas son ovaladas y de un color verde brillante, de un largo de 5 cm, son opuestas o acuminadas. Las flores presentan 5 pétalos, abiertos, tubulares y de 4

cm de diámetro (Figura 1), con tres colores: rosa, violeta y blanco (Moudi *et al.*, 2013).



**Figura 1** Flores en plantas de vinca.

### **2.3.1 Tallos**

Las plantas se presentan en forma postrada, con tallos extendidos que desarrollan una ramificación pseudodicotómica, donde se genera un desarrollo de dos ramas laterales y el eje central deja de crecer, lo que da lugar a la formación de una roseta. En cada nudo, se observan flores típicamente solitarias, que son características de la vinca. Sus tallos son angulares, de sección cuadrada o hexágula, además de ser glabros al no contar con pelos o tricomas (Allorge *et al.*, 2015)

### **2.3.2 Hojas**

Presenta un follaje relativamente denso, sus hojas son más largas que los entrenudos y son subsésiles. Sus hojas son glabras al no contar con la presencia de pelos o tricomas, son hojas ovaladas, más o menos amplexicaule en la base, refiriéndose a todas aquellas hojas que rodean el tallo de forma casi envolvente, sin un pecíolo claramente definido.

Son plantas relativamente grandes en la madurez, de aproximadamente 30 cm (comúnmente alcanzando los 100 cm) de alto, sus hojas mayormente son de más de 30 mm de largo y más de 10 mm de ancho, el ápice obtuso y mucronado, los márgenes que presentan son planos (Allorge *et al.*, 2015).

### 2.3.3 Flor

Presenta una inflorescencia mayormente de 2 flores y sus folículos siempre son erectos. Los folículos se vuelven caídos debido al alargamiento de los pedicelos después de la antesis (Allorge *et al.*, 2015).

Las flores tienen 5 pétalos y son de colores variados. En relación con la simetría floral, tales estructuras se clasifican como actinomorfas, es decir, con simetría radial, permitiendo que las flores sean divididas en varias partes iguales. Tiene aproximadamente entre 2.5 y 9 centímetros de longitud, el ancho que posee tiene un promedio de 3.5 centímetros (Mundo ecología, 2022).

### 2.4. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la vinca se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la planta de vinca.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta (plantas con flores)</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida (dicotiledóneas)</i>
<b>Orden</b>	<i>Gentianales</i>
<b>Familia</b>	<i>Apocynaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Catharanthus</i>
<b>Especie</b>	<i>C.roseus</i>

Fuente: (Dubey *et al.*, 2020).

### 2.5 Producción mundial

La producción mundial de vinca se muestra en la Figura 2



**Figura 2.** Producción mundial de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don. (Catálogo de la vida., 1836).

## **2.6 Cultivos sin suelo**

### **2.6.1 Definición**

Los sistemas en cultivos sin suelo son métodos los cuales como su nombre lo indican no utilizan suelo, es una definición un poco amplia. Es un sistema en un medio cerrado el cual le permite a las plantas tener un óptimo desarrollo, entre sus definiciones se les da el termino de acuerdo a sistema, que puede ser hidroponía, aeropónico, hidrocultivo, entre otros. Se caracterizan por crecer en un medio inerte que requiere de soluciones nutritivas sustituyendo los nutrientes que aporta el suelo (Gavilán., 2015).

### **2.6.2 Sustrato**

Los sustratos son el medio en el cual se desarrollan las plantas, denominados medios de crecimiento, que proporcionan un medio radículas que inicialmente está libre de vegetales y patógenos. Estos medios permiten que las plantas tengan acceso a agua, nutrientes y aire para desarrollarse bien. Son materiales sólidos diferentes del suelo, que se emplean para la producción agrícola en sistemas de cultivos sin suelo (Gruda, 2019).

Es un medio que puede ser depositado en un contenedor y una de sus funciones principales es darle soporte a la planta. (Carmona y Abad, 2008).

Para que las funciones de los sustratos se cumplan debe tenerse en cuenta que cada uno tiene diferentes propiedades físicas y químicas que estarán determinadas por el tipo de sistema en el cual se encuentren, el lugar en el que se encuentre ubicado, es decir, si se cultiva bajo cubierta o afuera, el riego, las características del agua de riego, el tipo de recipiente, altura y volumen, etc. (Abad *et al.*, 2004; Vence, 2008).

### 2.6.3 Clasificación de los sustratos

**Cuadro 2.** Clasificación de los sustratos

---

Por sus propiedades	
Químicamente inertes	Las arenas silíceas o graníticas, grava, roca volcánica, perlita, lana de roca, arcilla expandida, entre otras.
Químicamente activos	Las turbas rubias y negras, orujos, residuos de la industria maderera, vermiculita, etc.
Por su origen	
Materiales orgánicos naturales	Turbas rubias y negras, fibra de coco, son los más empleados; subproductos de actividades agrícolas, urbanas e industriales.
Materiales sintéticos	Son polímeros de la industria de los plásticos, no biodegradables, como poliuretano, poliacrilamida y poliestireno.
Minerales	
Naturales	Proceden de rocas y minerales diversos: arenas, gravas, gravas volcánicas (puzolanas, zeolitas), etc.
Tratados	Proceden de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos en general, y en menor medida químicos, de tal modo que sus propiedades resultan muy alteradas: perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, escorias industriales de altos hornos, estériles del carbón, etc.

---

(Martínez y Roca, 2011)

#### **2.6.4 Propiedades de los sustratos**

Las características físicas y químicas de los materiales usados como sustratos son muy variadas, por lo que es clave conocerlas bien. Esto es importante porque influye directamente en la capacidad del sustrato para retener y liberar agua y nutrientes, además de garantizar una buena circulación de aire y facilitar el crecimiento de las raíces (Gruda, 2019)

Al elegir un sustrato, es importante evaluar las características que presentan, como la velocidad a la que se descompone, su densidad aparente, la cantidad de espacio poroso total y el espacio destinado a la aireación. También se deben tener en cuenta su capacidad para retener agua, el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estas propiedades son fundamentales para asegurar que el sustrato sea adecuado para el crecimiento de las plantas (Henao y Flórez, 2006).

Antes de realizar la elección del sustrato a utilizar, es indispensable conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas que presenta porque son factores determinantes para obtener una buena producción (Díaz, 2004).

Las propiedades físicas se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Propiedades físicas y químicas de los sustratos.

Propiedades	Definición	Valores óptimos	Referencia
Físicas			
Densidad real	Es el peso del sustrato entre el volumen que realmente ocupa, sin considerar el volumen del poros	1.5 – 2.65 g.cm <sup>-3</sup>	Díaz, 2004;Quintero <i>et al.</i> , 2011.
Densidad aparente	Es la masa de una sustancia entre el volumen aparente del sustrato seco, incluyendo el espacio poroso	En invernaderos: 0.19 g.cm <sup>-3</sup> Al aire libre: 0.5 -0.75 g.cm <sup>-3</sup>	Baixauli y Aguilar, 2002.
Granulometría	Distribución del tamaño de las partículas del sustrato	Textura media gruesa Tamaño de partículas: 0.25 a 2.25mm. Tamaño de poros: 30 a 300 µm.	Díaz, 2004.
Capacidad de aireación	Volumen de aire que queda en el volumen del sustrato después de saturarlo con agua y drenarlo a una tensión de 10cm de columna de agua.	10 – 30%	Díaz, 2004; Baixauli y Aguilar, 2002.
Agua fácilmente disponible	Cantidad de agua liberada (%en vol) al aplicar 10 y 50 cm de tensión de columna de agua sobre el sustrato.	20 – 30%	Quintero y <i>et al.</i> , 2011.
Agua de reserva	Agua liberada del sustrato (% en vol.) al aplicar una tensión de 50 y 100 cm de columna de agua.	4 -10%	Pastor, 1999
Agua difícilmente disponible	Agua que a tensión >100 cm de columna de agua se encuentra retenida en el sustrato.	Agua no disponible, por lo que la planta es incapaz de extraerla.	Baixauli y Aguilar, 2002.
Químicas			

pH	Logaritmo de inverso de la actividad de os iones. Afecta la disponibilidad de iones para la planta	5.5 – 6.8	Quintero <i>et al.</i> , 2011; Baixauli y Aguilar, 2002.
----	--	-----------	--

## 2.4 Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas (SN) están compuestas por los solutos y los solventes. Los solutos son las sustancias que disuelven y el solvente lo que disuelve. La SN son el medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas, y es la vía principal para la nutrición de cultivos hidropónicos y en sustratos. Una SN completa debe tener: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc, cobre y níquel. En la SN estos elementos están presente de forma iónica para que las plantas puedan absorberlos ya que de forma elemental no los toma (INTAGRI, 2017).

### 2.7.1 pH

El pH es un parámetro químico que indica las concentraciones de iones hidrogeno de una solución. Se expresa también en términos de concentración de iones hidronio, que indican la acidez o alcalinidad de la solución (Rivera *et al.*, 2018)

### 2.7.2 CE

La conductividad eléctrica (CE) es la concentración de sales solubles presentes en una solución. La CE es la medida de la capacidad de conducir electricidad, las unidades en las que se mide es en dS/m o mhos/cm. Entre mayor sea el valor de CE mayor es la concentración de sales presentes (Barbaro *et al.*,2018)

## 2.8 Agricultura vertical

### 2.8.1 Origen

La agricultura vertical surge a partir de la búsqueda de soluciones a las necesidades de la ciudadanía para establecer cultivos y asegurar el abastecimiento alimentario. El inicio de esta alternativa remota en siglo XIX en Alemania durante la revolución industrial. En ese entonces, apareció la incertidumbre para poder mejorar las condiciones ambientales de los seres humanos en especial de los niños, y se propuso utilizar terrenos urbanos para la construcción de huertos, los cuales serían operados por niños. Pronto se percataron que el trabajo realizado en los huertos es un trabajo demasiado pesado para niños, lo que género que se modificara el

enfoque orinal evitando darles un trato injusto y dando la responsabilidad a las familias (FAO, 2016).

Principalmente la agricultura vertical implica cultivar plantas en estructuras apiladas de forma vertical. Esta técnica agrícola tiene como principal objetivo maximizar el uso del espacio del cultivo al aumentar la superficie disponible de suelo, lo cual permite incrementar la producción de plantas en un espacio reducido (Wallace, 2023).

### **2.8.2 Iluminación artificial LED'S (Light emitting diodes)**

Como consecuencia al crecimiento de plantas en ambientes cerrados surge la necesidad de poner bajo prueba un sistema de iluminación que sea capaz de estimular positivamente los procesos metabólicos de las plantas, como la fotosíntesis, de forma eficiente para cultivos de interiores, donde a través del control total y/o parcial y automatizado de los procesos o tareas puedan revelar la importancia de la iluminación artificial LED. De dicha forma la iluminación artificial en el crecimiento de las plantas funciona de tres formas diferentes: Le proporciona toda la luz que la planta requiere para crecer, Complementan la luz natural, en especial en los meses de inviernos, donde las horas de luz día son cortas, y aumentan el lapso de la luz día con el objetivo de aumentar el crecimiento y la floración. (Ramos y Ramírez, 2016)

La iluminación LED ha tenido un gran auge como sustituto de la luz día empleadas para la estimulación del crecimiento de las plantas (Ramos y Ramírez, 2016)

### **2.9. Salinidad**

La salinidad impacta negativamente la capacidad de las plantas para absorber agua, lo que resulta en una reducción del crecimiento de las plantas por diversos factores tales como la toxicidad iónica, deficiencia en la nutrición mineral y modificaciones en las relaciones hídricas. Los daños que se pueden presentar dependen del genotipo de la planta y las condiciones ambientales (Munns, 2002; Araujo, 2006). Además, las altas concentraciones de sales en la solución externa de las células vegetales provocan varios efectos perjudiciales. Estos efectos pueden resumirse fundamentalmente en tres tipos principales: sequía osmótica, toxicidad debida a la

excesiva absorción de cloro y sodio y desbalance nutricional (Trinchant *et al.*, 2004; Karimi *et al.*, 2005)

### **2.9.1 Estrés salino**

Uno de los principales factores limitantes para el crecimiento de los cultivos es la falta de agua, lo que genera sequía y salinidad en el suelo. El efecto de las sales sobre la fisiología de las plantas representa una doble vertiente, lo que es un efecto osmótico y otro iónico (Munns, 2002). Uno de los principales problemas que induce el estrés salino es generar el estrés osmótico y la toxicidad por sodio (Shahba *et al.*, 2010). La gran acumulación de sales en la zona radicular de las plantas genera un descenso en el potencial hídrico del suelo lo que dificulta que se pueda absorber adecuadamente el agua y los nutrientes. De esta forma al momento de generarse la adsorción de las sales y su incorporación a los tejidos provocan la aparición de un efecto iónico lo cual provoca sensibilidad en cada especie de acuerdo a su genotipo (Munns, 2002).

### **2.9.2 Cloruro de sodio**

El cloruro de sodio (NaCl) es un elemento que se encuentra asociado con una toxicidad metabólica en las plantas generando una perturbación en la membrana celular y una competencia con potasio generando daños en el metabolismo. Las altas concentraciones de sodio generan un desplazamiento de los iones calcio de los sitios de enlace de la membrana celular en la zona radicular afectando su permeabilidad, lo que provoca la salida de potasio de la membrana celular y favoreciendo la entrada de sodio (Martínez *et al.*, 2011)

Asimismo, las altas concentraciones de sodio dañan la selectividad de la membrana y favorecen la acumulación pasiva de sodio en las raíces y los tallos generando una disminución de la disponibilidad de los nutrientes, inhibiendo el crecimiento y desarrollo de las plantas (Madueño *et al.*, 2006)

Las altas concentraciones de Cl dentro de la planta generan quemaduras en las hojas, inhibe la absorción de nitratos y disminuye la fotosíntesis generando una reducción en la biomasa del organismo (Villa *et al.*, 2006).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Sitio de estudio

La investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México en el Laboratorio de Agricultura Vertical en el Departamento de Ciencias del Suelo (Figura 3). Ubicado en las coordenadas: 25° 21' 10" latitud norte, -101° 1' 52" longitud oeste y con una altitud de 1,785 msnm.



**Figura 3.** Ubicación del Laboratorio de Agricultura Vertical en el Departamento de Ciencias del Suelo de la UAAAN.

Google Maps. (2025).

#### 3.2. Material vegetativo

Se utilizaron 36 plántulas de vinca de la variedad Valiant mix.

#### 3.3. Preparación del sustrato

La proporción de sustrato que se utilizó fue de 80% peat moss: 20% perlita (Multiperl) la relación es volumen: volumen. El sustrato de peat moss (Premier Sphagnum) que se utilizó tenía un pH = 4, se le agregó bicarbonato de sodio a 1 g L<sup>-1</sup> para ajustarlo, dejando en pH = 5.8, y se humedeció para realizar una mezcla homogénea.

Las bolsas de polietileno negras de tamaño número 12 fueron perforadas en la parte inferior con tijeras. Esto se hizo para mejorar el drenaje del agua de riego. Previamente, se rellenaron con el sustrato ya preparado, se aplicó el primer riego con agua para eliminar el exceso de sales presentes en el sustrato.

### 3.4. Trasplante

Previamente llenas las bolsas con el sustrato, se les realizó un orificio en la parte superior central del sustrato para poder colocar la plántula cuidadosamente, tratando de no romper el cepellón, posteriormente se cubrió con el sustrato alrededor del tallo de la planta hasta dejarla firme.

### 3.5. Sistema de cultivo vertical de interior

En este experimento, se utilizó un rack de las siguientes medidas: 2.53 m de alto, 1.72 m de largo y 80 cm de ancho. El cual estaba integrado por 3 niveles, separados por 50 cm en promedio; donde en cada uno de los niveles contenía una charola de aluminio y dentro de cada una de ellas se le colocó una bandeja de plástico de acrilonitrilo butadieno estireno de color negro, con las siguientes medidas: 1.71 m de largo, 73.5 cm de ancho y 10 cm de profundidad.

En cada charola se realizaron tres filas y tres columnas colocando 3 plantas en cada una, teniendo un total de 12 plantas por nivel.

En la parte superior de cada nivel se colocó el sistema de iluminación LED, el cual constituyó los tres tratamientos de iluminación señalados en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Organización de las lámparas LED'S

Tratamiento	No. de lámparas	Tipo de lámparas
N1	3	Ledvance
N2	1	Karma Verde Fresh
N3	2	Karma Verde Fresh

### 3.6 Control de temperatura

El manejo de la temperatura se ajustaba diariamente a 24°C en el día y a 16 °C por la noche, el control se realizó con un mini Split de dos toneladas (Whirlpool, modelo WA5260Q, Grand Rapids, MI, EE. UU.).

### 3.7. Tratamiento de la solución nutritiva

Con base en la solución Steiner al 75%, se manejaron cuatro tratamientos a distintas concentraciones de NaCl como se muestra en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Tratamientos de salinidad con cloruro de sodio (NaCl).

Solución Steiner 75%	
Tratamiento	NaCl (meq/L)
1	0
2	10
3	20
4	35

La SN que se aplicó al inicio fue al 25% de Steiner y posteriormente aumentar la concentración de acuerdo al desarrollo de la planta hasta llegar al 75%.

El agua de riego tenía un pH alcalino de 7.7, y para neutralizar se utilizó el ácido sulfúrico, hasta lograr un pH de 5.5-5.7 para tener una mejor absorción de los elementos.

La SN estaba integrada por los siguientes fertilizantes:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , microelementos y ácidos como ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) para neutralizar la solución y poder tener una buena absorción de los nutrientes.

Previamente preparada la solución nutritiva se destinaban cuatro contenedores para cada tratamiento de 40L, a cada uno de los contenedores se les agregó la SN y se diluía el NaCl.

### 3.8. Riego

Para las labores de riego se requirió un tensiómetro LT (Irrrometer Modelo SR) para sustratos el cual ayudó a determinar cuándo regar, cuando el tensiómetro del sustrato llegaba de 9-12 centibares, los riegos se realizaban aplicando la SN correspondiente y con los tratamientos. El pH de la SN se ajustaba con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , para

llegar a un rango de 5.5 a 6.2 máximo y tomar las concentraciones de CE a la que resultaba teniendo una fracción de lixiviado del 30% aproximadamente.

### 3.9. Manejo agronómico del cultivo

Durante todo el ciclo vegetativo de la vinca, tuvo poca exposición a plagas y enfermedades, pero aun así tuvo presencia a pesar de estar en un ambiente controlado.

Se tuvo la presencia de pulgón (*Aphididae*) y una de las primeras señales que se presentaron fue la aparición de melaza, las hojas se tornaban amarillentas y un poco atrofiadas. Al igual que se vio afectado por la araña roja (*Tetranychus urticae*), las primeras señales que presento fueron pequeños puntos blanco en el haz y en el envés de las hojas, su presencia fue solo en las últimas etapas de desarrollo.

Como medida de acción se realizó un calendario de fumigación, el cual consistía en aplicar 3 diferentes insecticidas cada tres días, como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Insecticidas para el control de plagas y enfermedades.

Insecticida	Ingrediente activo	Dosis	Forma de aplicación
Abamectina delta	Abamectina	1 ml/L	Foliar
Agrimec	Abamectina (avermectina)	3 ml/L	Foliar
Deltapyr	Dimetoato	1 ml/L	Foliar
Mitoff	Amitraz	1 ml/L	Foliar

### 3.10. Variables a evaluar

#### Altura de la planta.

La altura de las plantas fue determinada por medio de una cinta métrica desde la parte basal de la planta hasta las hojas más altas.

#### Peso fresco

Al momento de haber sido retirados las flores, hojas, tallo y raíz de cada planta, fueron previamente pesadas con la ayuda de una báscula digital, se resguardaron en una bolsa de papel de estraza del número 4, colocando una etiqueta, con un marcador permanente, el número del nivel, tratamiento repetición y variedad.

Se agruparon de la siguiente forma: peso hoja/tallo; flores, raíz, tallo, raíz/ aéreo y total.

### **Diámetro aéreo**

Para determinar el diámetro aéreo de la vinca se utilizó una cinta métrica con el objetivo de medir el diámetro de la parte más ancha de la planta.

### **Diámetro del tallo**

Para medir el diámetro de un tallo de planta, se usó un Vernier digital. Se debe colocar el Vernier hasta que cierren las mordazas suavemente hasta que hagan contacto con el tallo, sin ejercer demasiada presión para no deformarlo. Una vez cerrado el Vernier, leer la medición en la escala principal del calibrador (la que indica los milímetros).

### **pH del sustrato**

La determinación del valor de pH se llevó a cabo con una relación 2:1 con agua destilada en el laboratorio de agricultura vertical, utilizando probetas con capacidad de 100 ml, en la cual se le se colocaban 50 g del sustrato y 50 ml de agua. En la toma del sustrato se realizó a cada uno de los tratamientos de la parte superficial, media y de la parte inferior. Posteriormente se proseguía a tomar el valor del pH con un sensor HANNA Modelo HI98130.

### **Conductividad eléctrica del sustrato**

La determinación del valor de CE en el sustrato se utilizaron probetas de 100 ml, en la cual se le agregaba 50 ml de agua destilada, se colocaban 50 g del sustrato de cada uno de los tratamientos; de la parte superficial, media y de la parte inferior. Previamente pasados 30 minutos se proseguía a tomar las mediciones con un sensor HANNA Modelo HI98130.

## **3.11. Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Los tratamientos se establecieron bajo un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial. Un factor fueron las lámparas LED, con tres niveles (N1, N2, N3) y otro factor fue la concentración de NaCl en la solución nutritiva, con cuatro niveles (0, 10, 20, y 35 meq/L). Se consideraron cuatro repeticiones con tres plantas por repetición. Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza con

SAS y en caso de significancia estadística se procedió a ejecutar la prueba de comparación múltiple de promedios mediante el procedimiento de Duncan con  $p < 0.05$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

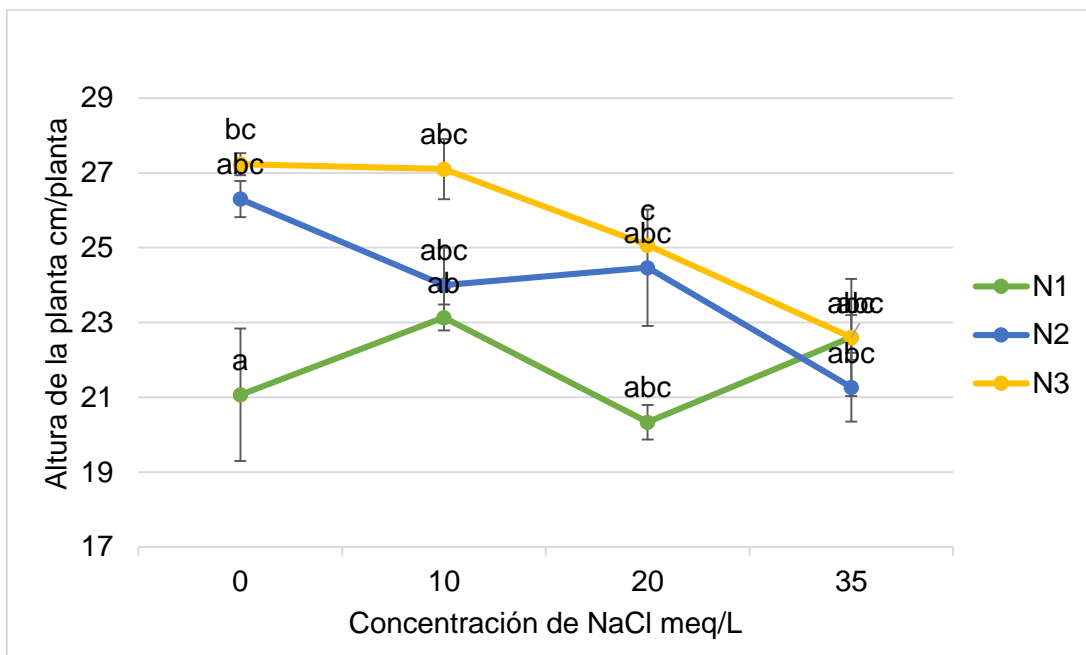
### 4.1 Altura de la planta

Para la altura de la planta, diferentes LEDs y concentraciones de NaCl tuvieron diferencias estadísticas significativas. Con la LED N3 y N2 se obtuvo mayor respuesta en la altura de la planta en comparación con las N1, especialmente con niveles de salinidad entre 0 y 20 meq/L (Figura 4).

La LED N3 en plantas irrigadas con 0 meq/L<sup>-1</sup> de NaCl mostraron la mayor altura de plantas con 27.2cm por planta (Figura 4).

Estos resultados coinciden con los reportados por Clavero y Razz (2002) en donde el crecimiento de *Gliricidia sepium* es afectado por las concentraciones de la salinidad presentes en el medio, donde la altura de la planta decrece en tanto se incrementa la CE del agua de riego, debido a la presencia de sales.

Los datos también coinciden con lo reportado por Flores *et al.* (2021) los cuales mencionan que al usar lámparas LED con un tratamiento de 80% luz roja + 20% luz azul se obtuvo mayor altura en las plantas, diámetro del tallo, peso fresco y seco de la parte aérea, diámetro de la flor y longitud de la yema en *Lilium spp*, sin embargo, menciona que si bien el tratamiento favoreció la elongación de los entrenudos esto alargó el ciclo de vida del cultivo con 15 días en comparación con el tratamiento control de 100% luz blanca.



**Figura 4.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en la altura de la planta vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

## 4.2 Peso fresco

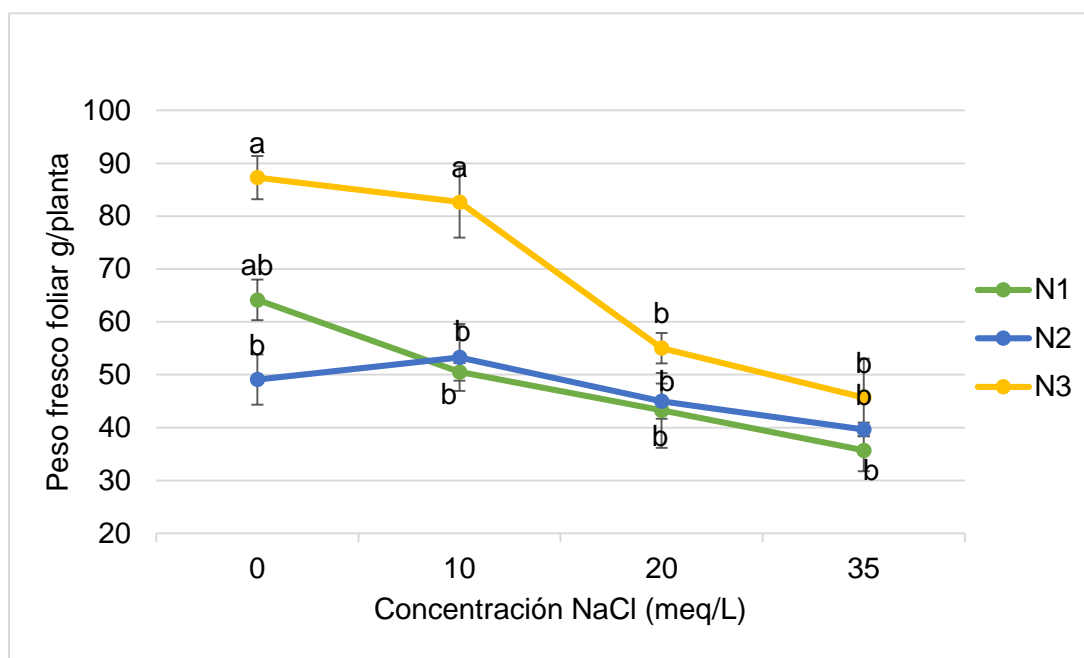
### Foliar

La interacción muestra que la LED N3 permitió un mayor peso fresco foliar en las plantas en comparación con las LED N1 y N2, lo cual fue independiente del nivel de salinidad en la solución nutritiva (Figura 5).

Con las LED N3, el tratamiento testigo y con 10 meq/L de NaCl mostraron el mayor peso fresco foliar, con 87.3 g y 82.7 g por planta, respectivamente (Figura 5) por lo que con la LED N3 se obtuvo el mayor peso fresco foliar cuando no se aplicó NaCl (Figura 5); sin embargo, con 10 meq/L de NaCl estadísticamente es similar al tratamiento testigo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ayers (1997) y Chávez y González (2009), los cuales indican que a altas concentraciones de NaCl, la absorción de agua disminuye por el incremento de la salinidad y por lo tanto disminuye la biomasa foliar.

También coinciden con los resultados señalados por Liu *et al.* (2019), quien registró efectos significativos en el crecimiento y desarrollo en plántulas de pimiento en un sistema de producción de interior con el uso de luz LED rojo y azules. Estos autores también demostraron que hubo un incremento en el diámetro de tallo, altura de la

planta y área foliar en las plántulas de chile morrón lo que demuestra que el efecto de las luces LED tuvo buena bioestimulación en el desarrollo aéreo de las plantas.

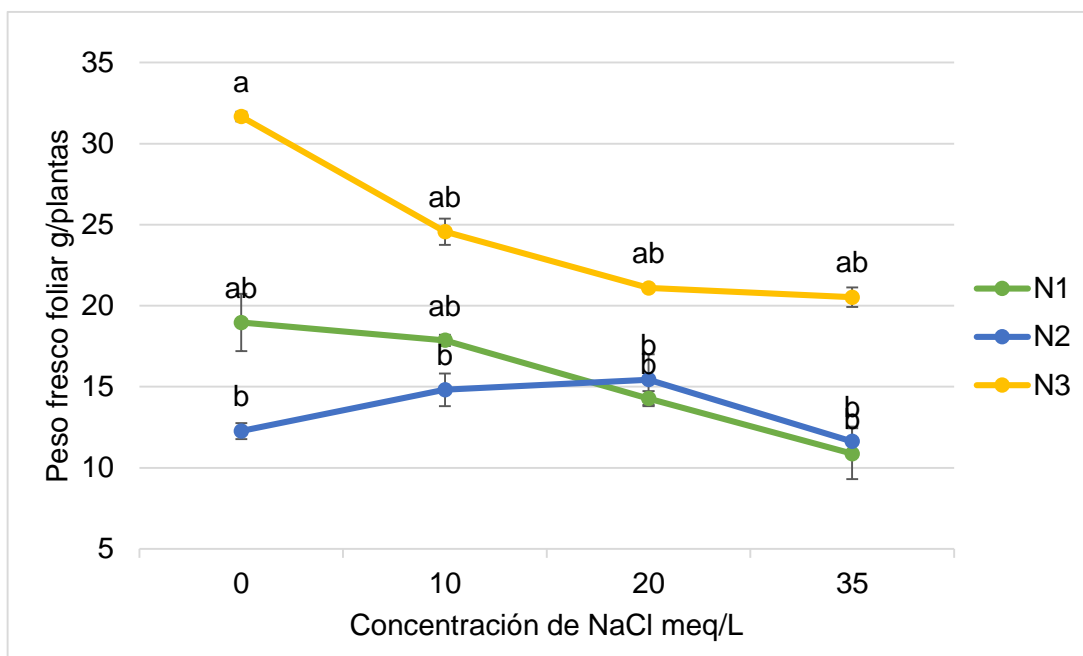


**Figura 5.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco foliar de plantas de vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

### Flores

Se observó una diferencia estadística significativa en el peso fresco de flores en plantas iluminadas con las LED N3, donde presentó el mayor peso seco de flores en comparación con lo obtenidos en plantas tratadas con las LEDs N1 y N2 (Figura 6).

En particular, el tratamiento correspondiente al N3 con una concentración de 0 meq/L de NaCl mostró un efecto estadísticamente significativo, registrando el mayor peso fresco en flores con un promedio de 31.7 g por planta (Figura 6).



**Figura 6.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de las flores de la planta vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

### Tallos

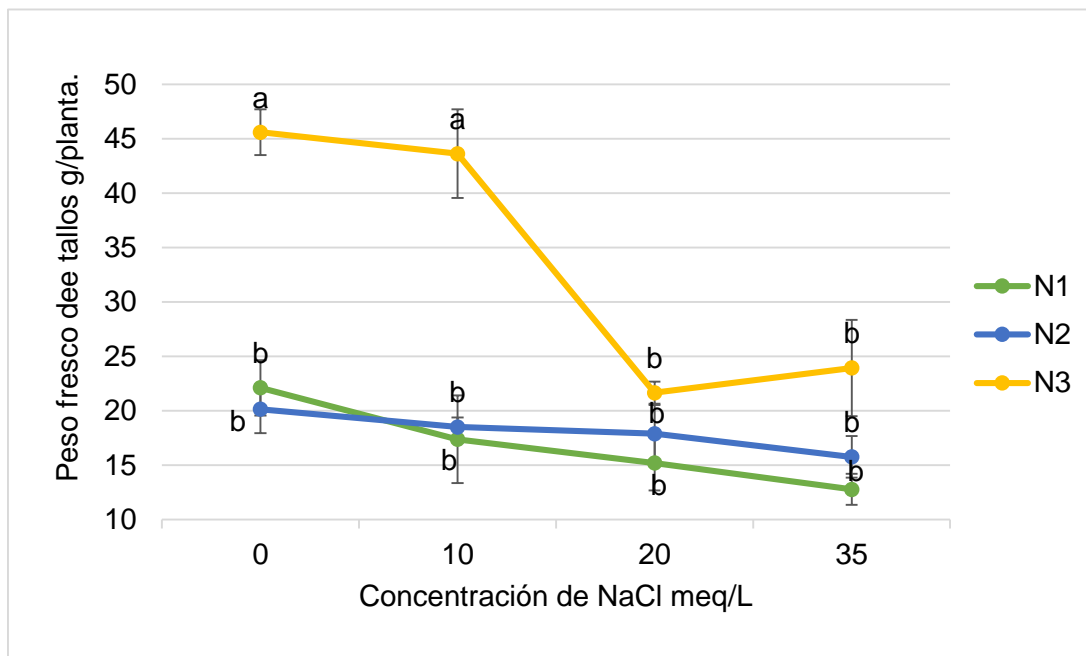
En el peso fresco de tallos mostró una tendencia similar a lo obtenido en el peso de hojas y flores, ya que hubo una diferencia significativa en plantas iluminadas con las LED N3, en donde se obtuvo mayor peso fresco de tallo en comparación a las LEDs N1 y N2 (Figura 7).

Las LED N3 utilizadas para iluminar las plantas tratadas con 0 y 10 meq/L<sup>-1</sup> de NaCl mostraron un efecto significativo del peso fresco de tallos, con 31.7 g y 24.7 g por planta (Figura 7). El tratamiento sin NaCl con LEDs N3 estuvo asociado con el mayor peso fresco de tallo; no obstante, con 10 meq de NaCl estadísticamente es similar al tratamiento testigo (Figura 7).

Los resultados son acordes a los reportados por Reyes *et al.* (2016), quienes mencionan que al someter la albahaca a tratamientos de salinidad en distintos genotipos obtuvieron distintas respuestas en la biomasa fresca aérea de la planta, en donde en esta variable también determinaron el peso fresco del tallo; el genotipo *Basil Dolly* presentó un incremento en esta variable a comparación del genotipo *Basil Cinamon*, el cual obtuvo menor respuesta en la misma variable de estudio.

Esto demuestra que hay especies de plantas que a ciertas concentraciones de sales aún pueden tolerarlas sin verse afectadas.

En otras especies, como lo es el algodón, reportan que al incrementar las concentraciones de NaCl obtienen una disminución en el crecimiento de la biomasa foliar, en la parte aérea, el crecimiento de la raíz, aunque incrementa la relación raíz/tallo (Meloni *et al.*, 2001).



**Figura 7.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de tallos de la planta vinca (*Catharanthus roseus* L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

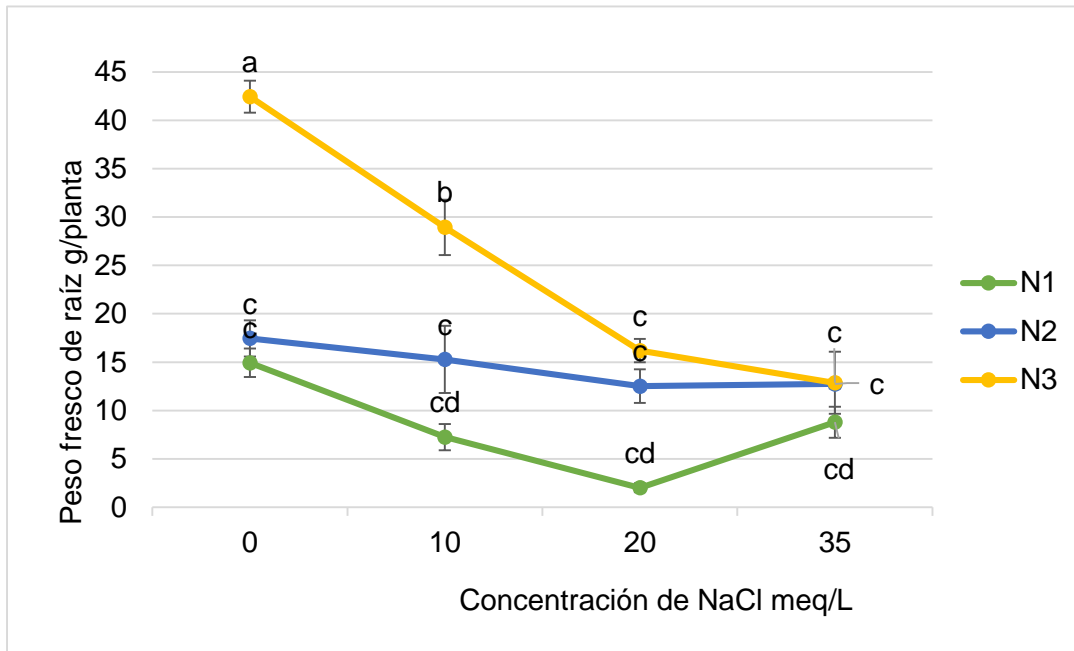
## **Raíz**

Para el peso fresco de la raíz hubo una diferencia significativa en plantas iluminadas con LED del N3, ya que se obtuvo mayor peso fresco en raíz en comparación a los N1 y N2 (Figura 8).

Las lámparas N3 mostró un efecto significativo en peso fresco de raíz ya que cuando se irriego con soluciones conteniendo 0 meq/L<sup>-1</sup> de NaCl fue el que mayor peso fresco de raíz con 42.5 g/planta (Figura 8).

Estos resultados coinciden con lo reportado por García *et al.* (2019) quienes mencionan que se tiene una interferencia en la acumulación de agua en los tejidos vegetales de la planta, debido a la alta división celular durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, como respuesta del aumento del potencial de reserva hídrica en las plantas de *Chenopodium quinoa* Willd tratadas con NaCl a 0, 10, 20 y 35 meq/L<sup>-1</sup> NaCl, por lo que coincide con los resultados del presente estudio en donde demuestra que al aumentar las concentraciones de NaCl la cantidad de peso fresco de raíz disminuye.

La iluminación con LED tiene un amplio potencial para el cultivo de plantas ornamentales; Se ha utilizado como fuente de luz suplementaria para la propagación de plántulas y esquejes de *Calibrachoa hibrida*, donde el desarrollo de raíces y brotes fue mayor con una combinación de LED blancos y azules (Olschowski *et al.*, 2016).



**Figura 8.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco de raíz de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

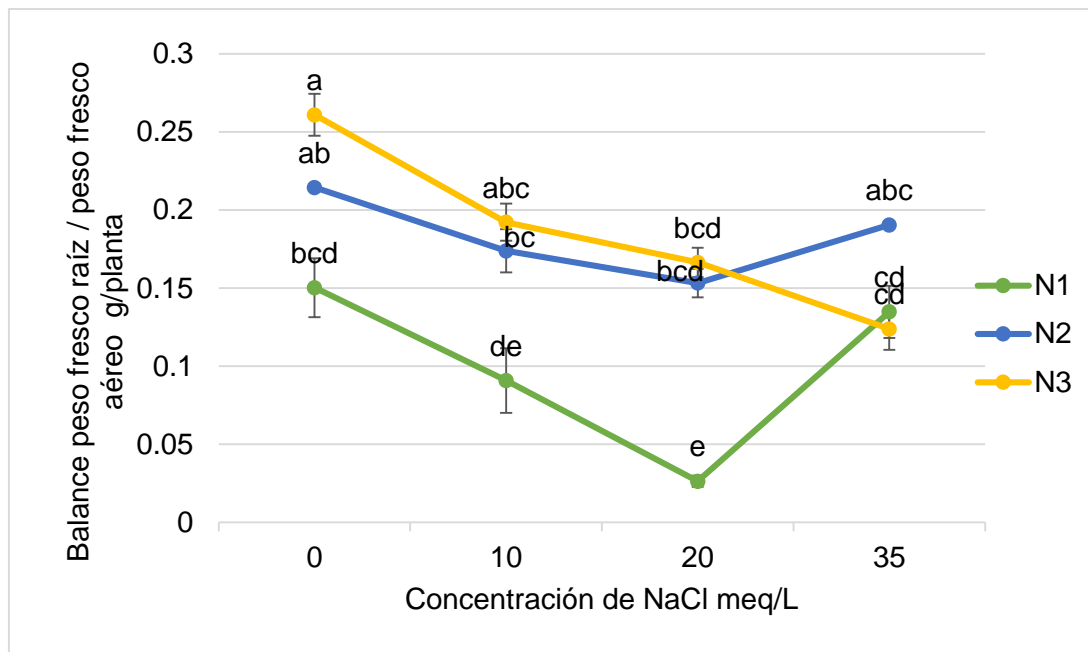
#### **Balance peso fresco raíz / peso fresco aéreo**

El balance entre el peso fresco de la raíz y el peso fresco de la parte aérea (R/PA) es un indicador de hacia que órganos las planta está dando preferencia para dirigir la acumulación de reservas en situaciones ambientales determinadas. En el presente estudio, Los resultados muestran que tanto con la LED N2 y N3, la biomasa se está concentrando más en la parte aérea que en la raíz (valores por debajo de 1.0) pero al aumentar la salinidad en la solución nutritiva esta tendencia disminuye, lo cual sugiere que el órgano que está experimentando un menor crecimiento es la raíz (Figura 9). El balance más bajo se presentó en plantas iluminadas con las LED N1, lo que sugiere que con estas lámparas se favorece más el desarrollo de la parte aérea que el de la raíz.

Estos datos coinciden con los reportes de Lin *et al.* (2012) y González, (2019), quienes mencionan que bajo la influencia de la luz LED color azul, roja y verde se mostró una relación tallo/raíz afectada, sin embargo, en los colores rojo y verde se observó que su crecimiento fue limitado; en cambio, con la luz azul, se observó una mayor elongación del tallo. Los autores mostraron que las raíces presentaban un tamaño pequeño y tenían un peso muy inferior al tallo, lo que indica que las raíces

no estaban suministrando el agua y los minerales necesarios para el desarrollo de la planta y como consecuencia el balance del balance raíz/tallo era muy baja y no mostró significancia.

En estudios de tomate, Pérez-Alfocea *et al.*, (1993) mencionan que a distintas concentraciones de salinidad por NaCl se observa un estrés en el balance raíz/tallo, por lo que se ve afectada la concentración de nitrógeno total, en particular los nitratos. Los autores indican que, por consecuencia, se verán afectadas funciones fisiológicas de las plantas reduciendo estas variables.



**Figura 9.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva el balance de peso fresco de raíz/peso fresco aéreo de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

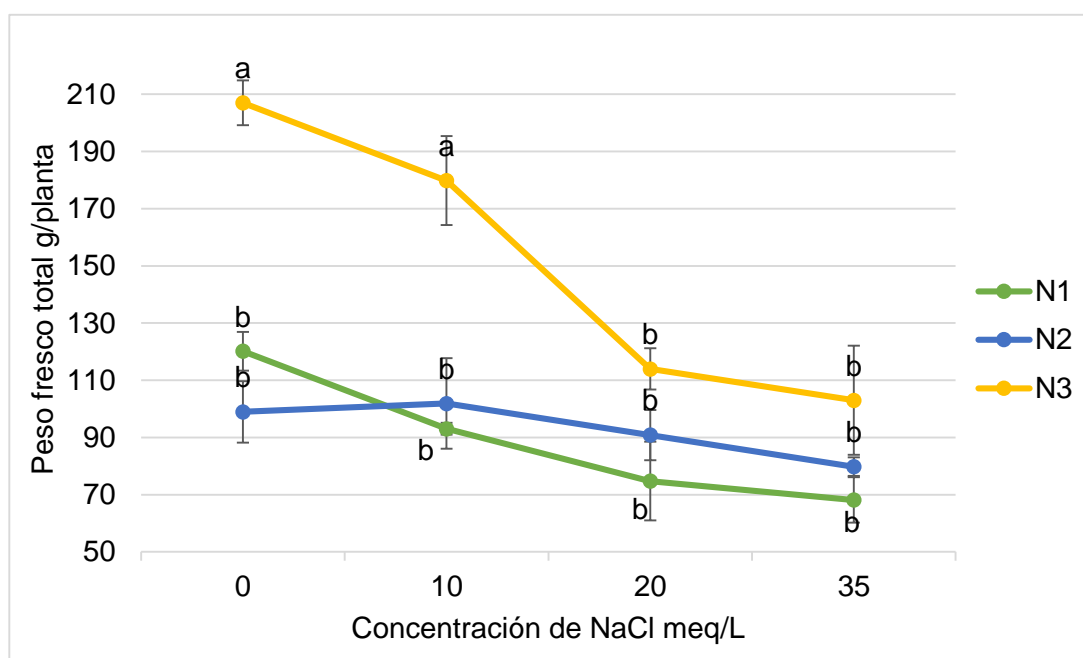
### Peso fresco total

Las plantas de vinca mostraron una mayor acumulación de peso fresco total cuando se iluminaron con las lámparas LED N3 en comparación con las N1 y N2 (Figura 10). Sin embargo, al aumentar la concentración de NaCl en la solución nutritiva las plantas tendieron a disminuir la acumulación de biomasa, especialmente con 20 y 35 meq/L. Con las LED N3 y con 0 y 10 meq/L de NaCl el peso fresco total fue de 207.0 y 179.8 g/planta, respectivamente.

Grattan y Grieve (1999) mencionan que el aumento de la salinidad en el sustrato provoca la disminución de la absorción de los nutrientes por consecuencia de

competencia con los otros iones, lo que provoca deficiencias nutricionales e inhibe la translocación y la distribución de los mismos en las plantas. Lo anterior da como resultado una disminución en la producción de biomasa total de las plantas, lo cual concuerda con los datos arrojados en el experimento. Los datos anteriores concuerdan con el experimento de Avendaño *et al.* (2020), quienes mencionan que al trabajar con lechugas con tratamientos de diferentes intensidades de luz LED el que obtuvo mayor cantidad de peso fresco y seco en raíz, hojas y total (raíz + hojas) fue su tratamiento con  $235.7 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

De acuerdo con Weiguo *et al.* (2012), mencionan que esto quizás fue resultado de una mayor actividad fotosintética en las plantas, a consecuencia de la mayor cantidad de luz de los espectros electromagnéticos de color rojo, azul y blanco, en comparación con sus tratamientos de menor intensidad.

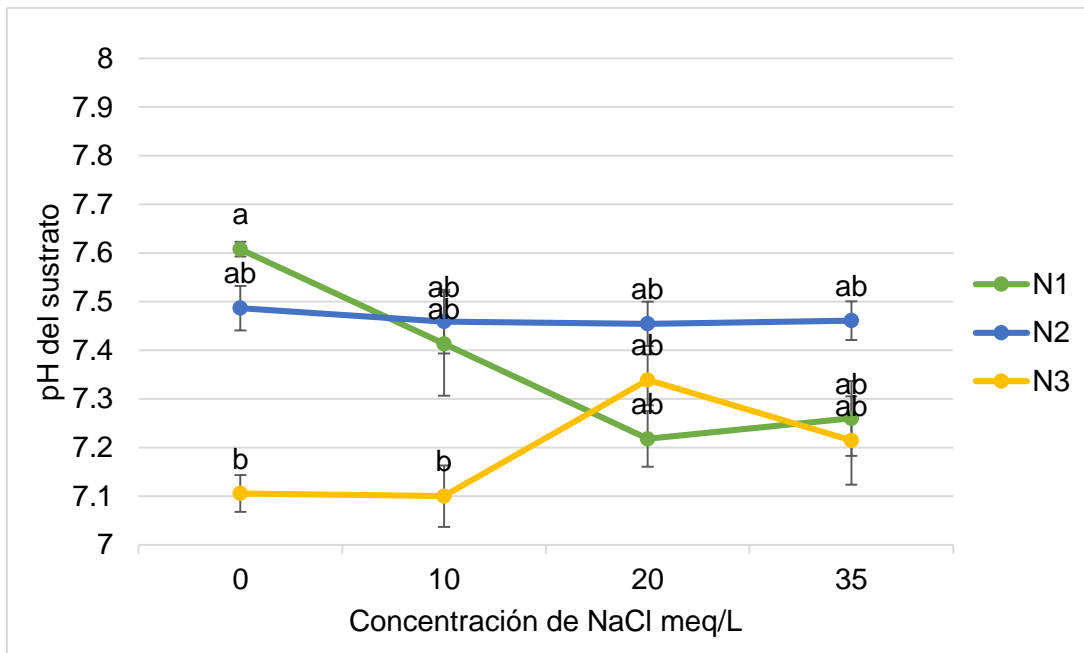


**Figura 10.** Efecto de la concentración de NaCl en la solución nutritiva en el peso fresco total de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED.

#### 4.3 pH del sustrato

Los resultados señalan que el sustrato en plantas tratadas con las LED N1 tuvo un mayor pH en comparación con las plantas de las LED N2 y N3 (Figura 11).

De acuerdo con García *et al.* (2019), en un experimento en donde aplicó ciertas concentraciones de NaCl en *Chenopodium quinoa* Willd que muestra que al incrementar las concentraciones de NaCl se verá un incremento en el pH del sustrato, lo cual no se observa en los resultados del presente experimento al menos para las plantas iluminadas con la LED N1, ya que en las LED N2 y N3 no se observó un efecto (Figura 11).



**Figura 11.** Efecto de la concentración de NaCl en el pH del sustrato de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), en función del tipo de luz LED

#### 4.4 Otras variables respuestas

En el Cuadro 7 se incluyen algunas variables que no fueron afectadas significativamente por los tratamientos y niveles aplicados. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos diámetro del tallo, diámetro aéreo y CE.

En frijol, Bahena *et al.* (2008) obtuvieron resultados similares a los de esta investigación, donde menciona que los potenciales hídricos y osmóticos de las plantas disminuyen cuando se aumenta el estrés salino, mientras tanto el ajuste osmótico permite que la turgencia de las células aumente o se mantenga. Con esto se demuestra por qué el diámetro aéreo de la planta no muestra una significancia.

Según García *et al.* (2019) existe un aumento en la CE en el sustrato conforme se aumenta la dosis de NaCl, lo cual no fue corroborado en el presente estudio.

**Cuadro 7.** Efecto del NaCl aplicado en la solución nutritiva sobre algunas variables en plantas de Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) en condiciones de ambiente controlado con uso de lámparas LED.

<b>LEDs</b>	<b>NaCl meq/L<sup>-1</sup></b>	<b>Diámetro aéreo cm</b>	<b>Diámetro de tallo mm</b>	<b>CE de sustrato dS/m</b>
1	0	21.6	7.78	0.36
1	10	29.6	7.67	0.42
1	20	27.0	7.10	0.74
1	35	23.1	7.13	0.74
2	0	24.0	7.63	0.36
2	10	29.9	7.47	0.88
2	20	23.9	5.69	0.78
2	35	26.6	7.75	0.38
3	0	21.6	9.87	0.32
3	10	28.6	9.18	0.26
3	20	28.6	9.13	0.42
3	35	22.1	8.70	0.53
ANOVA		P= 0.3460	P= 0.5079	P=0.0140

## **V. CONCLUSIONES**

Los resultados muestran que el mejor crecimiento de las plantas de vinca se presentó cuando estas crecieron iluminadas con las lámparas LED N3. Esto se debe a que dichas lámparas producían una mayor de radiación fotosintéticamente activa. El aumento en los niveles de NaCl en la solución nutritiva causó un aumento en la salinidad que afectó negativamente el crecimiento de las plantas. Se concluye que las plantas de vinca son tolerantes a niveles de NaCl de 10 meq/L si estas son iluminadas con las lámparas LED N3.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad, M., Noguera, P., y Carrion, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. p. 113-158. En Urrestarazu Gavilan M. (ed.) Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Mundi Prensa, Madrid, España.
- Angeoletto, F., Fellowes, M. D., Essi, L., Santos, J. W., Johann, J. M., da Silva Leandro, D., y Mendonca, N. M. (2019). Ecología urbana y planificación: una convergencia ineludible. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 23(1), 1-8.
- Araujo, S. A. M. (2006). Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 848-854.
- Ayers, A., Argon, J. (1987). Seed germination as affected by soil moisture and salinity. Madison: [s.n.];
- Allorge, L., Phillipson, P. B., y Razakamalala. R. (2015). *Catharanthus makayensis* (Apocynaceae), Una nueva especie de Madagascar. Fuente: Candollea, 70 (1): 61-66 Publicado por: El jardín conservatorio y botánico de la ciudad de Ginebra (CJBG) Recuperado: 13 de noviembre del 2024. URL: <https://doi.org/10.15553/c2015v701a7>
- Avendaño, A. V. H., González, S. D. C., Munguía, L. J. P., Hernández, C. R., Luna, M. A. I., Vidales. C. J. A., y Rodríguez. F. H. (2020). Crecimiento y absorción total nutrimental de lechuga romana tipo baby cultivada con iluminación led bajo sistema fábrica de plantas. *Información Técnica Económica Agraria*, 116(4).
- Bahena, B. L., Macías, R. L., López, G. R., y Bayuelo, J. J. S. (2008). Crecimiento y respuestas fisiológicas de *Phaseolus spp.* en condiciones de salinidad. *Revista Fitotec. Mex.* 31(3):213-223. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61031304.pdf>
- Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2018). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Argentina: Ediciones INTA <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/1682>

[3/INTA\\_CIRN\\_InstitutodeFloricultura\\_Karlanian\\_Importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_electrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Carmona, C. E., Abad, B. M. (2008). Aplicación del compost en viveros y semilleros. p. 399-424. En Moreno Casco, J., y R. Moral Herrero (eds.) Compostaje. Mundi Prensa, Madrid, España.
- Cartmill A.D., Valdez-Aguilar L.A., Bryan D.L., Alarcón A., Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of vinca to high alkalinity in irrigation water, *Scientia Horticulturae*, Volume 115, Issue 3, 2008, 275-284, ISSN 0304-4238,
- Chávez, L., González, L. M. (2009). Mecanismos moleculares involucrados en la tolerancia de las plantas a la salinidad. Vol. 105 (4), 231-256
- Clavero, C. T., Razz, G. R. (2002). Efecto de la salinidad en el crecimiento de *Gliricidia sepium*. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. *Revista Científica: 12* (Suplemento 2): 517-518.
- Díaz, S. F. R. (2004). Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. In: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. *Invernaderos: Diseño, Manejo y producción Torreón, Coah, México, Octubre* (Vol. 13, No. 14, pp. 44-52).
- Duran, J. M., Martínez, E., y Navas, L. M. (2000). Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). *Vida Rural*. 40-43.
- Dubey, A., Deepanshi, T., Srivastava, K., y Kushwaha, R. (2020). A discussion on vinca plant. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(5): 27-31. <https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue5/PartA/9-5-111-753.pdf>
- Flores, P. S., Castillo, G. A. M., Valdez, A. L. A., y Avítia, G. E. (2021). Use of different proportions of red and blue LEDs to improve the growth of *Lilium spp.* *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. Volume 12, Number 5.
- García, P. M. Á., García, M. J. F., y Quito, M. C. A. (2019). Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa Willd.* *Ciencia en Desarrollo*, 10(1), 19-29.

- Gavilán, U. M. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Mindi-Prensa. Pag.3. Recuperado el 02 de septiembre del 2024.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5NE9CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=cultivos+sin+suelo&ots=Vf9VDLtfuN&sig=vzUqOVnl2gMTDHChTyr6np1QhKI#v=onepage&q=cultivos%20sin%20suelo&f=false>
- González, O. L. V. (2019). Efecto de las diferentes longitudes de onda de luz led en el crecimiento de y desarrollo de *Amaranthus caudatus* variedad "alegría". Recuperado: 01 de junio del 2025.  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8983>
- Grattan, S. R., Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Revista Scientia Horticulturae* 78:127-157.
- Gruda, N. S. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomía*, 9(6), 298. doi:10.3390/agronomy9060298
- Henao, M., Flórez, V. (2006). Relación entre la composición química de los lixiviados y el tipo de sustrato en un sistema de producción de rosa y clavel sin suelo. (Eds.), *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana* (pp. 265- 281). Universidad Nacional de Colombia y Asocolflores.  
[https://ceniflores.org/centro\\_documental/avances-sobre-fertirriego-en-la-floriculturacolombiana/](https://ceniflores.org/centro_documental/avances-sobre-fertirriego-en-la-floriculturacolombiana/)
- INTAGRI. (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo. Serie Horticultura Protegida. Núm. 27. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Recuperado el 12 de octubre 2024.  
<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavari, N. R. A., y Assareh, M. H. (2005). The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia plantarum*, 49(2), 301-304.
- Lin, K. H., Huang, M. Y., Huang, W. D., Hsu, M. H., Yang, Z. W., y Yang, C. C. (2012). The effects of red, blue and white light- emitting diodes on the

- growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*, 150, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.002>
- Linh, T. M., Mai, N. C., Hoe, P. T., Ngoc, N. T., Thao, P. T. H., Ban, N. K., y Van, N. T. (2021) Desarrollo de un sistema de cultivo en suspensión celular para promover la biosíntesis de alcaloides y alcaloides de la vinca utilizando hongos endófitos aislados de *Catharanthus roseus* local. *Plantas*; 10(4):672. <https://doi.org/10.3390/plants10040672>
- Liu, N., Ji, F., Xu, L., y He, D. (2019). Effects of LED light quality on the growth of pepper seedling in plant factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(5), 44-50.
- Madueño, M. A., García-Paredes, D., Martínez-Hernández, J., y Rubio-Torres, C. (2006). Germinación y desarrollo de plántulas de frijolillo *Rhynchosia minima* (L) DC en condiciones de salinidad. *Ídem*. 24(1):47-54 <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311494006.pdf>
- Martínez, P.F., Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 37-77. [https://www.researchgate.net/profile/Dolors\\_Roca/publication/237100771\\_Sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_sin\\_suelo\\_Materiales\\_propiedades\\_y\\_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf)
- Martínez, V. N., López, A. C. A., Basurto, S. M., y Pérez, L. R. (2011). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Tecnociencia Chihuahua*. 5:156-161. Recuperado : 29 de octubre del 2024 <https://revistascientificas.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/694/772>
- Meloni, D. A., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., y Martínez, C. A. (2001). Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24(3), 599-612.

- Merino-Pacheco, M. (2009). Nuevos retos para los agricultores. Industria hortícola.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Hort%2FHort\\_2009\\_211\\_20\\_29.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_2009_211_20_29.pdf)
- Mishra, J. N., Verma, N. K. (2017). A brief study on *Catharanthus roseus*: A review. *Intern J Res Pharmacy Pharmaceut Sci*, 2(2), 20-23.  
[https://www.researchgate.net/profile/Navneet-Verma/publication/319007421\\_A\\_brief\\_study\\_on\\_Catharanthus\\_Roseus\\_A\\_review/links/598ad641aca272435857d010/A-brief-study-on-Catharanthus-Roseus-A-review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Navneet-Verma/publication/319007421_A_brief_study_on_Catharanthus_Roseus_A_review/links/598ad641aca272435857d010/A-brief-study-on-Catharanthus-Roseus-A-review.pdf)
- Moudi, M., Go, R., Yien, C. Y., y Nazre, M. (2013). Vinca alkaloids. *Int J Prev Med*. Nov;4(11):1231-5. PMID: 24404355; PMCID: PMC3883245. Recuperado: 14 de noviembre del 2024.
- Munns, R. (2002). Fisiología comparada del estrés hídrico y salino. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 239–250. doi:10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x
- Munns, R., y Gilliam, M. (2015). Salinity tolerance of crops—what is the cost?. *New phytologist*, 208(3), 668-673.
- Olschowski, S., Geiger, E. M., Herrmann, J. V., Sander, G., y Gruneberg, H. (2016). Effects of red, blue and white LED irradiation on root and shoot development of *Calibrachoa* cuttings in comparison to high pressure sodium lamps. *Acta Hortic.* 1134:245-250.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.33>.
- Pérez-Alfocea, F., Estan, M. T., Cruz, A. S., y Bolarin, M. C. (1993). Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *Journal of horticultural science*, 68(6), 1021-1027.
- Ramos, G. Y., Ramírez, L. E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). *Informador Técnico*, 80(2), 111–120.  
<https://doi.org/10.23850/22565035.480>
- Reyes, P. J. J., Fernández, G. R., Murillo, A. B., Nieto, G. A., Troyo, D. E., Rueda, P. E. O., Marín, Q. K. P., Parra, G. G. P., Luna, M. R., Carrera, M. D. S.,

- Torres, R. J. A., y Cabrera, B. D. (2016). Respuesta de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a la salinidad en las etapas iniciales de crecimiento. Volumen XVIII, Número 1.
- Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. Vol. 4- N.º Especial.  
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1829/2639>
- Shahba, Z., Baghizadeh, A., Vakili, S. M., Yazdanpanah, A., y Yosefi, M. (2010) The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). *Revista de biofísica y biología estructural*, vol. 2(3), págs. 35-41. Recuperado: 28 de octubre 2024.
- Souza, B. F., Broglio-Micheletti, S. M. F., de Moura, L. I. M., Araújo, M. J. C., y Delabie, J. H. C. (2009). Avaliação preliminar da mirmecofauna associada ao agronegócio floricultura com *Heliconia* spp. (Heliconiaceae) no estado de Alagoas, Brasil. *Revista Caatinga*, 22(2).
- Trinchant, J. C., Boscari, A., Spennato, G., Van de Sype, G., y Le Rudulier, D. (2004). Acumulación y metabolismo de prolina betaína en plantas de alfalfa sometidas a estrés por cloruro de sodio. Exploración de su compartimentación en nódulos. *Fisiología vegetal*. 135 (3), 1583-1594.
- Vence, L. B. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencia del Suelo*. 26(2):105-114
- Villa, C. M., Catalán, V. E. A., Inzunza, I. M. A., Ulery, A. L. (2006). Absorción y translocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. *Fitotecnia Mexicana*. 29(1):79-88  
<https://www.redalyc.org/pdf/610/61029111.pdf>
- Villaseñor, R. J. L., Espinosa, G. F. J. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México D.F.
- Weiguo, F., Pingping, L., Yanyou, W., y Jianjian, T. (2012). Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in

lettuce. *Horticultural Science* 39:129-134. <https://doi.org/10.17221/192/2011-HORTSCI>

## 6.1 Citas electrónicas

Catálogo de la vida. (1836). *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. En: *Gen. Syst.* 4: 95. Recuperado: 14 de noviembre del 2024. <https://www.gbif.org/species/3169830>

FAO. (2016). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Google Maps, (2025). Departamento de Ciencias del Suelo. [https://www.google.com/maps/place/Laboratorio+de+Suelos+UAAAN/@25.354483,-101.033256,393m/data=!3m1!1e3!4m14!1m7!3m6!1s0x868872fdd85f3367:0x3f73f2801dba629f!2sUniversidad+Aut%C3%B3noma+Agraria+Antonio+Narro!8m2!3d25.3534747!4d-101.0308635!16zL20vMGI5bmp3!3m5!1s0x8688739b2e7a6fd7:0xabc6c227ab1bb6994!8m2!3d25.3536304!4d-101.0338384!16s%2Fg%2F11gfn\\_xmxg?entry=tu&g\\_ep=EgoyMDI1MDYwOC4wKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/Laboratorio+de+Suelos+UAAAN/@25.354483,-101.033256,393m/data=!3m1!1e3!4m14!1m7!3m6!1s0x868872fdd85f3367:0x3f73f2801dba629f!2sUniversidad+Aut%C3%B3noma+Agraria+Antonio+Narro!8m2!3d25.3534747!4d-101.0308635!16zL20vMGI5bmp3!3m5!1s0x8688739b2e7a6fd7:0xabc6c227ab1bb6994!8m2!3d25.3536304!4d-101.0338384!16s%2Fg%2F11gfn_xmxg?entry=tu&g_ep=EgoyMDI1MDYwOC4wKXMDSoASAFQAw%3D%3D)

Mundo Ecología. (2022). *¿Cómo plantar vinca en casa?* Mundo Ecología. Recuperado: 13 de noviembre de 2024. <https://www.mundoecologia.com.br/plantas/como-plantar-vinca-em-vaso-em-casa/>

Wallace, S. (2023). (Qué debes de saber acerca de la agricultura vertical). 27 jun. De 2023 (en línea, blog). México. Consultado 31 agosto 2024. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/qu%C3%A9-debes-de-saber-acerca-de-la-agricultura-vertical/>